



**TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL**  
INSENERITEADUSKOND  
Ehituse ja arhitektuuri instituut

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

## **EHITUSTEHNOLLOOGIA JA PLATSIKORRALDUSE ANALÜÜS PORTO FRANCO MAA-ALUSE OSA NÄITEL**

**Analysis of construction technology and building site  
management based on the case study of the construction of  
Porto Franco underground area**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Kristjan Savisikk

Üliõpilaskood: 042002EAEI

Juhendaja: Virgo Sulakatko

Tallinn 2023

# AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

12. detsember 2023

Autor: .....  
/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele.

"....." ..... 2023.

Juhendaja: .....  
/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....." .....2023.

Kaitsmiskomisjoni esimees:

.....  
/ nimi ja allkiri /

# LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ REPRODUTSEERIMISEKS JA LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS

Mina, **Kristjan Savisikk**,

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose **Ehitustehnoloogia ja platsikorralduse analüüs Porto Franco maa-aluse osa näitel**, mille juhendaja on Virgo Sulakatko
  - 1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
  - 1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

..... 2023.



Ehituse ja arhitektuuri instituut

# LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: **KRISTJAN SAVISIKK**

Üliõpilaskood **042002EAEI**

Õppekava: **EAEI02 Ehitiste projekteerimine ja ehitusjuhtimine**

Peeriala: Ehitusmajandus ja juhtimine

Lõputöö teema:

## **EHITUSTEHNOLGOOGIA JA PLATSIKORRALDUSE ANALÜÜS PORTO FRANCO MAA-ALUSE OSA NÄITEL**

Analysis of construction technology and building site management based on the case study of the construction of Porto Franco underground area

Juhendaja: **Teadur Virgo Sulakatko**

virgo.sulakatko@taltech  
.ee

Lõputöö konsultandid:

Tiitel või ametikoht, Ees- ja  
Perekonnanimi

Kontakt (e-post või  
telefon)

Allkiri ja kuupäev

Lektor Johannes Pello

Johannes.pello@taltech.ee

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Töötada välja tehnoloogilised ja korralduslikud lahendused
2. Analüüsida puuduliku geoloogia mõju injektsioonankrute rajamise tulemuslikkusele

Töö keel: eesti keel

## Lõputöö etapid ja ajakava:

Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1. Sissejuhatus: Lähteandmed, eritingimused	23.11.2023
2. Arhitektuurne osa	23.11.2023
3. Konstruktiivne osa: Kohtvaia kontrollarvutus	23.11.2023
4. Ehitusplatsi üldplaan	23.11.2023
5. Koondkalenderplaan	23.11.2023
6. Tehnoloogilised kaardid	23.11.2023
• Vaiseina paigaldus, kaevetööd ning injektsioonankrute rajamine	
• Vundamendi ehitustööd koos injektsioonankrute rajamisega	
• Maa-aluse korruste ehitus, karkassitööd, postid ning vahelaed	
7. Majandus- ja uurimuslik osa: puuduliku geoloogia mõju injektsioonankrute rajamise tulemuslikkusele	23.11.2023
8. Töö- ja keskkonnakaitse	23.11.2023
9. Kokkuvõtte eesti keeles	23.11.2023
10. Kokkuvõtte inglise keeles	23.11.2023

### Lõputööde ülevaatus, mille läbimine on kaitsmise eelduseks

23.11.2023

Peale ülevaatus saab teha väiksemaid korrekture ja üles laadida töö Moodle keskkonda plagiaadikontrolliks ÜHE pdf failina.

**Palun vormistada lõputöö käesolevale mallile. Nõuetele mittevastavaid lõputöid kaitsmisele ei lubata.**

Esitlusmaterjalid kaitsmisel: A1 joonised

Kirjeldus	Tähtaeg
1 Arhitektuursed joonised – 1 leht	23.11.2023
2 Ehitusplatsi üldplaan – 1 leht	23.11.2023
3 Koondkalenderplaan – 1 leht	23.11.2023
4 Konstruktsiooni osa osa – 1 leht	23.11.2023
5 Tehnoloogilised kaardid – 4 lehte	23.11.2023

### Lõputöö esitamise tähtaeg:

4. detsember 2023

Plagiaadikontrolli läbinud lõputöö digiallkirjastatakse autori, juhendaja(te), konsultandi(tide) ja kaitsmiskomisjoni esimehe poolt. Paberil pole vaja allkirju koguda.

Lõputöö ülesanne välja antud: 20.02.2023

Juhendaja: Virgo Sulakatko

Ülesande vastu võtnud: Kristjan Savisikk

Avalikustamise piirangu tingimused: puuduvad

# SISUKORD

TIITELLEHT.....	1
AUTORIDEKLARATSIOON.....	2
LIHTLITSENSI LÕPUTÖÖ REPRODUTSEERIMISEKS JA LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS.....	3
LÕPUTÖÖ ÜLESANNE.....	4-5
SISUKORD.....	6-8
EESÕNA.....	9
TABELITE LOETELU.....	10-11
JOONISTE LOETELU.....	12
GRAAFILISE MATERJALI LOETELU.....	13
SISSEJUHATUS.....	14-15
1. LÄHTEANDMED JA ERITINGIMUSED.....	16
1.1 Asukoht.....	16
1.2 Ehitusgeoloogia.....	16
1.2.1 Geotehnilised kihid.....	16-17
1.2.2 Pinnasevesi.....	17
1.3 Eritingimused.....	17
1.3.1 Veealandus.....	17
1.3.2 Vaisein.....	17-18
1.3.3 Injektsioonankrud.....	18
2. ARHITEKTUURNE OSA.....	19
2.1 Hoone paiknemine, etapid ja ruumid.....	19
2.2 Hoone konstruktsioonid ja pinnakatted.....	19
2.2.1 Ehitise üldjäikus.....	19
2.2.2 Vaiad.....	19
2.2.3 Põhjaplaat.....	20
2.2.4 Injektsioonankrud.....	20
2.2.5 Postid ja seinad.....	20
2.2.6 Vahelaed ja talad.....	20
2.2.7 Pandused.....	20
2.2.8 Trepikojad.....	20
2.2.9 Siseseinad.....	21
2.2.10 Avatäited.....	21
2.3 Siseviimistlus.....	21
2.3.1 Põrandad.....	21
2.3.2 Siseseinad.....	21

2.3.3	Laed.....	21
2.4	Tehnosüsteemid.....	21
2.4.1	Küttesüsteem.....	21
2.4.2	Ventilatsioonisüsteem ja jahutus.....	21-22
2.4.3	Veevarustus ja kanalisatsioon.....	22
2.4.4	Elekter ja nõrkvool.....	22
2.4.5	Tuleohutusnõuded.....	22
2.5	Hoone tehnilised andmed käesoleva projekti raames.....	23
3.	KONSTRUKTSIOONI OSA.....	24
3.1	Puurvaia Ø880 mm arvutused.....	24-26
3.2	Geotehniline kandevõime puurvaial Ø880 mm.....	26-27
4.	EHITUSPLATSI ÜLDPLAAN.....	28
4.1	Kraanade valik.....	28-31
4.2	Tornkraanade mõjualad.....	32
4.3	Ehitusplatsi laod.....	32-34
4.4	Ajutised teed.....	34
4.5	Ajutine elektrivarustus.....	35-36
4.6	Ajutine vesi ja kanalisatsioon.....	37
4.7	Ajutine soojavarustus.....	37
4.8	Ajutised ehitised.....	37-38
4.9	Keskkonnakaitse.....	38
4.10	Objekti valve.....	38
5.	KOONDKALENDERPLAAN.....	39
5.1	Lähteandmed.....	39
5.2	Ehitusmaksumuse koondtabel.....	39-40
6.	TEHNOLOOGILISED KAARDID.....	41
6.1	Vaiseina paigaldus, kaevetööd ning injektsioonankrute rajamine.....	41
6.1.1	Üldinfo.....	41
6.1.2	Ettevalmistustööd.....	41-42
6.1.3	Tööde tehnoloogiline korraldamine.....	42-53
6.2	Vundamendi ehitustööd koos injektsioonankrute rajamisega.....	54
6.2.1	Üldinfo.....	54
6.2.2	Ettevalmistustööd.....	54
6.2.3	Tööde tehnoloogiline korraldamine.....	54-72
6.3	Maa-aluse korruste ehitus, karkassitööd, postid ning vahelaed.....	73
6.3.1	Üldinfo.....	73
6.3.2	Ettevalmistustööd.....	73
6.3.3	Tööde tehnoloogiline korraldamine.....	73-111

7. MAJANDUS- JA UURIMUSLIK OSA.....	112
7.1 Lähteandmed.....	112
7.2 Töökäik.....	112
7.2.1 Ankrutööd vaiseinas.....	112-114
7.2.2 Ankrutööd põhjaplaadis.....	114-116
7.3 Kokkuvõte ja järeldus.....	117-118
8. TÖÖ- JA KESKKONNAKAITSE.....	119
8.1 Töökaitse.....	119-121
8.2 Keskkonnakaitse.....	121
8.2.1 Ehitusjäätmed.....	121
8.2.2 Tolm.....	121
8.2.3 Tulekahju.....	121-122
8.2.4 Müra.....	122
9. KOKKUVÕTE EESTI KEELES.....	123
10. KOKKUVÕTE INGLISE KEELES.....	124
11. KASUTATUD KIRJANDUS.....	125



## **EESSÕNA**

Antud magistritöös on analüüsitud ehitustehnoloogiat ja platsikorraldust Tallinnas, Porto Franco maa-aluse osa ehituse näitel. Teeme valik on tehtud kuna autor on antud objektiga seotud olnud kogu maa-aluse osa ehituse jooksul. Lõputöö juhendajaks ning lähteülesande püstitajaks on Tallinna Tehnikaülikooli Ehituse ja arhitektuuri instituudi töötaja teadur Virgo Sulakatko. Lõputööks vajalik materjal on saadud Porto Franco projektipangast Bauhub.

Lõputöö valmimisel tuleb tänada Porto Franco OÜ, kui ka Baltpile OÜ töötajaid, kelle käest sain vajaminevaid andmed ning abi probleemide lahendamisel.

## TABELITE LOETELU

Tabel 2.1 Maa-aluse hooneosa tehilised andmed.....	23
Tabel 4.1 Elementide montaažiparameetrid ja kraana tõsteparameetrid.....	29
Tabel 4.2 Ladude suurused.....	34
Tabel 4.3 Ajutise elektri võimsuse arvutamine.....	35
Tabel 4.4 Ajutiste ehitiste vajadus.....	38
Tabel 5.1 Ehitusmaksumuse koondtabel.....	39
Tabel 6.1 Vaiseina mahud.....	42
Tabel 6.2 Kaeve tööjõukulu arvutused HA-1.....	46
Tabel 6.3 Kaeve tehnoloogilised arvutused HA-1.....	46
Tabel 6.4 Esimese rea injektsioonankrute mahud.....	48
Tabel 6.5 Kaeve tööjõukulu arvutused HA-2.....	50
Tabel 6.6 Kaeve tehnoloogilised arvutused HA-2.....	50
Tabel 6.7 Teise rea injektsioonankrute mahud.....	50
Tabel 6.8 Kaeve tööjõukulu arvutused HA-3.....	51
Tabel 6.9 Kaeve tehnoloogilised arvutused HA-3.....	52
Tabel 6.10 Põhjaplaadi ja injektsioonankrute mahud.....	58
Tabel 6.11 Põhjaplaadi ehitamise tööjõukulu arvutused.....	59-64
Tabel 6.12 Põhjaplaadi ehitamise tehnoloogilised arvutused.....	65-70
Tabel 6.13 Injektsioonankrute rajamise kestvus.....	72
Tabel 6.14 Lagede kokkuvõte B2-L01.....	77
Tabel 6.15 Postide kokkuvõte B1-B3.....	77
Tabel 6.16 Seinte kokkuvõte B1-B3.....	78-79
Tabel 6.17 B3 postide mahud.....	79
Tabel 6.18 B3 postide ehitamise tööjõukulu arvutused.....	80
Tabel 6.19 B3 postide ehitamise tehnoloogilised arvutused.....	81
Tabel 6.20 B3 seinte mahud.....	82
Tabel 6.21 B3 seinte ehitamise tööjõukulu arvutused.....	83
Tabel 6.22 B3 seinte ehitamise tehnoloogilised arvutused.....	84
Tabel 6.23 B3 lagede mahud.....	85
Tabel 6.24 B3 lagede ehitamise tööjõukulu arvutused.....	86-88
Tabel 6.25 B3 lagede ehitamise tehnoloogilised arvutused.....	89-90

Tabel 6.26 B2 postide mahud.....	91
Tabel 6.27 B2 postide ehitamise tööjõukulu arvutused.....	92
Tabel 6.28 B2 postide ehitamise tehnoloogilised arvutused.....	93
Tabel 6.29 B2 seinte mahud.....	94
Tabel 6.30 B2 seinte ehitamise tööjõukulu arvutused.....	95
Tabel 6.31 B2 seinte ehitamise tehnoloogilised arvutused.....	96
Tabel 6.32 B2 lagede mahud.....	97
Tabel 6.33 B2 lagede ehitamise tööjõukulu arvutused.....	98-99
Tabel 6.34 B2 lagede ehitamise tehnoloogilised arvutused.....	100-101
Tabel 6.35 B1 postide mahud.....	101
Tabel 6.36 B1 postide ehitamise tööjõukulu arvutused.....	102
Tabel 6.37 B1 postide ehitamise tehnoloogilised arvutused.....	103
Tabel 6.38 B1 seinte mahud.....	104
Tabel 6.39 B1 seinte ehitamise tööjõukulu arvutused.....	105
Tabel 6.40 B1 seinte ehitamise tehnoloogilised arvutused.....	106
Tabel 6.41 B1 lagede mahud.....	107
Tabel 6.42 B1 lagede ehitamise tööjõukulu arvutused.....	108-109
Tabel 6.43 B1 lagede ehitamise tehnoloogilised arvutused.....	110-111
Tabel 7.1 Injektsioonankrute pakkumised vaiseinas lisa ankrutele.....	114
Tabel 7.2 Injektsioonankrute pakkumised vaiseinas pikenemised.....	114
Tabel 7.3 Injektsioonankrute pakkumised põhjaplaadis.....	116

## JOONISTE LOETELU

Joonis 1.1 Porto Franco asukoht.....	16
Joonis 4.1 Kraanade graafikud.....	31
Joonis 6.1 Vaiseina juhtvöö ettevalmistuse fotod enne ja peale betoneerimist.....	42
Joonis 6.2 Vaiseina rajamine.....	43
Joonis 6.3 Betoonipumba Cifa K2-X-32 tööraadiused.....	43
Joonis 6.4 Kuni 25 tonniste roomikekskavaatorite tööraadiused R924 ja R914.....	47
Joonis 6.5 Porto Franco kaevamine lõpp sügavusele kahe pika noolega roomikekskavaatoriga....	52
Joonis 6.6 Valmis vaisein koos injektsoonankrute ning esimese killustikalusega.....	52
Joonis 6.7 Kuni 44 tonniste roomikekskavaatorite tööraadiused R944.....	53
Joonis 6.8 Betoonipumba graafik.....	56
Joonis 6.9 Betoonipumba massid ja gabariidid.....	57
Joonis 6.10 Hoonete paiknemine Porto Franco objektil.....	74

## **GRAAFILISE MATERJALI LOETELU**

Magistritöö koosseisu kuulub 8 esitlusjoonist formaadis A1

Joonis 1: Hoone plaan ja lõige

Joonis 2: Hoone kohtvai

Joonis 3: Ehitusplatsi üldplaan

Joonis 4: Koondkalenderplaan

Joonis 5: Vaiseina paigaldus, kaevetööd ning injektsioonankrute rajamine

Joonis 6: Vundamendi ehitustööd koos injektsioonankrute rajamisega

Joonis 7-8: Maa-aluse korruste ehitus, karkassitööd, postid ning vahelaed

# SISSEJUHATUS

Käesoleva magistritöö lähteülesandeks on valitud ehitustehnoloogia ja platsikorralduse analüüs Tallinnas, Porto Franco maa-aluse osa ehituse näitel. Antud teemavalik on tehtud kuna autor on projektiga seotud olnud ehituse esimesest päevast ning tema vastutusvaldkonnaks oli vaiatööde ja injektsioonankrute rajamine Baltpile OÜ-s.

Porto Franco hoonete kompleks sisaldab kolme korruselise maa-aluse osa ning viite maapealset korrust. Tegemist on multifunktsionaalse hoonega, kuhu on planeeritud parkla, hotell, kaubanduspinnad, bürood ning korterid. Tänapäevaks on maa-aluse osa rajatud ning kõikide hoonete karkassid saavutanud projektijärgsed kõrgused.

Kogu kvartali ehitus on jagatud nelja etappi – maa-aluse osa ehitus, mida antud magistritöö sisaldab, Laeva tänava äärsel hoone ehitust, mis on valminud ning juba rentnike poolt kasutusel, Kai tänava poolset hoonet, mis on valmimisjärgus ning hoonetekompleksi peamine osa, mis paikneb Poordi ja Kuunari tänava keskel ning mille täielik valmimine on hetkel veel teadmata.

Antud magistritöö fookuses on ehitustööd ning lahendused, mida igapäevaselt kõikidel ehitusobjektidele ei rakendata.

Porto Franco kvartali arendaja ning tellija on Porto Franco OÜ. Hoonete kompleksi arhitektuurilise lahenduse on teinud Kadarik Tüür Arhitektid OÜ ning konstruktsioonide lahendused EstKonsult OÜ.

Magistritöö on üles ehitatud vastavalt lõputöö lähteülesandele ning koosneb järgnevatest osadest.

**1. Lähteandmed ja eritingimused.** Kirjeldatakse antud maa-ala asukohta, ehitusgeoloogiat, eritingimusi, et rajada edukalt Admiraliteed basseini kõrvale ehitussüvend kuni 10 meetrit allapoole merepinnast.

**2. Arhitektuurne osa.** Kirjeldatakse arhitektuurseid ning konstruktiivseid lahendusi ning parameetreid maa-aluses osas. Antud peatükis käsitletakse maa-aluseid tehnosüsteeme.

**3. Konstruktsiooni osa.** Kontrollarvutus hoonele rajatud kohtvaiale.

**4. Ehitusplatsi üldplaan.** Määratakse maa-aluse osa ehitamiseks vajalike ajutiste rajatiste ja ehitusmasinate asukohad ning kogused.

**5. Koondkalenderplaan.** Analüüsitakse tööde ehituskestvust ning esitatakse kalender- ja tööjõugraafik.

**6. Tehnoloogilised kaardid.** Tehnoloogilistel kaartidel arvutatakse süvendi, vundamentide ja hoone karkassi rajamise ressursivajadus ning kirjeldatakse tööprotsessi.

**7. Majandus- ja uurimuslik osa.** Puuduliku geoloogia mõju injektsioonankrute rajamise tulemuslikkusele.

**8. Töö- ja keskkonnakaitse.** Kirjeldatakse tööohutus ning keskkonnakaitse nõudeid mida tuleb jälgida antud objektil.

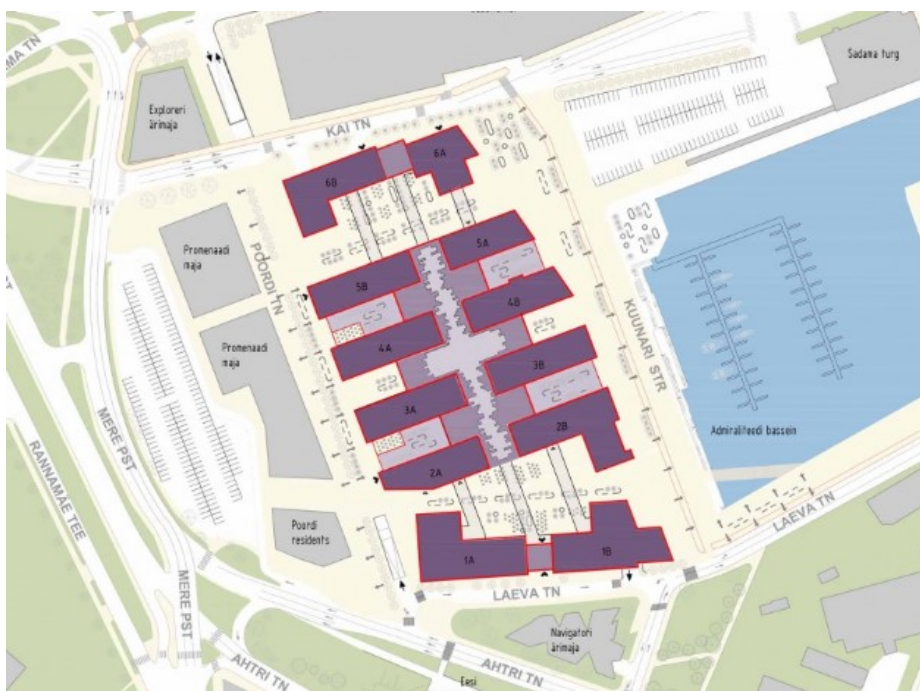
**Võtmesõnad:** ehitustehnoloogia, platsikorraldus, multifunktsionaalne hoone, magistritöö

# 1 LÄHTEANDMED JA ERITINGIMUSED

Lähteandmete ja eritingimuste algandmed on saadud Johannes Pello IB OÜ projektist – Admiraliteedi kvartali ehitussüvendid (kaks rida ankruid) tööprojekt töö number 15-2015 [4], REI Geotehnika OÜ aruandest – Admiraliteedi kvartali ehitusgeoloogiline aruanne töö number 3215-13 [5] ja IPT Projektijuhtimine OÜ analüüsist – Admiraliteedi kvartali hüdrogeoloogiline analüüs töö number 15-04-1218 [7].

## 1.1 Asukoht

Porto Franco kvartal asub Tallinna kesklinnas. Porto Franco arendus on ümbritsetud Laeva, Kai, Kuunari ja Poordi tänavatega. Kinnistule on võimalik ligi pääseda igast ilmakaarest tänu rajatud teedevõrgustikule. Joonisel 1.1 on toodud Porto Franco asukoht Tallinna linnas.



Joonis 1.1 Porto Franco asukoht <https://www.arihooned.ee/876-porto-franco>

## 1.2 Ehitusgeoloogia

Antud maa-ala paikneb Kesklinna mattunud ürgoru lääneveeru kohal, mis tingib geoloogilise läbilõike muutlikkuse ning keerukuse. Reljeef on lauge, kerge tõusuga lääne ja edela suunas. Maapinna absoluutkõrgused jäävad vahemikku 2 kuni 3 meetrit.

### 1.2.1 Geotehnilised kihid

Kiht 1 täitepinna mille paksus on 1,8 - 4 meetrit, sisaldab endas mulda ning ehitusprahti. Kiht 2 mereline möllikas peenliiv paksusega 1,2 - 4,4 meetrit. Kiht 3 voolav savimöll ja möll mille paksus



on 0,6 – 7,8 meetrit. Kiht 4 voolav möllsavi ja savi, kihi paksus 1,4 – 8,1 meetrit. Kiht 5 voolav ja pehme möll ja savimöll paksusega 2,2 – 8 meetrit. Kiht 6 pehme ja sitke möll ja savimöll kihi paksusega 0,8 - 5 meetrit. Kiht 7 tihe ja väga tihe peen-, kohati keskliiv, mis asub sügavusel 14,4 – 47 meetrit. Kiht 7 asub maa-ala lõunaosas ehk Laeva tänava pool. Kiht 8 sinisavi, mis asub sügavusel 15,0 – üldgeoloogilistel andmetel kuni tasemeni 50 meetrit. Kiht 8 asub maa-ala põhjaosas ehk Kai tänava poolses osas.

## **1.2.2 Pinnasevesi**

Pinnasevesi on mõõdetud puuraukudes 1,7 - 2,3 meetri sügavusel maapinnast. Pinnaseveett drenib lähedalolev meri ning veetaseme kõikumine sõltub Tallinna lahe veetasemest.

## **1.3 Eritingimused**

Porto Franco kvartali ja maa-aluste korruste rajamine antud maa-alale on insenertehniliselt keeruline. Kuunari tänava pool asub 30 meetri kaugusel Admiraliteed basseini kai number 21. Poordi tänava pool asub Tallinna Vee AS Härjapea sademeveekollektor, Kai ja Laeva tänava sõiduteed koos lähedal asuvate hoonetega. Lisaks lähedal asuvatele hoonetele ja rajatistele on geotehnilised tingimused väga keerulised ehitussüvendi rajamiseks. Enne, kui saab kaevetöödega alustada ning vundamendi plaati rajada, tuleb teha mitmeid suuri ja kulukaid ehitustöid, et maa-ala ümberkaudsed rajatised ja hooned säiliks ilma kahjustusteta.

### **1.3.1 Veealandus**

Piirkonnas levib fluvioglatsiaalsete liivadega seotud survealine põhjaveekiht, mille mõju antud rajatise puhul tuleb arvestada. Ehitussüvendi põhja hüdraulilise purunemise vältimiseks, tuleb ehitussüvendisse rajatavatest puuraukudest pumpamisega hoida pinnasevee survetaset mitte sügavamal kui väljakaevatud ehitussüvendi põhi. Kokku tuleb Porto Franco kvartalis rajada 11 veealandus puurkaevu diameetriga 125 mm mille summaarne pumpamine ööpäevas on 5 500 m<sup>3</sup>, et saavutada vajalik alanduslehter. Veealandust antud projektis on vaja, kui ehitussüvendi sügavus on sügavamal kui kuus meetrit. Pumbatav vesi on mõistlik pumbata merre, kuna tegemist on põhjaveega. Pumpamine lõpetatakse ja puurkaevud likvideeritakse, kui hoone on saavutanud oma kõrguse ning pinnaseankrud on pingestatud.

### **1.3.2 Vaisein**

Maa-ala perimeetris kogu ehitise ulatuses tuleb rajada raudbetoon vaisein, et säilitada ümberkaudsete hoonete ning rajatiste püsivus. Ehitussüvendi toetus deformeerub mõne sentimeetri võrra pinnase külgsurve rakendumisel ning seetõttu võib 15 meetri lähedusel olevatel

teedel ning platsidel tekkida praod. Kokku rajatakse Porto Franco perimeetril 393 armeerimata puurvaia pikkusega 16,5 - 22,5 meetrit ja 393 armeeritud puurvaia pikkusega 17,5 kuni 24,5 meetrit. Vaiade diameeter on 880 - 1 180 mm. Vaiseina puurimiseks kasutatakse kelly/casing ehk k/c tehnoloogiat, kus teleskoopse puurinstrumendiga puuritakse eelnevalt kuni kõva kihini süvistatud manteltoru tühjaks.

### **1.3.3 Injektsioonankrud**

Pinnaseankru moodustab pinnasesse puuritud seest õõnes ankruparras, injektsioonaukudega puurpea, varraste ühendus muhv, varda pingestamiseks vajalik mutter, ankrutool ning puurotsiku ja ankruparda ümber pumbatud tsementkeha. Pinnaseankru ühendamiseks süvendi seinaga kasutatakse ankruplaati või ankrutooli (valmistatud betoonist või terasest) ning mutrit. Ankruplaat või ankrutool on vajalik pinnaseankrul, kuna vaiseinas teemantpuurimisega lõigatud ava on reeglina suurema diameetriga, kui mutter ning pingestamisel tekkivad jõud saab edasi kanda ankrutooliga vaiseinale.

Vaisein üksi ei võta vastu pinnase poolt tekitatud külgsurvet ning sellepärast on vajalik rajada seinatõetamiseks injektsioonankrud kahes kihis.

Peale vaiseina rajamist kaevatakse kogu maa-ala 3,15 meetrit madalamale, et saaks paigaldada injektsioonankrud. Esimene kiht ankruid tehakse maapinnalt sügavusele 3 meetrit. Kokku rajatakse esimeses kihis 270 ankrut kandevõimega 770 - 1 190 kN. Pikkused esimese rea ankrutel on 24 - 30 meetrit. Laeva tänavalõigul tuleb arvestada esimese rea ankrute puurimisel naaberhoonega, kuhu alla on rajatud vaiad, et injektsioonankrud puurimisel neid ei kahjustaks. Ankrud tuleb puurida suundadega, mis ei riivaks olemasolevaid vaiu. Kui esimese rea ankrud on rajatud ja pingestatud, siis kaevatakse maa-ala eelmisest tasapinnast 4,7 meetrit madalamale. Teine kiht ankruid tehakse maapinnalt kõrguselt -7,7 meetrit. Teise rea ankrud rajatakse kogusega 391 ning kandevõimed on 1 800 - 3 200 kN. Pikkused on teise rea ankrutel 26 - 60 meetrit. Kuna Poordi tänava poolses osas on Härjapea kollektor, siis sinna esimese rea ankruid rajada ei saa. Antud lõigul tuleb abitööna kasutada 10 meetri kaugusel ajutist sulundseina paralleelselt vaiseinaga. Pinnaselt tulenevad koormused võetakse ajutiselt vastu antud lõigus põiki olevate torudega vaiseina ning sulundseina vahel. Peale kaevetöid ankrute rajamiskõrguseni, saab rajada teise rea injektsioonankrud. Peale ankrute rajamist ning pingestamist teises reas saab torud ja sulundseina eemaldada ning vaisein jääb ülemises osas konsoolsena tööle. Vaisein võib ülemises osas liikuda Poordi tänava lõigul maksimaalselt kuni 10 cm süvendi poole.

Peale veelanduse, vaiseina rajamise ning injektsioonankrute valmimist, saab hakata tegelema lõpliku kaeve ning aluste rajamisega vundamendi plaadile.

## **2 ARHITEKTUURNE OSA**

Arhitektuuri osa lähteandmed on saadud Kadarik Tüür Arhitektid OÜ projektist – Porto Franco Linnakvartali maa-aluse parkla arhitektuuri osa tööprojekt töö number PFR-16 I etapp [2] ja EstKonsult OÜ projektist – Porto Franco I etapp tööprojekt töö number B758 [3].

### **2.1 Hoone paiknemine, etapid ja ruumid**

Käesolevas magistritöös käsitletakse maa-alust osa gabariitmõõtmetega 254,2 \* 120,1 m. Maa-aluses osas on kolm korrust. Maa-aluse hooneosa 3 korrust B1, B2 ja B3 ehitatakse valmis ühes etapis. Maa-aluse hooneosa peamised kasutajad on parkimisalad, B2 tasandil olev kaubanduspind ning maapealseid korruseid teenendavad tehnoruumid ja pandused parklakorrustel liikumiseks. Kokku rajatakse maa-alusele hoonele 3 pandust. Maapealsetest hoonetest on ligipääsud liftide ja treppidega. Kaubanduspinnale tehakse ligipääs maapealselt korruselt eskalaatoriga. Maa-aluse hooneosa kontuur jälgib üldmahuna järgmistes etappides kavandatavate maapealsete hoonete piirjooni.

### **2.2 Hoone konstruktsioonid ja pinnakatted**

Hoone kasutusiga on 50 aastat. Hoone maa-alused kandekonstruktsioonid on projekteeritud tulepüsivusklassile R120.

Hoone kandeskeleti moodustavad raudbetoonist postid, talad ja seinad. Postid toetuvad maa-aluse osa alumisel tasandil olevale vundamendiplaadile, mis omakorda toetub vaiadele ja pinnasele.

#### **2.2.1 Ehitise üldjäikus**

Maa-aluses osas on hoone vahelaed seotud vaiseinaga ja tekkivad horisontaaljõud kantakse vahelaed kaudu vaiseinalt pinnasesse.

#### **2.2.2 Vaiad**

Raudbetoon vaiade läbimõõdud on 880, 1 180 ja 1 500 mm. Ühe vaia pikkus võib maksimaalselt olla 14 meetrit põhjaplaadist. Kogu hoone vaiad rajatakse samalt tasapinnalt, kus puuritakse teise rea ankrud. Vältimaks liigset teraskarkassi kulu, kasutatakse karkasside õigele kõrgusele panekuks traaverseid. Puurvaiade puurimiseks kasutatakse kelly/casing ehk k/c tehnoloogiat, kus teleskoopse puurinstrumendiga puuritakse eelnevalt kuni kõva kihini süvistatud mantelтору tühjaks.

### **2.2.3 Põhjaplaad**

Raudbetoonist põhjaplaadi pindala on 26 750 m<sup>2</sup> ja paksus on 800 mm ning sellega on tagatud veekindlus. Vaiseina ja põhjaplaadi, töövuukide, settekaevude, pinnaseankrute ning veealanduskaevude veekindlus tagatakse hüdroisolatsiooniga. Põhjaplaadi peale rajatakse dreniv killustiku kiht ning sellele omakorda kalletega raudbetoon põrandaplaat 120 mm. Deformatsioonivuuke põhjaplaadis ei ole. Järgmine plaadiosa betoneeritakse kivinenud osade vahele.

### **2.2.4 Injektsioonankrud**

Hoone vee üleslükkejõu tasakaalustamiseks on ette nähtud pinnaseankrud vundamendiplaadis, sest hoone omakaal pole piisav ning postide samm hoone keskel põhjaplaadile on liiga suur. Pinnaseankrud rajatakse põhjaplaadilt. Ühe pinnaseankru kandevõime peab olema 1 500 kN. Kokku on kogu maa-alal 1 100 ankrut pikkusega kuni 44 meetrit üks.

### **2.2.5 Postid ja seinad**

Maa-aluse hoone vertikaalsed konstruktsioonid postid ning seinad on paigalvalu raudbetoonist. Postideks on ümarpostid 600 - 800 mm ja ristkülikpostid 600 \* 600 mm või 700 \* 700 mm. Raudbetoonist seinad on paksusega 250 mm. Maa-aluse hoone keskel on postide samm 8,4 \* 16,8 m. Maa-aluse hoone äärtes on postide samm 8,4 \* 8,4 meetrit. Maa-aluses osas on välisseinaks vaisein 880 või 1 180 mm.

### **2.2.6 Vahelaed ja talad**

Suure sildega 8,4 \* 16,8 meetrit postidele toetub järelpingestatud betoontala 650 \* 1 500 mm või 1 500 \* 1 500 mm. Taladega ristsuunas on kandvaks elemendiks järelpingestatud või järelpingestamata raudbetoonist plaat paksusega 200 - 350 mm. Väikeste silletega postidele 8,4 \* 8,4 meetrit on vahelaeplaat 250 - 350 mm ja see rajatakse paigalvalu raudbetoonist. Kõigepealt valatakse järelpingestatud raudbetoon plaadid ja peale pingestamist alles paigalvalu plaadid.

### **2.2.7 Pandused**

Pandused on rajatud paigalvalu raudbetoonist ning toetuvad põhjaplaadile, postidele ning vaiseinale.

### **2.2.8 Trepikojad**

Maa-aluse hoone trepimarsid ja mademed on raudbetoonelementidest ning toetuvad trepikoja seintesse tehtud pesadesse. Trepimarsid toetuvad trepimademetele.

## **2.2.9 Siseseinad**

Siseseinad on kavandatud kergkarkass-seintena või väikeplokkidest, mis on kaetud vastavalt ruumi nõuetele kas krohvi või kipsplaadiga.

## **2.2.10 Avatäited**

Avatäidetena kasutatakse põhiliselt terasuksi. Koridorides ja liftide eesruumides tehakse klaasvaheseinad.

## **2.3 Siseviimistlus**

### **2.3.1 Põrandad**

Kõik parkla ja abiruumide põrandad kaetakse tolmutõkkega. Kaubanduspindade, trepikodade ja riietusruumide põrandad plaaditakse.

### **2.3.2 Siseseinad**

Siseseinad krohvitakse ja värvitakse. Seinad kus jääb nähtavaks pinnaks betoon, kaetakse tolmutõkkega.

### **2.3.3 Laed**

Kaubanduspindadele, trepikodades ja riietusruumides tulevad alumiinium või puit-tsementkiudplaadist ripplaed.

## **2.4 Tehnosüsteemid**

### **2.4.1 Küttesüsteem**

Hoone soojavarustus tagatakse tsentraalse soojavarustuse süsteemiga. Soojuskandjaks on vesi. Hoonesse paigaldatakse soojussõlm, kus toimub hargnemine lõpptarbijateni. Küttesüsteemi juhtimine toimub läbi automaatikasüsteemi. Parklas on õhkküte õhkkardinatena välisuste kohal. Tehnilistes ruumides on radiaatorküte. Kaubanduspinna kütmine on tagatud õhkküttena.

### **2.4.2 Ventilatsioonisüsteem ja jahutus**

Parklaruumides ja abiruumides on ette nähtud mehaaniline sissepuhke- ja väljatõmbeventilatsioon. Väljatõmbeks kasutatakse nii suitsueemalduseks kui tavaventilatsiooniks ettenähtud ventilaatoreid. Sissepuhe toimub nii suitsueemalduse kompenseerimiseks kui tavaventilatsiooni

sissepuhkeks. Sissepuhkeõhu soojendamiseks on küttekalorifeerid. Õhuvahetust reguleeritakse CO või CO<sub>2</sub> andurite alusel. Kaubanduspinna soojustagastusega ventilatsiooniseadmed, kas soojendatud või jahutatud õhu sissepuhkeks ning õhu väljatõmbeks. Maa-alusele korrusele B2 paigaldatakse külmajaam. Külmatarbijateks on ventilatsiooniseadmete jahutuspatareid või fancoilid, mis paigaldatakse ripplagedesse. Külmajaam on vajalik ka järgmistele ehitusetappidele. Jahutuse reguleerimine toimub hoone automaatikaga.

### **2.4.3 Veevarustus ja kanalisatsioon**

Hoone veemõõdusõlm tehakse B1 korruse tehnilisse ruumi veesisendi lähedale. Vastavalt veevarustuse vajadusele veetakse sealt torustik mööda lagesid ruumidesse, kus on see vajalik. Maapealsete hoonete kanalisatsioon ja sadevesi lahendatakse isevoolselt B1 korruselt. B3 korruse põranda alla rajatakse reoveepumplad koos õli- ja liivapüüduritega ning maa-aluste osade kanalisatsioon kogutakse sinna. Maa-aluse hoone kanalisatsiooni juhitakse hoone B1 korruselt surveiselt väliskaevu. Vastavalt kanalisatsiooni vajadusele maa-aluses osas rajatakse kanalisatsioonitorustik.

### **2.4.4 Elekter ja nõrkvool**

Kogu kvartalile rajatakse 2 alajaama, mõlemad alajaamad on 3 \* 230/400V. Üks alajaam paigaldatakse maa-alusesse osasse B1 korrusel. Vastavalt elektri ning valgustuse vajadusele maa-aluses osas rajatakse vajalik juhtmestik ning paigaldatakse valgustid. B1, B2 ja B3 rajatakse parkimissüsteem, andmesidesüsteem, telefonivõrk, fonolukusüsteem, valvesignalisatsioon, läbipääsusüsteem, videovalve, heliedastussüsteem ning hädaabikutsesüsteem.

### **2.4.5 Tuleohutusnõuded**

Maa-alusesse osasse ehitatakse sprinklerisüsteem ja voolikusüsteem. Kõikidel maa-alustel korrustel on automaatne tulekahjusignalisatsioon. Hoone B3 korrusel on rajatud veemahuti 300 m<sup>3</sup> koos diiselpumpadega. B1 korrusel asuv päästeametiruum ja parkla serveriruum ning B2 korrusel asuv turvaruum on varustatud automaatse gaaskustutussüsteemiga.

## 2.5 Hoone tehnilised andmed käesoleva projekti raames

Antud punktis esitan hoone tehnilised andmed tabelis 2.1.

Tabel 2.1 Maa-aluse hooneosa tehnilised andmed

	<b>Maa-alune hooneosa</b>
Korruste arv	-3
Ehitisalune pind, m <sup>2</sup>	26 750
Suletud netopind, m <sup>2</sup>	66 813
Sh eluruum	0
Sh mitteeluruum	53 904
Sh parkimishoone	45 423
Sh hotell, motell, külalistemaja	304
Sh kaubandushoone	7 896
Sh sõidukite teeninduse hoone	238
Sh üldkasutatav pind	6 078
Sh tehнопind	6 831
Suletud brutopind, m <sup>2</sup>	70 963
Kõetav pind, m <sup>2</sup>	66 813
Maht, m <sup>3</sup>	317 047
Hoone kõrgus, m	0
Hoone laius, m	120
Hoone pikkus, m	254
Hoone sügavus, m	-11,95 m (-9,3 abs)
Hoone eluiga	50 a
Hoone tulepüsivusklass	TP1
Hoonete arv	1

## 3 KONSTRUKTSIOONI OSA

Magistritöö konstruktsiooni osa lähteülesandeks on kohtvaia kontrollarvutused. Antud objektil rajatakse puurvaiu diameetriga 880, 1 180 ja 1 500 mm. Antud lõputöös arvutan puurvaia Ø880 mm survetugevuse, tõmbetugevuse, põikjõukandvõime ning geotehnilise kandevõime vastavalt geoloogiale ning võrdlen saadud numbreid projektis esitatuga. Projektis Porto Franco I etapp nõuded ehituskonstruktsioonidele töö number B758 (koostaja EstKONSULT OÜ) [3] ja joonis tähisega EK-5-1141, nõutud survetugevus puurvaiale Ø880 mm on 4 400 kN.

### 3.1 Puurvaia Ø880 mm arvutused

Antud arvutus on tehtud vastavalt Eurokoodeksile 2: Betoonkonstruktsioonide projekteerimine osa 1-1: Üldreeglid ja reeglid hoonetele [15] ja vastavalt EN1536:2010 geotehnilise eritöö teostamine puurvaiad [16].

Ø880 mm puurvaia andmed

Läbimõõt –  $d_{nom} = 880$  mm

Betoon - C20/25

Puurvaial on kogupikkuses teraskarkass

Läbimõõt teraskarkassil – 640 mm

Pikiarmatuur – 8 \* Ø 20 B500B

Põikarmatuur – Ø8 B500B samm 200 mm

Puurvaia **Ø880 mm survetugevus** on:

$$N_{Rd} = A_c * f_{cd} + A_s * f_{y cd} \quad (\text{valem 3.1})$$

kus

$A_c$  = efektiivne vaia ristlõike pindala

Vastavalt Eurokoodeks punktile 2.3.4.2 tuleks kohtvaial ( $400 < d_{nom} < 1\ 000$  mm) võtta

$$d = 0,95 * d_{nom} \quad (\text{valem 3.2})$$

$$d = 0,95 * 880 = 836 \text{ mm}$$



$$\text{raadius } r = \frac{d}{2} = \frac{836}{2} = 418 \text{ mm} \quad (\text{valem 3.3})$$

$$A_c = \pi * r^2 = \pi * 418^2 = 548\,912 \text{ mm}^2 \quad (\text{valem 3.4})$$

$$f_{cd} - \text{betooni survetugevus: } f_{cd} = \frac{20}{1,5 * 1,1} = 12,12 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{valem 3.5})$$

$f_{c,c} = 20$  – betooni survetugevus C20/25 28 päeva möödudes

$\gamma_c = 1,5$  – betooni osavarutegur kandepiirseisundis vastavalt Eurkoodeks punkt 2.4.2.4 järgi

$k_f = 1,1$  – vundamendimaterjali varutegur vastavalt Eurkoodeks punkt 2.4.2.5 järgi

$A_s$  = Pikivarraste ristlõike pindala summa

$$A_s = 8 * \pi * r^2 = 8 * \pi * 10^2 = 2\,513 \text{ mm}^2 > 25 \text{ cm}^2 \quad (\text{valem 3.6})$$

Pikivarda diameeter on  $d = 20$  mm, raadius  $r = 10$  mm

Vastavalt Eurokoodeks punkt 9.8.5, siis  $0,5 \text{ m}^2 < A_c < 1,0 \text{ m}^2$  ning  $A_s \geq 25 \text{ cm}^2$

$F_{ycd}$  = pikiarmatuuri B500B arvutus volavustugevus, kuid mitte rohkem kui betooni maksimaalne lubatud survepinge (Eurokoodeks punkt 3.1.7 ja tabel 3.1)

$$f_{ycd} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ N/mm}^2 > 0,002 * 200\,000 = 400 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow f_{ycd} = 400 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{valem 3.7})$$

1,15 = armatuuri osavarutegur vastavalt Eurokoodeks 2.4.2.4.

Puurvaia **Ø880 mm survetugevus** on:

$$N_{Rdc} = 548\,912 * 12,12 + 2\,513 * 400 = 6\,652\,813,44 + 1\,005\,200 = 7\,658\,013 \approx \mathbf{7\,600 \text{ kN}}$$

Puurvaia **Ø880 mm tõmbetugevus** on:

$$N_{Rd} = A_s * f_{yd} \quad (\text{valem 3.8})$$

kus

$A_s$  = Pikivarraste ristlõike pindala summa

$$A_s = 8 * \pi * r^2 = 8 * \pi * 10^2 = 2\,513 \text{ mm}^2 > 25 \text{ cm}^2 \quad (\text{valem 3.9})$$

$F_{ycd}$  = pikiarmatuuri B500B arvutus volavustugevus

$$f_{ycd} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{valem 3.10})$$

1,15 – armatuuri osavarutegur vastavalt Eurokoodeks 2.4.2.4.

Puurvaia **Ø880 mm tõmbetugevus** on:

$$N_{Rdt} = 2\,513 * 435 = 1\,093\,155 \text{ N} \approx \mathbf{1\,100 \text{ kN}}$$

Puurvaia **Ø880 mm põikjõukandevõime** on:

Arvutuslik põikjõukandevõime  $V_{Rd,c}$  vastavalt Eurokoodeks punktile 6.2.2

$$V_{Rd,c} = v_{min} * b_w * d = 0,035 * \sqrt{k^3 * f_{ck}} * b_w * d \quad (\text{valem 3.11})$$

$d$  = ristlõike efektiivne laius  $d = 630 \text{ mm}$

$$K = \text{koefitsent, } k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{630}} = 1,56 \quad (\text{valem 3.12})$$

$b_w$  = ristlõike minimaalne laius tõmbetsoonis  $b_w = 690 \text{ mm}$

$f_{ck} = 20$  – betooni survetugevus C20/25 28 päeva möödudes

Puurvaia **Ø880 mm põikjõukandevõime** on:

$$V_{Rdc} = V_{min} * b_w * d = 0,035 * \sqrt{1,56^3 * 20} * 690 * 630 = 132\,500 \text{ N} \approx \mathbf{133 \text{ kN}}$$

## 3.2 Geotehniline kandevõime puurvaial Ø880 mm

Vastavalt geoloogiale (IPT Projektijuhtimine OÜ töö number 18-01-1396) [8] on puurvaia otsa erikandevõime kihtides number 7 liiv (objekti lõunaosas) ja 8 sinisavi (objekti põhjaosas)  $q_{bk}=12\,000 \text{ kN/m}^2$  ja puurvaia külje ühikpinna vastupanu on keskmiselt kogu vaia pikkuses  $q_{sk}=10 \text{ kN/m}^2$  ning kihtides 7 ja 8  $100 \text{ kN/m}^2$ . Kiht 7 ja 8 pinnased on hea kandevõimega ning kandvaks kihiks puurvaiadele. Antud kihtidesse tuleb puurvaiad süvistada minimaalselt 1 meeter. Vaiade pikkused on 6 kuni 14 jm.

Läbimõõt –  $d = 880 \text{ mm}$

$A_r$  – vaia ristlõike pindala

$$\text{raadius } r = \frac{d}{2} = \frac{880}{2} = 440 \text{ mm} \quad (\text{valem 3.13})$$

$$A_r = \pi * r^2 = \pi * 440^2 = 607\,900 \text{ mm}^2 \approx 0,608 \text{ m}^2 \quad (\text{valem 3.14})$$

Antud arvutus on tehtud vastavalt Eurokoodeksile 2: Betoonkonstruktsioonide projekteerimine osa 1-1: Üldreeglid ja reeglid hoonetele rahvuslik lisa [15] ja vastavalt EN1536:2010 geotehnilise eritöö teostamine puurvaiad [16].

Antud puurvaiade rajamiseks kasutatakse kelly/casing ehk k/c tehnoloogiat. Antud tehnoloogia varutegurid rahvuslikus lisas arvutusvariant 2 puhul on külje ja otsa ühikpinna vastupanul 1,3.

Kui võtame vaia keskmiseks pikkuseks  $L = \frac{6+14}{2} = 10$  jm

Otsa vastupanu puurvaial arvutame  $\frac{q_{bk} * Ar}{1,3} = \frac{12000 * 0,608}{1,3} \approx 5\ 612$  kN (valem 3.15)

Külje pindala  $A_k = 2 * \pi * r = 2 * 3,14 * 440 = 2,7632$  m<sup>2</sup> (valem 3.16)

Külje vastupanu puurvaial arvutame  $\frac{q_{sk} * A_k * L}{1,3} = \frac{100 * 2,7632 * 1}{1,3} + \frac{10 * 2,7632 * 9}{1,3} \approx 404$  kN (valem 3.17)

Geotehniline kandevõime survele eelpool kirjeldatud geoloogias puurvaial **Ø880 mm** keskmise pikkusega 10 jm on  $5\ 600 + 400 =$  **6 000 kN**.

Geotehniline tõmbekandevõime on võrdne külje vastupanuga  $400$  kN + vaia omakaal ehk  $2\ 800$  kg/m<sup>3</sup> (raudbetoon) \*  $0,608$  m<sup>2</sup> \*  $10$  jm = **417 kN**.

Kokkuvõttena saab öelda, et projektis nõutud  $4\ 400$  kN survekandevõime on tagatud geotehniliselt kui ka arvutuslikult. Vaiade tõmbekandevõimet kasutatakse lisaks tõmbeankrutele ka hoone põhjaplaadi stabiilsusel, kui rakendub vee maksimaalne tase eeldatud  $1,7$  meetrit üle merepinna ning üleslükkejõul  $110$  kN/m<sup>2</sup>. Hoone vundeerimisel kasutatud kombineeritud lahendus, kus vertikaalkoormused kantakse pinnasele vaiade, põhjaplaadi ja pinnase koostööl. Plaadi ja vaialuse arvutamisel on lähtutud kahest tööolukorrast. Esimene tööolukord, kus põhjaplaadi omakaal kantakse otse pinnasele ning postidelt tulevad koormused kantakse osaliselt vaiadele ja osaliselt põhjaplaadi kaudu pinnasele, sõltuvalt jäikuste suhtest. Teine tööolukord, kus põhjaplaadile lisatakse injektsioonankrud mis pingestatakse. Põhjaplaadi alust veetaset enam ei kontrollita ning see hakkab mõjuma üleslükkevõime koormusena. Põhjaplaadi pinnasereaktsioon asendub veekoormusega.

## 4 EHITUSPLATSI ÜLDPLAAN

Antud ehitusplatsi üldplaan on koostatud Porto Franco maa-aluse osa ehituse kohta. Aluseks on võetud Ehitusplatsi korralduse kursuseprojekt 2022 [18].

### 4.1 Kraanade valik

Kokku paigaldatakse hoone maa-aluse osa ehitamisel kuus statsionaarset kraanat ning tänu sellele põik- ja pikisidumise arvutisi ehitatava hoonega ei tehta. Kraana asukohad ning nooleulatused, kui ka tööraadiused on joonisel Ehitusplatsi üldplaan. Kraanad paigaldatakse vastavalt põhjaplaadi ehituse järjekorrale. Kraana number 2 ja 5 paigaldatakse peale põhjaplaadi valmimist kraana asukohas. Töödega alustatakse Laeva tänava küljelt. Kraanad on objektil kuni hoone karkassi valmimiseni ning eemaldatakse vastavalt hoone karkassi valmimise järgi. Hoone maksimaalne karkassi kõrgus on maapinnalt 25 meetrit. Kraanadeks on Liebherr 280 EC-H. Kraanasi kasutakse trepielementide, trepimademet, armatuuri, raketiste tõsteks, aga ka betoneerimiseks. Raskemad tõsted tehakse, kui paigaldatakse trepimademeid ja trepielemente. Vastavalt hoone projektile kontrollin kõikide elementide raskused kraana töötsoonis ja koostan elementide montaažiparameetrite tabeli raskematele elementidele ning lisan juurde kraanade tõsteparameetrid. Koostatud tabeli järgi saab öelda, et kõik raskemad elemendid on võimalik paigaldada objektile olevate tornkraanadega. Tornkraanade asetusega on kaetud kogu ehitatav ala ning maksimaalses tõsteraadiuses on tagatud tõsted kaaluga minimaalselt kuni 3 tonni. Elementide montaažiparameetrid ja kraana tõsteparameetrid on esitatud tabelis 4.1.

Tabel 4.1 Elementide montaažiparameetrid ja kraana tõsteparameetrid

Jrk nr	Elemendi montaažiparameetrid										Kraana tõsteparameetrid							
	Monteeritav	Montaažimass, (t)			Montaažikõrgus, (m)					Montaaži- raadius (m)	Kraana nr	Kraana mark ja tehnilised andmed	Valitud tööparameetrid					
		Element	Haardeseade	Kokku	Paigalduskõrgus	Ohutusvahe		Element	Haardeseade				Kokku	Torni kõrgus	Max tõsteraadius	Tööraadius	Tõstevõime tööraadiusel	Tõstekõrgus
						h1	h2											
g1	g2	<b>G max</b>	h1	h2	h3	h4	<b>Hmax</b>	<b>Rmax</b>	m	m	m	t	m					
1	Trepimade TM-6-4-05	6,7	0,5	<b>7,2</b>	1,2	0,5	0,25	5	<b>6,95</b>	<b>12,5</b>	1	Tornkraana Liebherr 280 EC-H min 2,6 m. 70 m = 3 t, 65 m = 3,5 t, 60 m = 4,1 t ja 55 m = 4,8 t.	56	<b>55</b>	25,1	12	44	
2	Trepimade TM-4-1-09	11,2	0,5	<b>11,7</b>	9,8	0,5	0,3	5	<b>15,6</b>	<b>10</b>	2		48	<b>70</b>	22,4	12	28	
3	Trepimade TM-2-2-04	6,7	0,5	<b>7,2</b>	1,2	0,5	0,25	5	<b>6,95</b>	<b>28</b>	3		52	<b>70</b>	22,4	12	40	
4	Trepielement TM-6-1-05	5,6	0,5	<b>6,1</b>	8,2	0,5	2,3	5	<b>16</b>	<b>27,8</b>	4		44	<b>60</b>	24,2	12	32	
5	Trepielement TR-5-1-12	7	0,5	<b>7,5</b>	11,8	0,5	1,8	5	<b>19,1</b>	<b>10</b>	5		56	<b>65</b>	23,3	12	36	
6	Trepimade TM-1-5-05	8,1	0,5	<b>8,6</b>	0,9	0,5	0,25	5	<b>6,65</b>	<b>30</b>	6		68	<b>70</b>	22,4	12	56	

Arvutatakse raskemate ja kaugemate elementide montaažimass  $G_{max}$  valemiga:

$$G_{max} = g_1 + g_2 \quad (\text{valem 4.1})$$

kus

$g_1$  – monteeritava elemendi mass koos vajaliku lisavarustusega, t;

$g_2$  – haardeseadme mass, t.

Montaažikõrgus  $H_{max}$  ehk kraana noole maksimaalne nõutav kõrgus arvutatakse valemiga:

$$H_{max} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 \quad (\text{valem 4.2})$$

kus

$h_1$  - kõrgema elemendi paigalduskõrgus arvestatuna kraana seisutasandist, m;

$h_2$  - ületõstekõrgus, (tavaliselt 0.5 m);

$h_3$  - monteeritava elemendi kõrgus, m;

$h_4$  - haardeseadme kõrgus, m.

Montaažiraadius  $R_{max}$  sõltub kraana kaugusest kaugeimast monteeritavast elemendist ning kraana võimalikust asetusest hoone suhtes.

$$R_{max} = \frac{c_1}{2} + d_1 + b_1 \quad (\text{valem 4.3})$$

kus

$c_1$  – kraanatee rööbastevaheline kaugus/kraana tugede laius, m;

$d_1$  – hoone lähima osa kaugus kraanatee esimese rööpani/kraana tagedeni, m;

$b_1$  – vahemaa kraanast kõige kaugema elemendi raskuskeskme ja hoone lähima osa vahel, m.

$R_{max}$  (kraana 1) =  $\frac{6}{2} + 1,5 + 8 = 12,5$  m, antud raadiusega on kraana maksimaalne tõstvevõime 12 tonni, raskem element koos haardeseadmega 7,2 tonni.

$R_{max}$  (kraana 2) =  $\frac{6}{2} + 1 + 6 = 10$  m, antud raadiusega on kraana maksimaalne tõstvevõime 12 tonni, raskem element koos haardeseadmega 11,7 tonni.

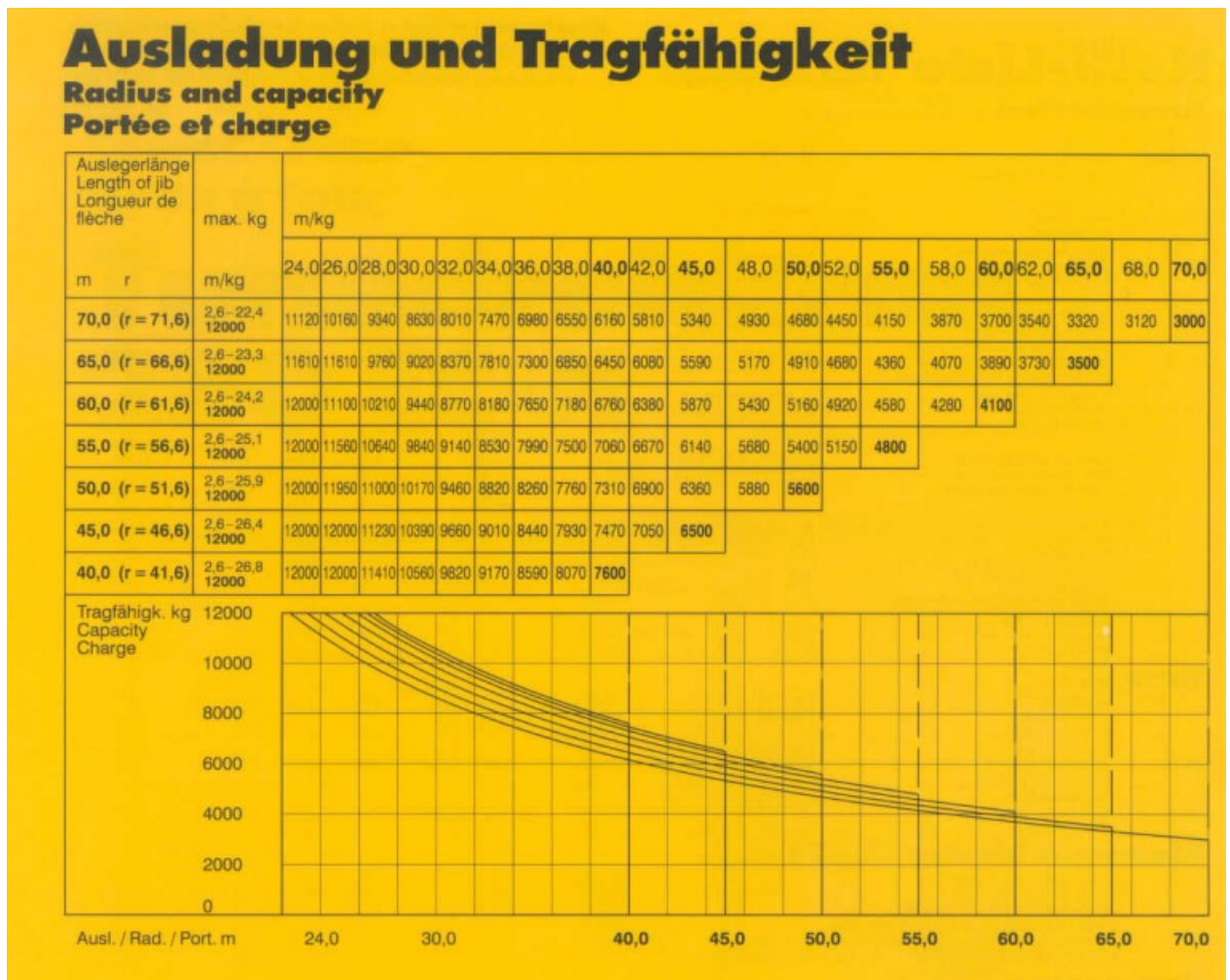
$R_{max}$  (kraana 3) =  $\frac{8}{2} + 1 + 23 = 28$  m, kraana tõstevõime antud raadiusel on 9,34 tonni, raskem element koos haardeseadmega 7,2 tonni.

$R_{max}$  (kraana 4) =  $\frac{6}{2} + 1,8 + 23 = 27,8$  m, kraana tõstevõime antud raadiusel (28 m) on 10,21 tonni, raskem element koos haardeseadmega on 6,1 tonni.

$R_{max}$  (kraana 5) =  $\frac{6}{2} + 1 + 6 = 10$  m, antud raadiusega on kraana maksimaalne tõstvevõime 12 tonni, raskem element koos haardeseadmega 7,5 tonni.

$R_{max}$  (kraana 6) =  $\frac{6}{2} + 2 + 25 = 30$  m, kraana tõstevõime antud raadiusel on 8,63 tonni, raskem element koos haardeseadmega 8,6 tonni.

Kraanade graafikud erinevatel kõrgustel ja kaugustel on toodud joonisel 4.1.



Joonis 4.1 Kraanade graafikud

[https://emet-tmv.ee/wp-content/uploads/2019/09/280EC-H\\_04\\_95-1.pdf](https://emet-tmv.ee/wp-content/uploads/2019/09/280EC-H_04_95-1.pdf)

## 4.2 Tornkraanade mõjualad

Kraanade töö ehitusplatsi lähedal olevate teede ning hoonetega peab olema ohutult korraldatud. Ehitusplatsi piirdeaed tuleb varustada varikatusega, et vältida tõstetavate materjalide kukkumisohtu. Ohutusvahe hoone välispinna, materjalide ning kraana kaugeima väljaulatuva osa vahel võetakse kuni 2 meetrit maapinnast minimaalselt 0,7 m ja üle 2 meetri minimaalselt 0,4 m. Tööohutuse seisukohalt eristatakse ehitusplatsil järgmiseid alasid – hoone montaažiala, kraana tööala, lasti liikumisala, kraana ohuala ning ohuala hoone kohal. Montaažiala all mõistetakse ehitist ümbritsevat maad kaugusel  $s$ , kuhu võivad paigaldavad elemendid kukkuda, kõrgusel 20 - 70 meetrit on see 7 meetrit. Lasti kõrvale kalle 20 - 70 meetril on 10 meetrit. Tornkraana ohuala laius arvutatakse järgmiselt:

$$R_3 = R_{max} + \frac{1}{2} I_{max} + s_4 \quad (\text{valem 4.4})$$

kus

$R_{max}$  - kraana suurim tööraadius tema töötamisel, m;

$\frac{1}{2} I_{max}$  - pool suurima gabariidiga tõstetava elemendi pikkusest, m;

$s$  - montaažitööde kõrgusest sõltuv elemendi kõrvalekalle kukkumisel, m.

Antud arvutuse teen kraana number 5 trepielemendiga, mis paigaldatakse kõrgusele 11,8 meetrit. Antud elemendi kaal on 7,5 tonni ehk maksimaalne tööraadius saab olla elemendile kraanaga 34 meetrit, kraana tõstevõime on antud raadiusel 7,81 tonni.

$R = 34 + \frac{1}{2} * 5,35 + 10 = 46,68$  m, kraana number 5 ohuala elemendi TR-5-1-12 tõstmisel on 47 meetrit.

Ohualad hoone kohal määravad ära hoone ülemised korrused. Kraana konksu ja montaažipinna vahe ei tohi olla väiksem kui 2,5 meetrit. Kraana noole ja selle lähima hooneosa vahemaa nii horisontaalselt kui vertikaalselt ei tohi olla väiksem kui 1 meeter. Kraana vastukaalu kaugeima punkti ja lähima hooneosa vahemaa ei tohi olla väiksem kui 0,4 meetrit kõrgusel üle 2 meetri.

Porto Franco objektil tuleb kõrgustel arvestada ka süvendiga, mis peale kaevet on kuni -13 meetrit. Ohutuse suurendamiseks on tornkraanade noolte pikkused ja kõrgused erinevad.

## 4.3 Ehitusplatsi laod

Materjalid, mida on vaja ladustada maa-aluse osa ehituse ajal: armatuurteras, vineer, puitmaterjal, raketise kilbid. Objektile võib olla lahtisi, poolkinnisi ning kinniseid ladusid. Vajaliku



laopinna suuruse määramisel tuleb jälgida materjalide vajadust objektil, objekti suurust, ladustamise viisi ning tingimusi. Lahtised laod asuvad tornkraanade piirkonnas, et ei tekkiks vajadust materjale pidevalt ümberpaigutada. Kinnistes ladudes hoitakse väikevahendeid ning tööriistu, et kaitsta neid ilmastiku kui ka varguste eest. Kinniseid laod võivad olla köetavad. Betoonelemendid tuuakse kohale tehastest vastavalt vajadusele ning jälgitakse korruselise valmimist. Ladude asukohad ning materjalide vajadus tuleb eelnevalt läbi mõelda, et vältida ladustamist töötsoonidest liialt kaugele, mis omakorda võib tingida tööseisakuid. Kõiki materjale korruga objektile tuua ei ole otstarbekas ning suuremate objektide puhul on mõistlik teha otsetarneid tehastest täisveosele.

Vaiatööde ajal kõik armatuurkarkassid tarnitakse objektile valmis kujul ning kohapeal ühendatakse lukkudega, kuna karkasside pikkus on kuni 24,5 meetrit. Objekti pindala on suur ja vaiseina ning vaiatööde ajal ei ole probleeme materjalide ladustamisega. Kõik materjalid on võimalik ladustada töötsoonide kõrvale, nii et puuritud auku on võimalik karkass puuragregaadilise tõsta. Karkasse tellitakse tehastest objektile vastavalt vajadusele. Kõikidel vaiatööde brigaadidel on üks tööriistakonteiner 3 \* 2 m, mis asub alati töötsooni lähedal.

Injektsioonankrute rajamisel tarnitakse vajaminev materjal töötsooni otse tehastest vastavalt vajadusele ning eraldi seda objektile ei ladustata. Arvestatakse, et alati tuleb objektile täislaetud veok. Kõikidel ankrutööde brigaadidel on üks tööriistakonteiner 3 \* 2 m, mis asub alati töötsooni lähedal.

Puistematerjalid aluste ehituseks tuuakse otse karjääril objektile ning pannakse paika vahetult enne tihendamist vastavalt vajadusele.

Esimesed, tööd kus on vaja ehitusplatsi ladusid on betoonitööd. Ladustada tuleb armatuuri, rakiseid ja puitmaterjali. Betoonitööde ladude suuruste arvutamisel võtan aluseks betoonitööde maksumuse, betoonplaat 5 350 000 + karkassitööd 13 000 000 = 18 350 000 eurot. Ladude suurused on esitatud tabelis 4.2.

Sarrusterase vajadus on 50 m<sup>2</sup> pinda 1 miljoni euro ehitusmaksumuse kohta. Arvutuslikult oleks 18 \* 50 m<sup>2</sup> = 900 m<sup>2</sup>. Kogu objekti korruga ei ehitata, tehtud on haardealad. Betoonitöid tehakse Laeva tänavalt Kai tänava poole ning objektile tarnitakse armatuur 12 meetrit pikkades pakkides, vajaminev sarrusterase ladu on suurusega 60 m \* 5 m = 300 m<sup>2</sup>. Suurus ning mõõtmed sõltuvad objekti eripärast ja võimalustest.

Puidu ja vineeri vajadus on 30 m<sup>2</sup> pinda 1 miljoni euro ehitusmaksumuse kohta. Arvutuslikult oleks 18 \* 30 m<sup>2</sup> = 540 m<sup>2</sup>. Objekti suurust ja eripärasid arvestades on lao suurus 30 m \* 5 m = 150 m<sup>2</sup>.

Töste-, transpordi- ja tehnoloogiliste seadmete vajadus on 70 m<sup>2</sup> pinda 1 miljoni euro ehitusmaksumuse kohta. Arvutuslikult oleks 18 \* 70 m<sup>2</sup> = 1 260 m<sup>2</sup>. Objekti suurust ja eripärasid arvestades on lao suurus 80 m \* 5 m = 400 m<sup>2</sup>. Antud alal on ladustatud kõik mitte kasutatavad rakised ja tõsteseadmed, mis on valmis varutud järgmiseks haardealaks või etapiks. Koheselt, kui mingisugust tehnoloogilist seadet enam vaja ei ole, viiakse see objektilt minema.

Metallist moodulkonteinereid 2,5 \* 2,5 \* 6 meetrit on betoonitööde ajal objektil 4.

Tabel 4.2 Ladude suurused

Jrk nr	Lao tüüp	Arvutuslik pind, m <sup>2</sup>	Asub ehitusplatsil	
			Arv	Pindala, (m <sup>2</sup> )
1	2	3	4	5
1	Armatuurteras	300	1	300
2	Tehnoloogilised seadmed	400	1	400
3	Puittooted	150	1	150
4	Metallkonteiner	60	4	15

Müüriksid ja tellisid tarnitakse vastavalt vajadusele ning tõstetakse korrusele tornkraanaga enne järgmise vahelae betoneerimist. Sama tehakse kõikide teiste suuremate materjalidega, mis on vaja objektile enne suuremate avade kinni ehitamist tarnida.

Hiljem, kui karkass valmib, on objekti pindala piiratud ning kõik materjali tarded ning vajadused tuleb eelnevalt läbi mõelda ning töövõtjate vahel kokkuleppida.

## 4.4 Ajutised teed

Objektile pääseb juurde kõikidest ilmakaartest. Maa-aluse osa ehitusel on 3 sissepääsu, milledest hilisemalt jääb alles 2. Poordi tänava pool on objekti sisene tee, mis ehituse ajal on tavaliiklusele suletud. Objekti valmimisel rajatakse antud teele pandus parklasse sissepääsuks. Hoone süvendi kaevamisel -3,2, -8,0 ja lõpp sügavuseni -13,0 on hoone süvendisse rajatud üks pandus, millest pääseb objektile sisse ja mis viimasel sügavusel eemaldatakse. Vastavalt vajadusele pandust liigutatakse. Ehitusplatsil tuleb tagada mehhanismide liikumine olenemata aastaajast. Kuna eelnevalt on objektil olnud parkla, siis objekti piires on kogu rikkumata maa-alal masinate ning mehhanismidega lihtne liikuda ning mingisuguseid erilahendusi ei tule teha. Autod on võimalik parkida ehituslinnaku alasse ning objekti sisese tee äärde. Sadama alal asub mitmeid tasulisi parklaid ning parkimisprobleeme objektil ei ole. Hilisemalt, kui objekti maa-alune osa valmib, siis on võimalik autod parkida uude parklasse. Vaiatööde ja kaevetööde ajal saab objektil ümberpöörata, hilisemalt tuleb sõita Kai tänavalt sisse ning Laeva tänavalt välja ehk kasutada Poordi tänavat. Admiraliteedi basseini poolt saab kasutada Kuunari tänavat. Kõik tänavate sulgemised tuleb kokkuleppida Tallinna Linnavalitsusega ja teha ajutine liikluskorraldus.

## 4.5 Ajutine elektrivarustus

Ligikaudse elektri tarbimisvajaduse objektil saab arvutada. Ajutise elektri installeeritav võimsus on arvatud tabelis 4.3.

Arvesse tuleb võtta üheaegsustegurit: 0,65.

Tabel 4.3 Ajutise elektri võimsuse arvutamine

Jrk nr	Ajutise elektritarbija nimetus	Nimivõimsus, (kW)	Arv, (tk)	Võimsus, (kW)
1	2	3	4	5
1	Tornkraanad	45	6	270
2	Segumasinad	1	4	4
3	Painutuspingid	2	2	4
4	Käsitööriistad	1,5	20	30
5	Ajutine välisvalgustus	30	1	30
6	Soojakud	50	1	50
	<b>Installeeritav võimsus kokku:</b>			<b>388</b>

Arvutuslik võimsus:  $P = 0,65 * 388 \text{ kW} = 252,2 \text{ kW}$ .

Ehituses vajalik voolutugevus (I) amprites, arvutatakse 3-faasilise voolu puhul ( $U = 380\text{V}$ ) järgmiselt:

$$I = 1000 * \left( \frac{P}{\sqrt{3} * PF * U} \right), A \quad (\text{valem 4.5})$$

kus

$P$  - arvutuslik võimsus, kW;

$PF = 0,8$  – võimsustegur;

$U = 380\text{V}$  – voolu tugevus, V;

$$I = 1000 * \left( \frac{252,2}{\sqrt{3} * 0,8 * 380} \right) = 479 \text{ A}$$

Ehitusel kasutatakse kahte peakaitset  $3 * 320 \text{ A}$ .

### Ajutise välisvalgustuse nimivõimsuse arvutamine

Antud magistritöös arvestan valgusandluse koefitsendiks  $m = 0,25 \text{ W/m}^2\text{lx}$ .

Arvutusliku prožektorite arv  $n$  ehiutsplatsi valgustamiseks leian valemiga:

$$n = \frac{m * E * S}{P} \quad (\text{valem 4.6})$$

kus

$E$  - pinna valgustus luksides sõltuvalt valgustatavast objektidest:

Montaažiplatsidel – 20 lx;

Laoplatsidel – 10 lx;

Ülejäänud ehitusplatsi piires – 2 lx;

$S$  - valgustatava pinna suurus, m<sup>2</sup>.

### **Ehitusplatsi üldvalgustus**

Ehitusobjekti territooriumil kasutatakse prožektorit võimsusega 1000W. Objekti pindala on 26 750 m<sup>2</sup>.

$$n = \frac{0,25 * 2 * 26750}{1000} = 14 \text{ tk}$$

Ehitusplatsile tuleb paigaldada 14 valgustit koguvõimsusega  $P_1 = 14 \text{ tk} * 1000 \text{ W} = 14 \text{ kW}$ .

### **Betooni- ja montaažitööde valgustus**

Ehitusobjekti betooni- ja montaažitööde valgustamiseks kasutatakse prožektorit võimsusega 500 W. Betooni- ja montaažitööde pindala on keskmiselt 900 m<sup>2</sup>. Korruga võib töös olla kuni 3 haardeala.

$$n = \frac{0,25 * 20 * 900}{500} = 9 \text{ tk}$$

Betooni- ja montaažitööde valgustuseks tuleb paigaldada 9 valgustit koguvõimsusega  $P_2 = 9 \text{ tk} * 500 \text{ W} = 4,5 \text{ kW}$ . Kui korruga on töös kuni 3 haardeala, siis kokku võimsus  $P_{2k} = 3 * 4,5 \text{ kW} = 13,5 \text{ kW}$ .

### **Laoplatside valgustamine**

Ehitusobjekti ladude valgustamiseks kasutatakse prožektorit võimsusega 500W. Ladude pindala on 910 m<sup>2</sup>.

$$n = \frac{0,25 * 10 * 910}{500} = 5 \text{ tk}$$

Ladude valgustamiseks tuleb paigaldada 5 valgustit koguvõimsusega  $P_3 = 5 \text{ tk} * 500 \text{ W} = 2,5 \text{ kW}$ .

Kokku on valgustite koguvõimsus  $14 \text{ kW} + 13,5 \text{ kW} + 2,5 \text{ kW} = 30 \text{ kW}$ .

## 4.6 Ajutine vesi ja kanalisatsioon

Ehitusaegne ajutine vesi ja kanalisatsioon lahendatakse ehitusobjektil asuvate liitumispunktidega. Talvetingimustes veemõõdusõlm kaitstakse külma eest ning ehitatakse ümber köetav soojak. Ehituslinnaku ajutine vesi ja kanalisatsioon lahendatakse samuti krundipiires olevate liitumispunktidega.

## 4.7 Ajutine soojavarustus

Ehitusplatsil on ajutist soojavarustust vaja tehnoloogilistele protsessidele, ehitatava hoone kütmiseks ning kuivatamiseks ja ehituslinnaku kütmiseks.

Ehituslinnakutes soojakuid köetakse elektriliste radiaatoritega. Talvistest tingimustes tuleb betooni soojendada puhuritega ning suuremate soojakadude vältimiseks katta koormakatetega, kasutada saab soojendustraate betoonis. Suurte betoonpindade kaitsmiseks külma eest kasutatakse lisasoojustust. Puhuritena kasutatakse diisel või elektripuhureid. Diiselpuhurite puhul tuleb ohutuse tagamiseks jälgida heitgaaside ärajuhtimist kinnistest ruumidest.

## 4.8 Ajutised ehitised

Porto Franco objekti kõrval Kai tänaval asub tühi krunt, kuhu ehitatakse ehituslinnak ehituse ajaks. Ajutised hooned peavad tagama ehitustööde probleemideta ehitamise kogu ehitusgraafiku kestel. Ajutiste ehituse paigutamisel tuleb arvestada objekti eripäradega ning võimalustega. Ehituslinnakusse paigaldatakse soojakud suurusega 2,9 \* 8,4 meetrit. Soojakute linnak on kolme korruseline. Eraldi on sanitaarsoojakud koos wc-de, kraanikausside ja dušsidega. Kõik soojakud renditakse Cramo Eesti AS-ilt ning ehitatakse omavahel kokku. Kõik töövõtjad saavad omale soojakuid tellijalt rentida. Kõikidel töövõtjatel on insenertehniline personal ja töölised, kes soojakuid kasutavad. Lisaks on objektil tellija esindaja ning järelvalve. Maa-aluse hoone ehitusel on insenertehnilist personali objektil kokku kuni 20 inimest. Tööliste arv objekti maa-aluste hoone ehitusel võib olla kuni 121 inimest. Pindade vajaduse arvutused on tehtud lähtudes tööliste maksimaalsest arvust objektil. Ülemiste korruste soojakutesse pääseb treppidest ning käiguteedelt. Ehituslinnakusse pääseb objekti läbimata, kuna linnak asub ehitusmehhanismide ohualast eemal. Kõik objekti külalised ja uued töölised peavad objekti kontoris tutvuma ohutuseeskirjadega ning varustama ennast isikukaitsevahenditega. Kõikides soojakutes asuvad esmaabi- ning esmased tulekustutusvahendid. Täpne ajutiste ehitiste vajadus on toodud tabelis 4.4.

Tabel 4.4 Ajutiste ehitiste vajadus

Jrk nr	Ajutine ehitis	Mõõtühik	Vajadus 1 inimese kohta	Vajadus 141 inimese kohta (121 töolist+ 20 inseneri)	Märkus
1	2	3	4	5	6
1	Riietusruum	m <sup>2</sup>	0,4	48,4 m <sup>2</sup>	Soojakud on varustatud kuivatuskappidega ning puhkeruumiga. Kokku on 8 töölisel 1 soojak. Kokku on tööliste soojakuid 15 tk. Ühe soojaku pindala on ca 24 m <sup>2</sup> .
2	Duširuum	m <sup>2</sup>	0,3	36,3 m <sup>2</sup>	Tavaliselt ITP objektile ei pese ning töölistel lõppevad vahetused eraldi aegadel. Ehituslinnakus on üks soojak, mis on varustatud duššidega. Soojaku pindala on ca 24 m <sup>2</sup> ning see sisaldab 8 dušširuumi.
3	WC	m <sup>2</sup>	0,07	10 tk	Objektile kokku 12 wc-d eraldi on wc-d naistele. Soojakute linnakus asub eraldi soojak wc-de ning kraanikaussidega. Ühes soojakus on 6 wc-d ning kraanikaussi. Soojaku pindala on ca 24 m <sup>2</sup> .
4	Kontor	m <sup>2</sup>	3	20 kohta/60 m <sup>2</sup>	ITP soojakud 5 tk ehk 120 m <sup>2</sup> sisaldab endas ka koosolekuteruumi.
5	Valvuriruum	tk/värv	1	1 tk	Objektile 1 valvuriruum peasissepääsus.

## 4.9 Keskkonnakaitse

Objektile tehakse prügikonteinerite ning jäätmekäitluse leping Rang-Sells AS-ga. Soojakute linnaku juures on 600 liitrine olmeprügi konteiner. Lisaks objektile on 14 m<sup>3</sup> konteinerid. Eraldi kogutakse ohtlikud jäätmed, puidujäätmeid, segakoristuspraht, paberi-, papijäätmed ning betoon-, kivimaterjalid. Vajadusel on võimalik tellida eraldi teisi konteinereid.

Kaitstavaid puid ning kasupinnast antud objektile ei ole.

## 4.10 Objekti valve

Objekti maa-aluse osa ehitusel on kolm sissepääsu, Kai tänaval kaks ning Laeva tänaval üks. Kõik sissepääsud on varustatud lukustatava värvaga. Enne tööde alustamist, rajatakse ümber objekti perimeetri puidust piirdeaed. Objekti peasissepääsu juures Kai tänaval asub valvurisoojak. Objekti perimeetris on paigaldatud prožektorid ning ümberkaudsete majade külge videokaamerad. Objekti maa-aluse osa ehitusel on paigaldatud perimeetrivalve.

## 5 KOONDKALENDERPLAAN

### 5.1 Lähteandmed

Koondkalenderplaanis koostamisel on aluseks võetud Porto Franco ehituseelarve ning töövõtjate poolt koostatud ehitustööde ajagraafik tellijale. Näidatakse ära objektil tööde omavahelised seosed ning kestvused. Kalenderplaanis on arvestatud, et päevas on 8 töötundi ja nädalas 5 tööpäeva. Koondkalenderplaani on tehtud maa-aluse hoone ehituse kohta. Töödega alustati objektil 15. juunil 2015. Koondkalenderplaani koostamisel pole arvestatud seisakute ning tööde peatamisega, mis olid tingitud objekti finantsolukorrast. Hoone maa-aluse osa ehitus kestab kokku kaks aastat, ilma seisakuteta. Koondkalenderplaani on esitatud joonisel number 4. Koondkalenderplaani on eraldi väljatoodud nii inimressursi, kui mehhanismide vajadused nädalas.

### 5.2 Ehitusmaksumuse koondtabel

Tabel 5.1 Ehitusmaksumuse koondtabel

Jrk nr	Nimetus	Maksumus €	Töövõtjate normatiivne € in-päeva	Töömahukus in-päeva	Tööliste arv	Kestus päevades
1	Ehitusplatsi ettevalmistus	77 000	1 283	60	3	20
2	Ajutised hooned ja ehitised	56 000	1 867	30	3	10
3	Vaiseina rajamine ja vaiatööd	6 955 000	1 705	4080	12	340
4	Mullatööd (kaevetööd)	2 635 000	1 372	1920	6	320
5	Injektsioonankrute rajamine ja pingestamine	6 595 000	2 326	2835	9	315
6	Veealanduskaevude rajamine koos torustikuga	125 000	1 042	120	3	40
7	Betoonplaadi aluste ehitamine	375 000	806	465	3	155
8	Paigalvalu betoonvundamendid ja betoonplaat	5 350 000	1 981	2700	18	150
9	Paigalvalu seinad, postid ja vahelaed	13 000 000	1 720	7560	36	210
10	Trepielemendid	245 000	544	450	3	150
11	Betoonpõrandate ehitamine ja põrandaalune täide	952 000	1 058	900	9	100
12	Vaheseinte ehitus	255 000	425	600	6	100
13	Uste ja väravate paigaldamine	42 000	140	300	3	100
14	Sisekrohvi- ja sisemaalritööd	123 000	205	600	6	100
15	Siseplaatimistööd	55 000	183	300	3	100
16	Ripplagede ehitamine	95 000	238	400	4	100
17	Põrandakatted	554 000	616	900	9	100
18	Siseveevarustuse, -kütte, -kanalisatsioonitööd ning tuletoorjevesi koos pumplataga	3 325 000	1 304	2550	10	255
19	Ventilatsiooni- ning jahutustööd	3 060 000	3 825	800	8	100
20	Siseelektri ja -nõrkvoolutöö koos automaatikaga	4 215 000	3 513	1200	12	100
21	Väliskanaliseerimise- ja veevarustustööd	228 000	760	300	3	100
22	Soojustrassi ehitus	217 000	723	300	3	100
23	Väliselektri- ja nõrkvoolutööd koos alajaamadega	1 642 000	5 473	300	3	100

Maa-aluse osa ehituse maksumus on kokku 50 176 000 eurot. Hinnad ei sisalda käibemaksu.

Täpne ehitusmaksumus on toodud tabelis 5.1 koos tööde kestvusega. Koondtabelis on toodud 23 erinevat tööliiki.

Ehitusplatsi ettevalmistusega rajatakse krundi perimeetris puitaed ning sissepääsud koos objekti valvega. Objektile on olemas vesi ning elekter ning rajatakse ajutised tehnosüsteemide väljavõtted. Krunt on tasane ning lammutatavaid hooneid ja kaitsetavat haljastust objektile ei ole. Eelnevalt on olnud maa-alal parkla ning maapind on vaiseina rajamiseks tugev. Ajutiste hoonete näol ehitatakse kõrval olevale krundile ehituslinnak, mis koosneb ehitusoojakutest. Hoone maa-aluse osa ehitusel märgitakse hoone ning alustatakse vaiseina rajamisega ümber hoone perimeetri. Koos vaiseina puurimisega rajatakse veealanduskaevud objektile. Tööd käivad teiste töödega paralleelselt 32. telje poolt 1. telje poole. Vastavalt vaiseina valmimisega alustatakse kaevetöödega injektsioonankrute rajamiseks. Peale esimese rea ankrute pingestamist, kaevatakse teise rea ankrute tasapinnani. Teise rea ankrute tasapinnal rajatakse hoone vaiad. Kui teise rea ankrud on pingestatud, kaevatakse lõpp sügavuseni. Esimese hoone ulatuses paigaldatakse kaks kraanat. Poordi tänava kraana number 2 paigaldatakse peale põhjaplaadi valmimist kraana piirkonnas. Rajatakse alused põhjaplaadile ja alustatakse betoonitöödega. Samal ajal põhjaplaadi betoonitöödega rajatakse plaati kanalisatsioonitorustik. Kui põhjaplaadi haardeala saab valmis, siis rajatakse koheselt põhjaplaadilt injektsioonankrud. Põhjaplaadi ankrute rajamise valmimisel telgedes 24-32 alustatakse esimese hoone maa-alust ehitust horisontaalselt, korruste kaupa. Enne, kui algavad objekti keskel betoonitööd, paigaldatakse keskmiste telgede juurde kaks kraanat, Poordi ja Kuunari tänava äärde. Poordi tänava kraana number 5 paigaldatakse peale põhjaplaadi valmimist kraana piirkonnas. Kui valmib 14-24 telgedes ankrud, siis alustatakse keskmise hoone maa-aluse osa korruste ehitusega. 1-14 telje ankrute valmimisel põhjaplaadil alustatakse viimase hoone maa-aluse ehitusega. Enne viimase hoone betoonitööde algust paigaldatakse Kai tänava äärde kaks kraanat. Karkassi valmides paigaldatakse vastavalt vajadusele trepielemendid. Samaaegselt maa-aluse osa valmimisega laotakse siseseinu. Kuna alajaamad ning soojasõlmed on väga suured, siis tuleb need hoonesse tõsta enne, kui suuremates avades algavad betoonitööd. Kui esimese hoone maa-aluse osa karkassitööd saavad valmis, alustatakse tehnosüsteemide ehitusega väljas ja sees ning paigaldatakse avatäited maa-aluses osas vastavalt valmivale hoonele. Peale maa-aluse osa valmimist alustatakse koheselt hoone maa-pealsete korruste ehitusega, analoogselt maa-alustele. Kui hoone on saavutanud lõpp kõrguse, saab pingestada lõplikult injektsioonankrud. Pingestamise järgselt saab põhjaplaadile rajada betoonpõranda. Peale esimese hoone veetiheduse saavutamist, alustatakse maa-aluses osas siseviimistlustöödega ning lõpliku tehnosüsteemide installatsiooniga. Sama planeeritakse ka kolmandal ning keskmisel hoonel.



## **6 TEHNOLOOGILISED KAARDID**

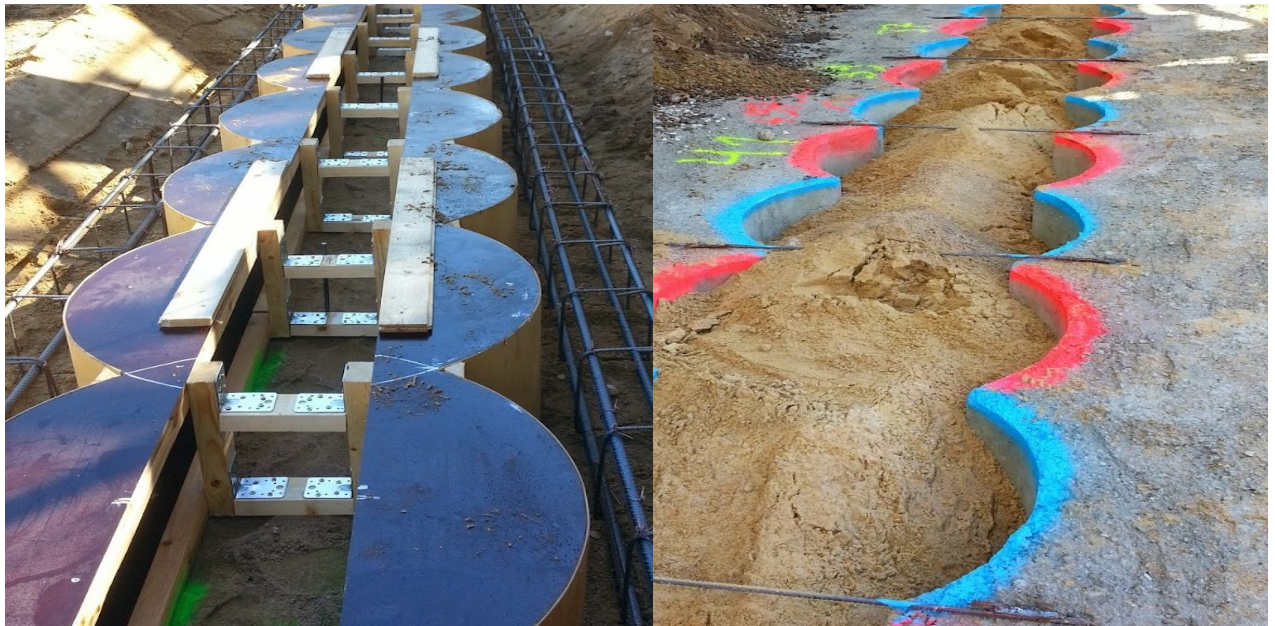
### **6.1 Vaiseina paigaldus, kaevetööd ning injektsioonankrute rajamine**

#### **6.1.1 Üldinfo**

Süvendi tugevdamise tehnoloogiline kaart on koostatud tööprojekti number 15-2015 Admiraliteedi kvartali ehitussüvendid (kaks rida ankruid) koostaja Johannes Pello IB OÜ [4] järgi. Abimaterjalina on kasutatud kursuseprojekti „Monoliitse raudbetoonkonstruktsioonide püstitamine 2022“, koostaja Irene Lill [19]. Antud peatüki kohta esitatakse joonis vaiseina paigalduse, kaevetööde ning injektsioonankrute rajamise tehnoloogiline kaart. Vaiseina tehakse vastavalt standardile EVS-EN 1536:2010+A1:2015 ning injektsioonankrud rajatakse vastavalt standardile EVS-EN 1537:2013.

#### **6.1.2 Ettevalmistustööd**

Kuna objekt on tasane ning puuduvad lammutatavad rajatised ning raadamistööd, siis saab koheselt objektil vaiseina liini ning vaiade tsentrid geodeediga maha märkida. Töödega alustatakse Poordi ja Laeva tänava nurgast. Peale märkimistööd kaevatakse vaiseina liinile kops-laaduriga vastavalt vaiseina laiussele, kas 1 500 mm või 1 800 mm kraav, mõlemad sügavusega 400 mm. Kaevatud kraavi paigaldatakse vaiseina raketis, mis on eelnevalt vormiõliga kaetud. Raketis võib tehtud olla nii puidust kui teraslehest ning neid saab kasutada korduvalt. Raketise mõõtmed on 2 500 \* 880 mm ja 2 500 \* 1 180 mm. Mõlemale poole raketisest paigaldatakse 5 cm kaugusele armatuurkarkass 200 \* 250 mm. Pikivardad on tavaliselt nurkades 12 mm ja rangid 8 mm, sammuga 200 mm. Karkassid valmistatakse eelnevalt tehases. Terasemark antud karkassil ei ole oluline. Peale armatuurkarkassi paigaldamist betoneeritakse raketis mõlemalt poolt betooniga C20/25. Päevas suudab üks brigaad, 3 töolist, valmistada ette 20 meetrit juhtvööd. Järgmisel päeval eemaldatakse raketis ning paigaldatakse uude asukohta. Liivaga tuleb täita tühimik vaiseina asukohtades, kus raketis on eemaldatud. Vaiseina rajamisega saab alustada, kui juhtvöö on kivinenud 72 tundi. Kuna kõik need on eeltööd vaiseina rajamiseks, siis on tegemist ajutiste konstruktsioonidega, mis hilisemalt lammutatakse. Tavaline praktika suurtel objektidel on, et juhtvööd tehakse siis, kui on tehnoloogiline paus ning juhtvöö kasutatakse betooni, mis jääb teistelt töödelt üle. Joonisel 6.1 on toodud vaiseina juhtvöö lahendus enne ja peale betoneerimist. Vaiseina rajamisega samal ajal puuritakse objektile ära veealandus puurkaevud.



Joonis 6.1 Vaiseina juhtvöö ettevalmistuse fotod enne ja peale betoneerimist

### 6.1.3 Tööde tehnoloogiline korraldamine

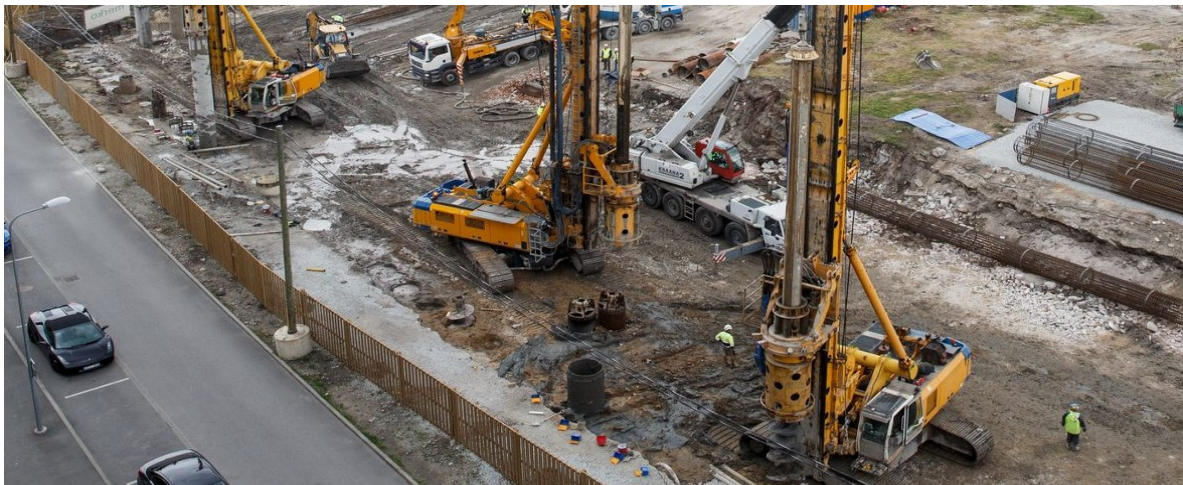
Porto Franco objektil tehakse kogu vaisein kelly/casing tehnoloogiaga ehk teleskoopse puurinstrumendiga puuritakse eelnevalt kuni kõva kihini süvistatud mantelтору tühjaks. Kuunari tänaval on vaiseina laius 1 180 mm ja Poordi tänaval 880 mm. Kai ja Laeva tänaval on  $\frac{1}{3}$  objektist 880 mm ja  $\frac{2}{3}$  1 180 mm sein. Täpsed vaiseina mahud on toodud tabelis 6.1. Töödega alustatakse Poordi ja Laeva tänava nurgast.

Tabel 6.1 Vaiseina mahud

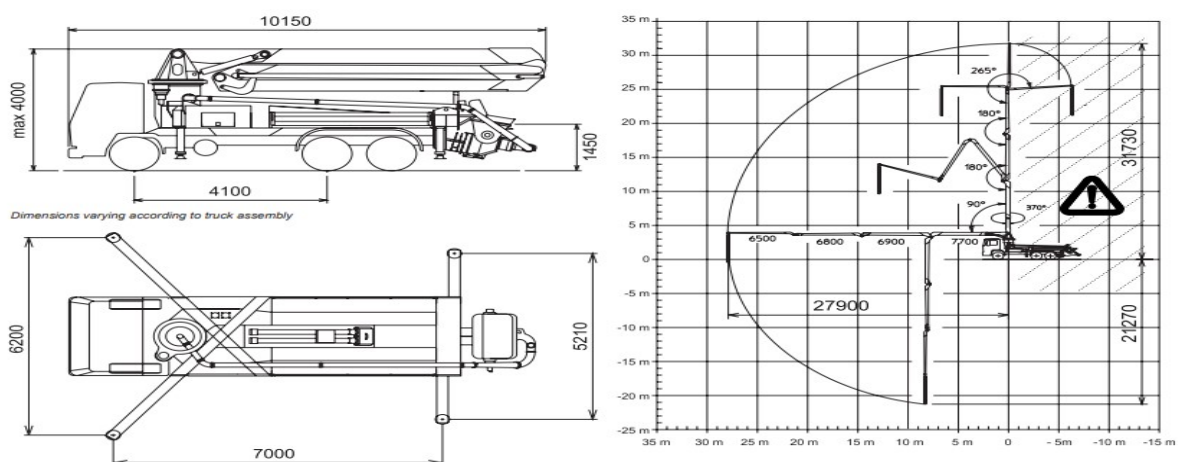
Vaia tüüp	Pikkus (m)	Betooni maht ühele vaiale (m <sup>3</sup> )	Kogus vaiu kokku (tk)	Ülekulu koefitsent betoonil	Ühele vaiale arvestatud betoon (m <sup>3</sup> )	Vaia betoon kokku (m <sup>3</sup> )	Karkasse kokku (tk)	Vaiade puurimine kokku päeva ühe agregaadiga	Vaiade puurimine kokku päeva nelja agregaadiga
880	18	10,94	350	1,3	14,22	4 978	175	117	30
880	20	12,16	43	1,3	15,81	680	21	14	4
1 180	23	25,14	73	1,2	30,17	2 202	37	37	10
1 180	25	27,33	320	1,2	32,8	10 495	160	160	40
<b>Kokku</b>			<b>786</b>			<b>18 355</b>	<b>393</b>	<b>328</b>	<b>84</b>

Tegemist on lõikuvatest vaiadest seinaga ja sellepärast tuleb täpselt jälgida vaiade rajamise järjekorda. Esimesena tehakse primaarsed vaiad ehk armatuurita 1, 5 ja 9 vai ning peale seda 3, 7 ja 11 vai. Peale nende vaiade tegemist saab puurida alles esimesed sekundaarsed ehk armeeringuga vaiad 2, 6, 10 ja 4, 8. Samasuguse põhimõttega tuleb puurida kogu vaisein. Jälgida tuleb seda, et primaarsete vaiade kõrvale puuritavaid sekundaarseid vaiu ei tehta hiljem, kui 48 tundi, et vaia betoon ei kivineks liiga tugevaks.

Porto Franco objektil puurib vaiseina kuni neli puuragregaati. Puuragregaatideks on Bauer BG40, 2 \* BG36 ja BG30. Ühe puuragregaadi meeskonda kuulub tavaliselt operaator ning 2 abitöölisi. Vaiseina rajamine on nähtav joonisel 6.2. Tootlikkuseks päevas võiks arvestada 880 mm vaiale 60 jm ja 1 180 mm vaiale 45 jm. Tootlikkus ühele agregaadile on päevas 3 \* 880 mm, pikkus kuni 20 meetrit või 2 \* 1 180 mm, pikkus kuni 25 meetrit. Masinaid teenindab kuni 2 betoonipumpa. Kahele puuragregaadile on vaja minimaalselt 1 betoonipump. Betoonipumpadeks on Cifa K2-X-32 tootlikkusega  $143 \frac{m^3}{h}$ , täpsed pumpade tööraadiused on toodud joonisel 6.3. Kui võtame 1 180 mm vaia pikkusega 25 jm, siis sellele vaiale läheb 32 m<sup>3</sup> betooni ehk kokku tuleb betoon ehitusplatsile tuua 4,5 segurautoga, kandevõimega 7 m<sup>3</sup> masin. Betoon tuuakse HC Betooni AS Maardu tehastest 17 km kauguselt või Laagri tehastest, 16 km kauguselt. Mõlemast tehastest on sõiduaeg objektile kuni 30 minutit.



Joonis 6.2 Vaiseina rajamine



Joonis 6.3 Betoonipumba Cifa K2-X-32 tööraadiused

<https://www.lectura-specs.com/en/datasheet-viewer/13406>

Puuragregaat liigub puuritava vaia asukohale. Agregaat puurib manteloru elemendi pikkusega sisse, mis antud objektile on kuni 5 meetrit ja peale seda puuritakse manteloru teleskoopse puurvarda otsas oleva spiraalpuuriga seest tühjaks. Antud protsessi jätkatakse kuni jõutakse manteloriga projektijärgse sügavuseni. Vaia sügavust kontrollitakse nii visuaalselt, kui ka puuragregadi digitaalse sügavusloenduriga. Vaia vertikaalsust jälgitakse mantelorude sisestamisel käsiloodiga ja puuragregadi digitaalloodiga. Antud objektilt puuritakse vaiad kihtidesse 7 - liivad või 8 - sinisavi. Kui sügavus on saavutatud, siis tõstetakse spiraalpuur välja ning primaarsel vaial alustatakse kohe betoneerimisega. Betoneerimistorud ühendatakse omavahel kokku ning tõstetakse puuragregadi abivintsiga puuraugu põhja. Betoneeritakse betoneerimistorudega alt ülesse ning järkjärgult võetakse mantelorusid välja puuragregadiga. Kui betoon on maapinnaga tasa pumbatud, siis eemaldatakse mantelorusid täielikult. Sellega on primaarse vaia tegemine lõpetatud. Sekundaarse vaia tegemisel tõstetakse puuragregadi abivintsiga armatuurkarkass ettevaatlikult peale spiraalpuuri eemaldamist manteloru põhja ning algab samasugune protsess nagu eelnevalt primaarsel vaial.

Primaarsetel vaiadel kasutatakse objektile C15/20 XC2 betooni ja sekundaarsetel vaiadel betooni C25/30 XC2. Tehasest tulev betoon tuleb ära kasutada maksimaalselt 2 tunni jooksul, kuna tsement hakkab teatud aja möödudes tarduma ning kivinev segu ei ole enam paigaldatav. Kõikide objektile tulevate segurautode saatelehed tuleb kontrollida veendumaks, et tarnitud betoonisegu vastab tellitule. Korra päevas võetakse tarnitud betoonist katsekehad survetugevuse hindamiseks laboris. Vaiade betooni ei vibreerita, sest värske vaia betoonkehasse võib kukkuda pinnasetükke või kive. Vee lisamine betoonile on keelatud. Töödeldavuse parandamiseks kasutatakse tehase poolt sertifitseeritud plastifikaatoreid. Keskmiselt võtab ühe 7 m<sup>3</sup> segurauto tühjendamine objektile aega 15 minutit. Talvel betoneerides tuleb vältida värskest paigaldatud betooni temperatuuri langemist alla 0 °C kraadi. Võib tekkida oht betooni külmumisele ning see toob kaasa betooni struktuuri kahjustumise ja survetugevuse vähenemise. Betoon peab saavutama kriitilise tugevuse 5 MPa enne külmumist. Vajadusel kaetakse värskest betoneeritud vaiad ehitusvillaga, et kaitsta neid külmumise eest.

Vaiade armeerimiseks kasutatakse armatuurterast B500B. Armatuurkarkassi läbimõõt on 880 mm vaial 750 mm ning 1 180 mm vaial 1 050 mm. Armatuurid on tehasetoode ning neil on vastavad sertifikaadid. Armatuurkarkassid on eelnevalt tehases valmistatud, 18 meetrist ja tarnitakse objektile ühe tervikuna ning pikemad kui 18 meetrit 12 meetriste elementidena. Elemendid ühendatakse omavahel objektile trossiklambritega. Objektile kontrollitakse nii visuaalselt kui mõõtelindiga karkassi valmistamist ning vastavust sertifikaatidele ja projektile. Talvel armeerides tuleb karkassid enne paigaldamist puhastada lumest ja jääst.

Betoonisegurite arvutus

Betoonipumba pideva töö tagamiseks vajalik betoonisegurite arv määratakse valemiga:

$$N_a = \left( \frac{Q_e * (t_1 + t_2)}{60 * V} \right) + 1 \quad (\text{valem 6.1.})$$

kus

$Q_e$  – betoonipumba tootlikkus,  $\frac{m^3}{h}$ ;

$V$  – betooniseguri trumli kasulik maht,  $m^3$ ;

$t_1$  – betooniseguri täitmise aeg (10 minutit) ja tühjendamise aeg (15 minutit);

$t_2$  – betooniseguri sõiduaeg betoonitehasest ehitusplatsile ja tagasi, min.

$$t_2 = \frac{120 * L}{V_k} \quad (\text{valem 6.2.})$$

kus

$L$  – teekonna pikkus betoonitehasest ehitusplatsile, 17 km;

$V_k$  – betooniseguri keskmine liikumiskiirus,  $\frac{km}{h}$  ( $30 \frac{km}{h}$ ).

Betoonipumba tootlikkus  $21 \frac{m^3}{h}$

$$t_2 = \frac{120 * 17}{30} = 68 \text{ minutit}$$

$$N_a = \left( \frac{21 * (25 + 68)}{60 * 7} \right) + 1 = 5,65$$

Kui ühel päeval teevad 2 agregaat näiteks 4 \* 1 180 mm vaia, kogumahuks 131  $m^3$ , siis kokku tuleb sõite  $\frac{131m^3}{7m^3} = 18$  sõitu. Probleemideta ja seisakuteta betoneerimise tagab 6 betoonisegurit.

Vaiseina vaiadel terviklikkust ei kontrollita, sest vaisein koosneb lõikuvatest vaiadest ning kontrollimisel impulssmeetodil realistlikke tulemusi ei saada.

Vastavalt vaiseina valmimisele alustatakse Poordi ja Laeva täna nurgast kaevetöödega, et saaks rajada esimese rea ankrud kõrgusmärgil abs -0,5 ehk maapinnalt -3,15 meetrit. Rajatakse injektsioonankrute tegemiseks sobiv tasapind. Kasutan kaevetööde arvutamiseks RATU [20] ajanorme. Kaevetööde klassiks võtan K2 ning nende järgi teen arvutused. Kogu vaiseina sees oleva maa-ala pindala on 26 750  $m^2$ . Kaevetöödeks esimese tasapinnani kasutatakse 4 Liebherr hüdraulilist roomikekskavaatorit kaaluga kuni 25 tonni. Pinnas veetakse Harku karjääri, mis asub 12 km kaugusel. Veoauto sõiduaeg edasi tagasi on kokku 35 minutit. Pinnas veetakse minema autodega MAN 33.403 DFK, mille kandevõime on 14 tonni ning ligikaudselt viib üks auto korraga ära 9,3  $m^3$  pinnast. Üks veoauto veab tunnis kuni 1,71 koormat. Päevas suudab

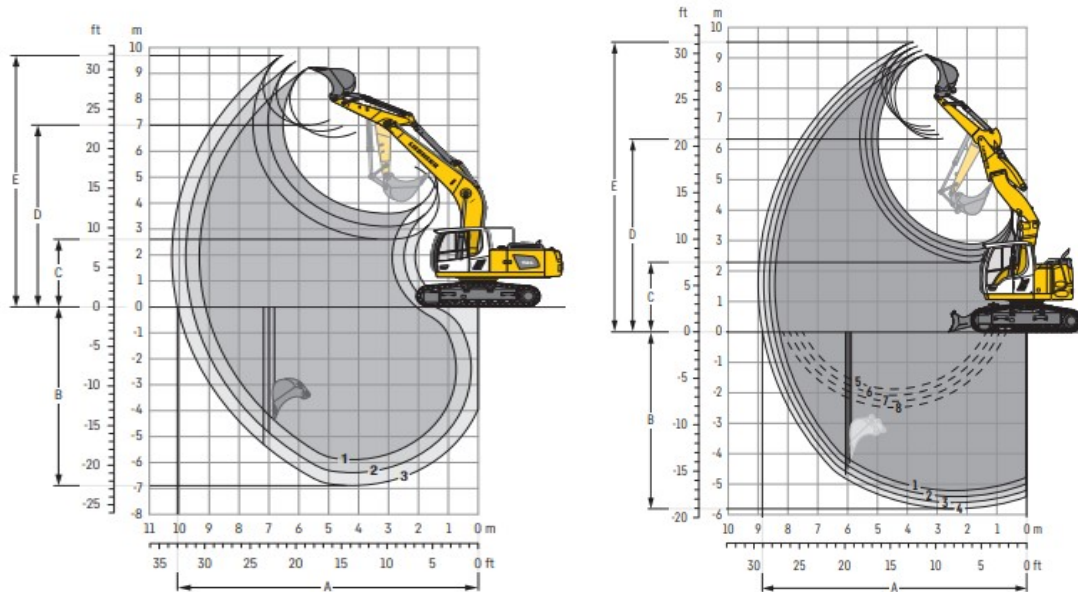
üks veoauto teha kuni 14 sõitu ehk  $14 * 9,3 \text{ m}^3 = 130,2 \text{ m}^3$ . Väljakaeve veol osaleb kuni 20 veoautot. Kokku on kaevatava pinnase maht  $26\,750 \text{ m}^2 * 3,15 \text{ m} = 84\,263 \text{ m}^3$ . Parandusteguri võtame pinnasele  $\gamma_1 = 1,1$  ja algkobedusteguri  $k_1 = 1,35$ .  $84\,263 \text{ m}^3 * 1,1 * 1,35 = 125\,130 \text{ m}^3$  pinnast tuleb objektilt ära teisaldada. Üks roomikekskavaator suudab tunnis laadida kuni 7-le veoautole pinnase ehk maksimaalselt jõuab laadida  $7 * 9,3 \text{ m}^3 = 65,1 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ . Ühte roomikekskavaatorit teenendab kuni 5 veoautot. Kokku võtab kaeviku kaevamine maapinnalt kuni -3,15 sügavuseni 60 päeva. Tabelis 6.2 on toodud kaeve tööjõukulu arvutused HA-1 ja tabelis 6.3 on toodud HA-1 tehnoloogilised arvutused. Joonisel 6.4 on toodud kuni 25 tonniste roomikekskavaatorite tööraadiused.

Tabel 6.2 Kaeve tööjõukulu arvutused HA-1

Jrk nr	Töö nimetus	Ühik	Ajanorm	Normatiivne tööjõukulu	
				Haardealade kaupa	
				1	
				Ühikuid	in-h mas-h
1	2	3	4		
<b>1</b>	<b>Ehituskaeviku kaevamine</b>				
1.1	Ettevalmistustööd ja mahamärkimine	m <sup>2</sup>	0,04	26 750	1 070
1.2	Kaevamine maapinnalt kuni kõrguseni - 3,15	m <sup>3</sup>	65,1	125 130	1 922
1.3	Kaevatud pinnase vedu 12 km kaugusele karjääri	m <sup>3</sup>	15,9	125 130	7 870
<b>1</b>	<b>Ehituskaeviku kaevamine kokku</b>		in-h		1 070
			mas-h		9 792
			in-vah		134
			mas-vah		1 224

Tabel 6.3 Kaeve tehnoloogilised arvutused HA-1

Jrk nr	Töö nimetus	Töölise/masinate		Haardealade kaupa			Validud kestus vah
		Eriala/mark	Arv	Normatiivne		Normi täitmise tegur	
				Tööjõukulu	Kestus		
				in-vah	Vahetus		
1	2	3	4	5.1	5.2	5.3	5.4
1	Kaevetööd	Abitöoline kaevetöödel	2	134	66,88	1,11	60
		Liebherr roomikeksavaator	4	240	60,07	1,00	
		MAN veoauto	20	984	49,19	0,82	



Joonis 6.4 Kuni 25 tonniste roomikekskavaatorite tööraadiused R924 ja R914

<https://www.liebherr.com/external/products/products-assets/10960190-f977-4ae4-b2e3-795ac9cdc573/R914Compact-Tier4Final-US-PI-2022-05.pdf>

<https://www.liebherr.com/external/products/products-assets/3d389027-2c41-464f-8f8d-9dedbf795079/R924-Tier4Final-US-PI-2022-09.pdf>

Kui kaevetöödega on alustatud ning vaiseina äärest Laeva tänaval on 10 meetrit kaevatud sügavuseni -3,15 m maapinnast, siis alustatakse injektsoonankrute puurimisega. Eelnevalt puuritakse läbi vaiseina avad teemantpuurimisega. Injektsoonankruid puuritakse esimeses reas 2 puuragregaadiga, Klemm KR806 - 3D ja Klemm KR802 - 1. Ühe puuragregaadi meeskonda kuulub operaator ning kaks abitöölist. Antud puurmasinad võimaldavad kasutada kuni nelja meetri pikkuseid puurvardaid. Agregaadid ei oma mingeid seire- ega mõõtevahendeid rajatava ankru või mikrovaia vertikaal- või horisontaalnurga fikseerimiseks ja jälgimiseks. Vertikaalnurga määramiseks kontrollib masina operaator iga ankru süvistamise alguses ja vajadusel süvistamise jooksul puurmasti ja ankruvarda nurka spetsiaalse nurgamõõtjaga, ankruvarda ja puuragregaadi masti horisontaalnurka hindab operaator visuaalselt. Läbindamise kiirus on varieeruv sõltudes nii pinnaseomadustest, kui ankruvarda ja puurotsiku läbimõõdust. Orienteeruvalt on puurimise jõudlus 100 - 300 meetrit päevas. Esimeses reas kasutatakse injektsoonankruid R76 pikkusega kuni 30 meetrit. Antud geoloogilises läbilõikes on nõrgad liivased pinnased ning päevane jõudlus ühel masinal on keskmiselt 240 meetrit ehk 8 ankrut päevas. Tabelis 6.4 on toodud esimese rea injektsoonankrute mahud.

Tabel 6.4 Esimese rea injektsioonankrute mahud

Ankru tüüp	Pikkus (m)	Kogus ankruid kokku	Ankrute puurimine kokku päeva ühe agregaadiga	Pingestamine päevas
R76-8	24	73	9	15
R76-10	28	36	5	15
R76-12	30	161	20	15
<b>Kokku</b>			<b>34</b>	

Ankru rajamisel läbi mitme pinnasekihi jätkatakse süvistamist senikaua, kuni puurmasina operaator on veendunud, et pinnaseankur ulatub projektis ettenähtud pinnasekihti. Homogeense pinnase korral süvistatakse ankur projektis ettenähtud pikkusega. Pinnaseankru süvistamisel kasutatakse tsementlahu pumpamiseks segumikserit MAT IPC – 60 - E. Lahu pumbatakse puurimise ajal ümber ankruvarda ja puurotsiku. Tsementlahu pumbatakse pinnasesse läbi puurvarda ja –otsiku avade. Tsementlahu valmistamiseks kasutatakse portland-komposiittsementi CEM II / AM (S,L) 42,5 N. Vesitsementtegur tsemendi valmistamisel on 0,45 - 0,5 (160 kg tsementi 75 liitri vee kohta). Tsementkeha on vajalik, et ankur saavutaks vahetu kontakti pinnasega ja koormamisel tekkiks hõõrdejõud ankrude ja pinnase vahel. Tekkiva tsementkeha läbimõõt on minimaalselt võrdne puurotsiku läbimõõduga. Kuna puurseadmel ja tsemendipumbal puudub tsemendi kulu arvestamiseks vajalikud mõõteseadmed, määratakse kulunud tsemendi kogus peale igat pinnaseankru rajamist. Tsementlahu pumpamise surve on kuni 100 bar. Pumpamise surve sõltub pinnase vee juhtivusest. Mida pikem on tsemendi transpordiks pumbast pinnaseankruni paigaldatud voolikuliin ja mida pikem või sügavam on pinnaseankur, seda suurem peab olema surve. Tsement pumbatakse ankruvarda ümber ankrude süvistamise lõppstaadiumis, kui on puuritud kuni  $\frac{2}{3}$  pinnaseankru kogupikkusest. Eelnevalt süvistatakse ankur kasutades lahjat tsementlahu või survevett, mis aitab puurpeal pinnast purustada ja purustatud pinnast ankrust välja kanda. Pinnaseankru varda ümber pumbatakse hiljemalt süvistamise lõpuks kogu varda ulatuses tsementkeha. Veendumaks, et puuritud ava on tsementlahu täis, pumbatakse tsementi seni, kuni tsementlahu pinnaseankru avast hakkab välja voolama. Reeglina voolab tsementlahu avast juba puurimise ajal. Pinnaseankru puurimise lõpetamisega lõpetatakse ka tsementlahu pumpamine.

Külmal ajal valminud pinnaseankruid külma eest kaitsta pole vaja, kuna pinnases on ankur külmumise eest kaitstud. Soovitav on tööd katkestada madalama kui -5 °C kraadise temperatuuri puhul, kuna voolikutes ja puuragregaadi osades võib tsementlahu ja vesi hakata jäätuma.

Ankrute eelpingestamiseks kasutatakse spetsiaalset komplektset pingestusseadet ehk tungrauda. Tungraud koosneb õhneskolviga silindrist, pumbast ja manomeetrist. Esimese rea ankrute eelpingestamisel ja katsetamisel koormatakse tugiseina pinnaseankruid jõuga 650 - 1



190 kN vastavalt varda parameetritele. Enamasti pingutatakse ankrud järjestikku. Tootlikkus R76 ankrute pingestamisel on kuni 15 tk päevas.

Enne eelpingestamist ja katsetamist on vajalik, et ankruvarda ümber pumbatud tsementkeha saaks piisavalt kivineda. Tsementkeha minimaalne kivinemisaeg on 14 päeva. Kõik pingestamiseks vajalikud tungrauad ning mõõtekellad tuleb eelnevalt taadelda.

Puurimisel samade diameetritega ankruid tuleb jälgida, et kasutakse õige seina paksusega vardaid vastavalt projektile. Visuaalselt kontrollitakse vardaid enne puurimist. Kuna tegemist on tehasetootega, siis kõikidele varrastele, muhvidele ning mutritele on sertifikaadid. Objektile toodud tsementi tuleb ilmastiku eest kaitsta objektil koormakattega. Tsemendile esitatakse kontrolliks tehase sertifikaadid, et tõendada vastavust.

Esimese rea ankrute puurimine kestab 2 puuragregaadiga kuni 17 päeva ning neid saab pingestada peale 14 päeva möödumist. Kuna injektsioonankrute rajamine ei ole kriitilise tähtsusega, siis injektsioonankruid puurib ja pingestab sama meeskond ning kaevetöid ankrute rajamine ei sega.

Peale esimese rea ankrute pingestamist saab alustada kaevetöödega -3,15 meetrilt kuni -7,85 meetrini, et rajada antud tasapinnalt injektsioonankrud ja ning hoone vaiad. Rajatakse injektsioonankrute ja vaiatööde tegemiseks sobiv tasapind. Kaevetööd on planeeritud sarnaselt eelmisele osale. Alustatakse Laeva ja Poordi tänava nurgast. Arvutused on tehtud RATU [20] ajanormide järgi. Kaevetöödeks teise tasapinnani kasutatakse 4 Liebherr hüdraulilist roomikekskavaatorit kaaluga kuni 25 tonni. Pinnas veetakse Harku karjääri, mis asub 12 km kaugusel. Veoauto sõiduaeg edasi tagasi on kokku 35 minutit. Pinnas veetakse minema autodega MAN 33.403 DFK, mille kandevõime on 14 tonni ning ligikaudselt viib üks auto korraga ära  $9,3 \text{ m}^3$  pinnast. Üks veoauto veab tunnis kuni  $1,71$  koormat. Päevas suudab üks veoauto teha kuni 14 sõitu ehk  $14 * 9,3 \text{ m}^3 = 130,2 \text{ m}^3$ . Väljakaeve veol osaleb kuni 20 veoautot. Kokku on kaevatava pinnase maht  $26\,750 \text{ m}^2 * 4,7 \text{ m} = 125\,725 \text{ m}^3$ . Parandusteguri võtame pinnasele  $\gamma_1 = 1,1$  ja algkoberdusteguri  $k_1 = 1,35$ .  $125\,725 \text{ m}^3 * 1,1 * 1,35 = 186\,702 \text{ m}^3$  pinnast tuleb objektilt ära teisaldada. Üks roomikekskavaator suudab tunnis laadida kuni 7-le veoautole pinnase ehk maksimaalselt jõuab laadida  $7 * 9,3 \text{ m}^3 = 65,1 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ . Ühte roomikekskavaatorit teenendab kuni 5 veoautot. Kokku võtab kaeviku kaevamine maapinnalt kuni -7,85 sügavuseni 90 päeva. Tabelis 6.5 on toodud kaeve tööjõukulu arvutused HA-2 ja Tabelis 6.6 on toodud HA-2 tehnoloogilised arvutused.

Tabel 6.5 Kaeve tööjõukulu arvutused HA-2

Jrk nr	Töö nimetus	Ühik	Ajanorm	Normatiivne tööjõukulu	
				Haardealade kaupa	
			in-h	mas-h	Ühikuid
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>		
<b>1</b>	<b>Ehituskaeviku kaevamine</b>				
1.1	Ettevalmistustööd ja mahamärkimine	m <sup>2</sup>	0,04	26 750	1 070
1.2	Kaevamine kõrgusel maapinnalt -3,15 kuni -7,85	m <sup>3</sup>	65,1	186 702	2 868
1.3	Kaevatud pinnase vedu 12 km kaugusele karjääri	m <sup>3</sup>	15,9	186 702	11 742
<b>1</b>	<b>Ehituskaeviku kaevamine kokku</b>				
			in-h		1 070
			mas-h		14 610
			in-vah		134
			mas-vah		1 826

Tabel 6.6 Kaeve tehnoloogilised arvutused HA-2

Jrk nr	Töö nimetus	Tööliste/masinate		Haardealade kaupa			Validud kestus vah
		Eriala/mark	Arv	Normatiivne		Normi täitmise tegur	
				Tööjõukulu in-vah mas-vah	Kestus Vahetus		
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5.1</b>	<b>5.2</b>	<b>5.3</b>	<b>5.4</b>
1	Kaevetööd	Abitöoline kaevetöödel	2	134	66,88	0,74	90
		Liebherr roomikeksavaator	4	358	89,62	1,00	
		MAN veoauto	20	1 468	73,39	0,82	

Peale kaevetöid saab alustada teise rea injektsioonankrute puurimisega ning vaiatöödega. Injektsioonankrute rajamine toimub ühe puuragregaadiga KR806 - 3D ning kõik toimub sarnaselt esimesele real. Erinevused on puurimise jõudluses, geotehnilises läbilõikes ning ankrude tüüpidel. Puuritakse 3 tüüpi ankruid GM72 - 30, GM85 - 38 ja GM103 - 52. GM72 - 30 pikkused on kuni 28 meetrit, GM85 - 38 pikkused on kuni 40 meetrit ning GM103 - 52 pikkused kuni 60 meetrit. Tabelis 6.7 on toodud keskmiste pikkustega teise rea ankrute mahud. Injektsioonankrud puuritakse tihedasse peen- ja keskliiva või sinisavisse. Antud geoloogilistes kihtides on GM72 - 30 tootlikkus päevas kuni 150 meetrit ehk 5 ankrut, GM85 - 38 tootlikkus kuni 125 meetrit ehk 3 ankrut päevas ja GM103 - 52 tootlikkus kuni 100 meetrit ehk 2 ankrut päevas. Suuremaid GM103 - 52 ankruid jõuab päevast pingestada kuni 6 tk. Pingestamisejõud jäävad eelpool toodud ankrutel vahemikku 1 800 - 3 200 kN.

Tabel 6.7 Teise rea injektsioonankrute mahud

Ankrude tüüp	Pikkus (m)	Kogus ankruid kokku	Ankrute puurimine kokku päeva ühe agregaadiga	Pingestamine päevas
GM72 - 30	26	194	39	10
GM85 - 38	38	36	12	8
GM103 - 52	52	161	81	6
<b>Kokku</b>			<b>131</b>	

Teise rea ankrute puurimine kestab ühe puuragregaadiga kuni 131 päeva ning neid saab pingestada peale 14 päeva möödumist. Teise rea injektsioonankrute rajamine on kriitilise tähtsusega, et saaks alustada kaevet lõpp sügavuseni. Teise rea ankrutel üks brigaad puurib ning teine brigaad pingestab ankruid.

Kaevamine lõpp sügavusele algab peale Poordi ja Laeva täna nurga injektsioonankrute pingestamist. Kõik toimub sarnaselt eelmistele kaevetöödele. Lisanduvad 2 pika noolega Liebherr roomikekskavaatorit kaaluga 44 tonni, mis kaevavad ette lühema nooltega ekskavaatoritele veoautode laadimiseks ning paigaldavad killustikalust. Joonisel 6.5 on toodud kaevamine kahe pika noolega roomikekskavaatoriga ning joonisel 6.7 on toodud kuni 44 tonniste roomikekskavaatorite tööraadiused. Kasutan sarnaselt eelmistele kaevetele RATU [20] ajanorme. Kaevetööd tehakse -7,85 meetrilt kuni -12,25 meetrini maapinnalt, et rajada killustikalus ning põhjaplaat. Kaevetöödeks kolmanda tasapinnani kasutatakse 4 Liebherr hüdraulilist roomikekskavaatorit kaaluga kuni 25 tonni. Pinnas veetakse Harku karjääri, mis asub 12 km kaugusel. Veoauto sõiduaeg edasi tagasi on kokku 35 minutit. Pinnas veetakse minema autodega MAN 33.403 DFK, mille kandevõime on 14 tonni ning ligikaudselt viib üks auto korraga ära 9,3 m<sup>3</sup> pinnast. Üks veoauto veab tunnis kuni 1,71 koormat. Päevas suudab üks veoauto teha kuni 14 sõitu ehk  $14 * 9,3 \text{ m}^3 = 130,2 \text{ m}^3$ . Väljakaeve veol osaleb kuni 20 veoautot. Kokku on kaevatava pinnase maht  $26\,750 \text{ m}^2 * 4,4 \text{ m} = 117\,700 \text{ m}^3$ . Parandusteguri võtame pinnasele  $\gamma_1 = 1,1$  ja algkoberdusteguri  $k_1 = 1,35$ .  $117\,700 \text{ m}^3 * 1,1 * 1,35 = 174\,785 \text{ m}^3$  pinnast tuleb objektilt ära teisaldada. Üks roomikekskavaator suudab tunnis laadida kuni 7-le veoautole pinnase ehk maksimaalselt jõuab laadida  $7 * 9,3 \text{ m}^3 = 65,1 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ . Ühte roomikekskavaatorit teenendab kuni 5 veoautot. Kokku võtab kaeviku kaevamine maapinnalt kuni -12,25 sügavuseni 84 päeva. Tabelis 6.8 on toodud kaeve tööjõukulu arvutused HA-3 ja Tabelis 6.9 on toodud HA-3 tehnoloogilised arvutused. Joonisel 6.6 on toodud valmis vaisein koos lõpp kaevega.

Tabel 6.8 Kaeve tööjõukulu arvutused HA-3

Jrk nr	Töö nimetus	Ühik	Ajanorm	Normatiivne tööjõukulu	
				Haardealade kaupa	
			in-h	mas-h	3
				Ühikuid	in-h
					mas-h
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>		
<b>1</b>	<b>Ehituskaeviku kaevamine</b>				
1.1	Ettevalmistustööd ja mahamärkimine	m <sup>2</sup>	0,04	26 750	1 070
1.2	Kaevamine kõrgusel maapinnalt -7,85 kuni -12,25	m <sup>3</sup>	65,1	174 785	2 685
1.3	Kaevatud pinnase vedu 12 km kaugusele karjääri	m <sup>3</sup>	15,9	174 785	10 993
<b>1</b>	<b>Ehituskaeviku kaevamine kokku</b>		in-h		1 070
			mas-h		13 678
			in-vah		134
			mas-vah		1 710

Tabel 6.9 Kaeve tehnoloogilised arvutused HA-3

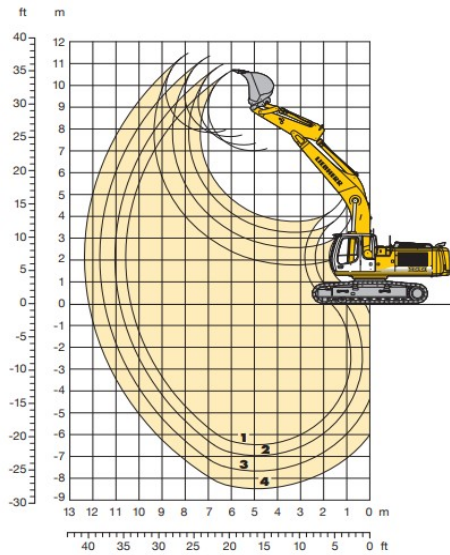
Jrk nr	Töö nimetus	Tööliste/masinate		Haardealade kaupa			Validud kestus vah
		Eriala/mark	Arv	Normatiivne		Normi täitmise tegur	
				Tööjõukulu	Kestus		
				in-vah	Vahetus		
mas-vah							
1	2	3	4	5.1	5.2	5.3	5.4
1	Kaevetööd	Abitööline kaevetöödel	2	134	66,88	0,8	84
		Liebherr roomikeksavaator	4	336	83,90	1,00	
		MAN veoauto	20	1 374	68,70	0,82	



Joonis 6.5 Porto Franco kaevamine lõpp sügavusele kahe pika noolega roomikekskavaatori



Joonis 6.6 Valmis vaisein koos injektioonankrute ning esimese killustikalusega



Joonis 6.7 Kuni 44 tonniste roomikekskavaatorite tööraadiused R944

<https://www.lectura-specs.com/en/datasheet-viewer/6498>

Esimese tehnoloogilise kaardi kestvus kokku on täieliku valmimiseni koos vaiseina, injektsioonankrute ning lõpliku kaevega 260 päeva.

## **6.2 Vundamendi ehitustööd koos injektsioonankrute rajamisega**

### **6.2.1 Üldinfo**

Vundamendi ehitustööd koos injektsioonankrute rajamisega tehnoloogiline kaart on koostatud tööprojekti number B758 Porto Franco I etapp koostaja Estkonsult OÜ [3] järgi. Abimaterjalina on kasutatud kursuseprojekti „Monoliitse raudbetoonkonstruktsioonide püstitamine 2022“, koostaja Irene Lill [19]. Antud peatüki kohta esitatakse joonis vundamendi ehitustööd koos injektsioonankrute rajamisega tehnoloogiline kaart. Betoonitöid tehakse standardi EVS-EN 206:2014 ja EVS-EN 13670:2010 järgi ning injektsioonankruid EVS-EN 1537:2013.

### **6.2.2 Ettevalmistustööd**

Enne põhjaplaadi valu ning injektsioonankrute puurimist tuleb rajada killustikalus 300 mm geotekstiilile ning lõigata hoone vaiad õigele kõrgusele. Killustikaluse ja vaiade kõrgused kontrollitakse geodeedi poolt üle. Vaiseinale lõigatakse vagu ning paigaldatakse tapid betoonplaadile. Kokku on põhjaplaadi ehitus jagatud 34 haardealaks.

### **6.2.3 Tööde tehnoloogiline korraldamine**

Deformatsioonivuuke vundamendi plaati ette nähtud ei ole. Betooni mahukahanemisest tekkivate tõmbepingete vähendamiseks betoneeritakse plaat maleruudustikuna, see tähendab, et järgnev plaadiosa betoneeritakse kivinenud osade vahele. Põhjaplaadi servad toetatakse vaiseinale läbi vaiseina süvistatud vao ja tappide. Põhjaplaadi veekindlus tagatakse üldjuhul 80 cm paksuse betoonplaadiga. Veekindluse tagamiseks on eraldi lahendused ette nähtud põhjaplaadi serva ja vaiseina ühenduskohas, töövuukides, settekaevude ümber, pinnaseankrute ümber ja plaati läbivate veealandustorude läbiviikude ümber. Selleks, et põhjaplaadi ja liidete veekindlus oleks kontrollitud ja kvaliteet tagatud on soovitatav põhjaplaadi peal olev dreniv killustikukiht ja põrandaplaat valada alles pärast seda kui veetaset enam ei kontrollita ja veetase ümber maja on tagasi normaalolukorras.

Ehitamise ajal on soovitatav teostada põhjaplaadi vajumite monitooring. Mõõdistused teostada järgmise sagedusega, esimene vahetult peale põhjaplaadi betoneerimist, edasi kord kuus kogu ehitusaja jooksul, lisaks võiks mõõdistada ka peale iga järgmise korruse valu. Vajalik monitooringu sagedus peale ehitusperioodi lõppu tuleb paika panna projekteerija poolt peale ehitusaegsete mõõdistustulemuste analüüsi.

Põrandaplaati tuleb ette näha maandus. Põhjaplaadi betoonina kasutatakse C30/37 XC2. Sarruse kaitsekiht alapinnas peab olema minimaalselt 40 mm ning ülalpinna ja külgedel

minimaalselt 30 mm. Kasutada tuleb sarrusefiksaatoreid. Armatuurteraseks on B500B. Põhiarmatuuriks on Ø20 sammuga 250 üleval ja all. Ülekate peab olema armatuuril Ø36. Armatuurid on tehase toode ning neile esitatakse vastavad sertifikaadid.

Talvel armeerides tuleb armatuur eelnevalt puhastada lumest ja jääst. Vajadusel tuleb armatuuri eelnevalt soojendada, sest armatuuri ja betooni kokkupuutel võib armatuuri ümber tekkida jää ning selle sulades tekkib veekiht, mis halvendab betooni ning armatuuri naket. Eelnevalt külmunud killustikalusele ning paigaldatud armatuurile paigaldatakse koormakate, mida soojendatakse diiselpuhuritega.

Betoon tuuakse HC Betooni AS Maardu tehasesest 17 km kauguselt või Laagri tehasesest, 16 km kauguselt. Mõlemast tehasesest on sõiduaeg objektile kuni 30 minutit. Tehasesest tulev betoon tuleb ära kasutada maksimaalselt 2 tunni jooksul, kuna tsement hakkab teatud aja möödudes tarduma ning kivinev segu ei ole enam paigaldatav. Kõikide objektile tulevate segurautode saatelehed tuleb kontrollida, et veendumaks tarnitud betoonisegu vastab tellitule. Korra päevas võetakse tarnitud betoonist katsekehad survetugevuse hindamiseks laboris. Vee lisamine betooni on keelatud. Töödeldavuse parandamiseks kasutatakse tehase poolt sertifitseeritud plastifikaatoreid. Betooni tihendamiseks kasutatakse nuivibraatoreid. Keskmiselt võtab ühe 7 m<sup>3</sup> segurauto tühjendamine objektile aega 15 minutit.

Talvel betoneerides tuleb vältida värskelt paigaldatud betooni temperatuuri langemist alla 0 °C kraadi. Võib tekkida oht betooni külmumisele ning see toob kaasa betooni struktuuri kahjustumise ja survetugevuse vähenemise. Betoon peab saavutama kriitilise tugevuse 5 MPa enne külmumist. Tuleb vältida olukorda, et betoon valatakse külmunud pinnale. Raketised peavad olema puhastatud lumest ja jääst. Põhjaplaadi betoneerides talvel kasutatakse soojendusmatte. Suvel kuumaga betoneerides on oht betoonisegu töödeldavuse kiirele vähenemisele ning kuivamisel tekkivatele pragudele. Vee kiire aurustumise vältimiseks tuleks valatud betoon katte koormakattega. Betoneeritud pindasi niisutatakse veega, et vältida pragude teket.

Vaisein ning ka valatud põhjaplaadi haardeala on järgmisele valule raketiseks, et sinna eraldi midagi ei ehitata. Põhjaplaadi raketised ülejäänud osas ehitatakse kohapeal vineerist ning puitprussist. Antud raketised saab ehitada ja paigaldada ilma kraanat kasutamata. Enne vineeri kasutamist betoneerimiseks tuleb see õlitada. Vineeri vahelised ühendused peavad olema piisavalt tihedad, et vältida vee ning betooniosiste kadu.

Betoonplaadi ehitusel kasutatakse rakestajaid, betoneerijaid ning armeerijaid. Betooni paigaldamiseks kasutatakse segurautosid, betoonipumpasid ning nuivibraatoreid. Segurautode vajadus arvutatakse valemiga. Ühe haardeala betoneerimisel on korruga kuni 4 betoonipumpa. Betoonipumpade graafikud on toodud joonisel 6.8 ning massid ja gabariidid joonisel 6.9.

Kasutan vundamendiplaadi ehituse arvutamiseks RATU [20] ajanorme, mis on esitatud tabelis 6.11 põhjaplaadi ehitamise tööjõukulu arvutamine ja tabelis 6.12 põhjaplaadi ehitamise tehnoloogilised arvutused. Tabelis 6.10 on toodud põhjaplaadi ja injektsoonankrute mahud.

Betoonisegurite arvutus

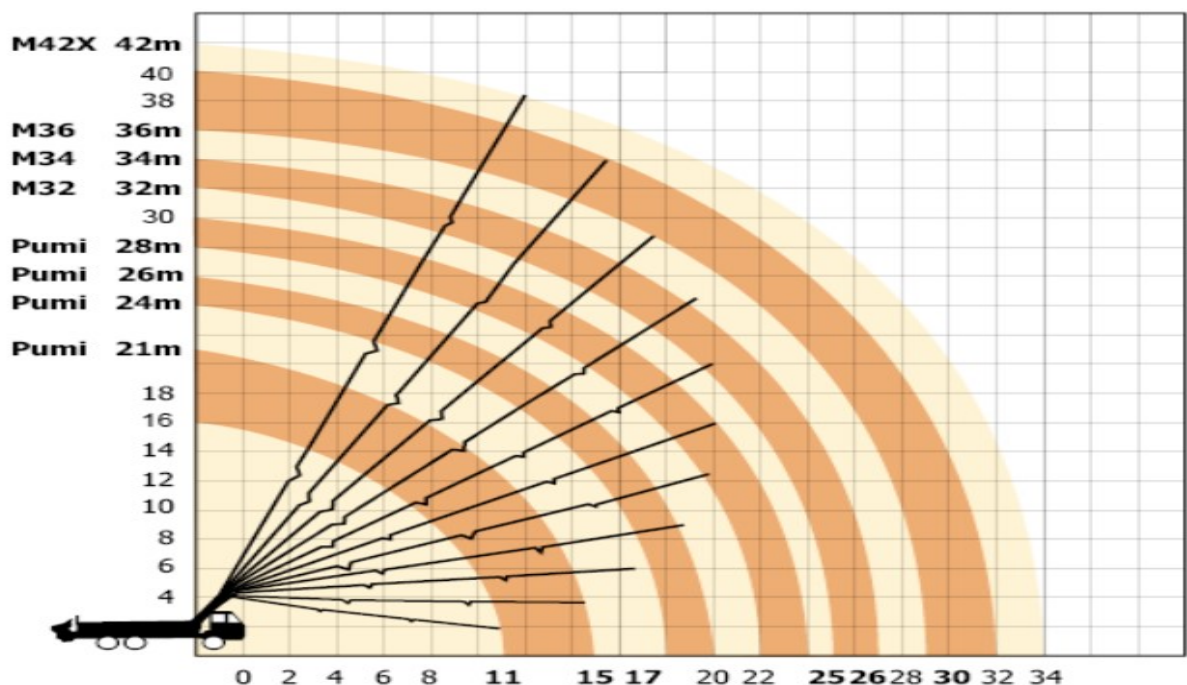
Betoonipumba pideva töö tagamiseks vajalik betoonisegurite arv määratakse valemiga 6.1 ja 6.2.

$$t_2 - \frac{120 * 17}{30} = 68 \text{ minutit}$$

$$N_a = \left( \frac{21 * (25 + 68)}{60 * 7} \right) + 1 = 5,65$$

Kui ühel päeval on kõige suurema haardeala valu  $868 \text{ m}^3$ , siis kokku tuleb sõite  $\frac{868 \text{ m}^3}{7 \text{ m}^3} = 124$  sõitu. Probleemideta ja seisakuteta betoneerimise tagab ühele betoonipumbale 6 betoonisegurit, kui korraga töötab 4 betoonipumpa, siis on vaja kokku 24 segurautot.

## Pumba graafik



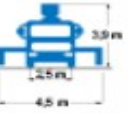
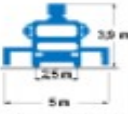



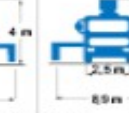


Joonis 6.8 Betoonipumba graafik <https://www.betoon.ee/et/pumba-graafik>



# Massid ja gabariidid

## Tabelid:

Betoonipump	Pumi M21	Pumi M24	Pumi M26	Pumi M28
Masti ulatus ette*	15 m	18 m	20 m	22 m
Tugijalgade koormus	 12 tonni 12 tonni	 18 tonni 18 tonni	 18 tonni 18 tonni	 22,5 tonni 22,5 tonni
Auto pikkus	8,5 m	9,5 m	10 m	12 m
Auto telgede arv	4	4	4	4
Minimaalne kõrgus masti avamiseks	10 m	9 m	7,5 m	9 m
Auto tühikaal	19,5 tonni	18,5 tonni	21 tonni	22 tonni

Betoonipump	Pump M32	Pump M34	Pump M36	Pump M42
Masti ulatus ette*	25 m	27 m	29 m	34 m
Tugijalgade koormus	 8 tonni 10 tonni	 21 tonni 21 tonni	 22 tonni 22 tonni	 24 tonni 24 tonni
Auto pikkus	11 m	12 m	12 m	13 m
Auto telgede arv	3	3	3	4
Minimaalne kõrgus masti avamiseks	8 m	8 m	9 m	10 m
Auto tühikaal	26 tonni	26 tonni	26 tonni	35 tonni

\* masti ulatust ette on arvestatud auto gabariidist

Joonis 6.9 Betoonipumba massid ja gabariidid <https://www.betoon.ee/et/massid-ja-gabariidid>

Vastavalt haardeala asukohale valitakse koostöös betoonitarnijaga sobivad pumbad.

Tabel 6.10 Põhjaplaadi ja injektsioonankrute mahud

Haardeala	Pindala haardealal (m <sup>2</sup> )	Betoonimaht (m <sup>3</sup> )	Raketise pindala (m <sup>2</sup> )	Ankrute arv haardealal (tk)
1	820	656	116,6	30
2	610	488	72,3	23
3	820	656	64,9	24
4	1 060	848	78,8	41
5	900	720	52,9	36
6	830	664	37,6	23
7	600	480	0	18
8	960	768	0	26
9	590	472	48,5	20
10	405	324	57,8	8
11	1 010	808	38,9	34
12	880	704	33,7	28
13	1 010	808	63,4	30
14	1 040	832	63,7	44
15	1 010	808	64	38
16	1 085	868	31,2	37
17	730	584	54,3	28
18	680	544	52,5	25
19	700	560	52,2	22
20	670	536	28,8	22
21	750	600	79,8	25
22	790	632	31,2	28
23	760	608	54,3	30
24	650	520	22,9	20
25	790	632	56,4	31
26	750	600	54,6	28
27	760	608	54,3	32
28	490	392	15,6	16
29	790	632	56,4	28
30	780	624	22,6	14
31	740	592	54,6	28
32	600	480	18,5	15
33	1 060	848	38,4	30
34	630	504	0	10
<b>Kokku</b>	<b>26 750</b>	<b>21 400</b>	<b>1 571,70</b>	<b>892</b>

Tabel 6.11 Põhjaplaadi ehitamise tööjõukulu arvutused

Jrk nr	Töö nimetus	Ühik	Ajanorm	Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu	
				Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa	
				1		2		3		4	
				in-h	mas-h	Ühikuid	in-h	Ühikuid	in-h	Ühikuid	in-h
1	2	3	4	5.1	6.1	5.2	6.2	5.3	6.3	5.4	6.4
<b>1</b>	<b>Rakestamine</b>										
1.1	Raketise määrimine õliga	m <sup>2</sup>	0,08	116,60	9,33	72,30	5,78	64,90	5,19	78,80	6,30
1.2	Mõõdistustöö	m <sup>2</sup>	0,02	116,60	2,68	72,30	1,66	64,90	1,49	78,80	1,81
1.3	Sarrusvõrkude paigaldamine ja sidumine - 20 mm armatuur, 4,2 in-h/1000 kg	t	4,20	85,28	358,18	63,44	266,45	85,28	358,18	110,24	463,01
1.4	Kraanaga tõste armatuuril	t	0,30	85,28	25,58	63,44	19,03	85,28	25,58	110,24	33,07
1.5	Raketise ehitus ja paigaldus	m <sup>2</sup>	0,18	116,60	20,99	72,30	13,01	64,90	11,68	78,80	14,18
<b>1</b>	<b>Rakestamine kokku</b>										
			in-h		391,17		286,91		376,54		485,31
			mas-h		25,58		19,03		25,58		33,07
			in-vah		48,90		35,86		47,07		60,66
			mas-vah		3,20		2,38		3,20		4,13
<b>2</b>	<b>Betoneerimine</b>										
2.1	Betooni pumpamine pumbaga objektile	m <sup>3</sup>	0,10	656,00	65,60	488,00	48,80	656,00	65,60	848,00	84,80
2.2	Betooni laotamine ja vibreerimine	m <sup>3</sup>	3,00	656,00	218,67	488,00	162,67	656,00	218,67	848,00	282,67
<b>1</b>	<b>Betoneerimine kokku</b>										
			in-h		218,67		162,67		218,67		282,67
			mas-h		65,60		48,80		65,60		84,80
			in-vah		27,33		20,33		27,33		35,33
			mas-vah		8,20		6,10		8,20		10,60
<b>3</b>	<b>Lahtirakestamine</b>										
3.1	Raketise lahtivõtmine	m <sup>2</sup>	0,20	116,60	23,32	72,30	14,46	64,90	12,98	78,80	15,76
<b>1</b>	<b>Lahtirakestamine kokku</b>										
			in-h		23,32		14,46		12,98		15,76
			mas-h		0,00		0,00		0,00		0,00
			in-vah		2,92		1,81		1,62		1,97
			mas-vah		0,00		0,00		0,00		0,00

Tabel 6.11 Põhjaplaadi ehitamise tööjõukulu arvutused järg

Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu	
Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa	
5		6		7		8		9		10		11	
Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h
5.5	6.5	5.6	6.6	5.7	6.7	5.8	6.8	5.9	6.9	5.10	6.10	5.11	6.11
52,90	4,23	37,60	3,01	0,00	0,00	0,00	0,00	48,50	3,88	57,80	4,62	38,90	3,11
52,90	1,22	37,60	0,86	0,00	0,00	0,00	0,00	48,50	1,12	57,80	1,33	38,90	0,89
93,60	393,12	86,32	362,54	62,40	262,08	99,84	419,33	61,36	257,71	42,12	176,90	105,04	441,17
93,60	28,08	86,32	25,90	62,40	18,72	99,84	29,95	61,36	18,41	42,12	12,64	105,04	31,51
52,90	9,52	37,60	6,77	0,00	0,00	0,00	0,00	48,50	8,73	57,80	10,40	38,90	7,00
	408,09		373,18		262,08		419,33		271,44		193,26		452,18
	28,08		25,90		18,72		29,95		18,41		12,64		31,51
	51,01		46,65		32,76		52,42		33,93		24,16		56,52
	3,51		3,24		2,34		3,74		2,30		1,58		3,94
720,00	72,00	664,00	66,40	480,00	48,00	768,00	76,80	472,00	47,20	324,00	32,40	808,00	80,80
720,00	240,00	664,00	221,33	480,00	160,00	768,00	256,00	472,00	157,33	324,00	108,00	808,00	269,33
	240,00		221,33		160,00		256,00		157,33		108,00		269,33
	72,00		66,40		48,00		76,80		47,20		32,40		80,80
	30,00		27,67		20,00		32,00		19,67		13,50		33,67
	9,00		8,30		6,00		9,60		5,90		4,05		10,10
52,90	10,58	37,60	7,52	0,00	0,00	0,00	0,00	48,50	9,70	57,80	11,56	38,90	7,78
	10,58		7,52		0,00		0,00		9,70		11,56		7,78
	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
	1,32		0,94		0,00		0,00		1,21		1,45		0,97
	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00

Tabel 6.11 Põhjaplaadi ehitamise tööjõukulu arvutused järg

Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu	
Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa	
12		13		14		15		16		17		18	
Ühikuid	in-h	Ühikuid	in-h	Ühikuid	in-h	Ühikuid	in-h	Ühikuid	in-h	Ühikuid	in-h	Ühikuid	in-h
	mas-h		mas-h		mas-h		mas-h		mas-h		mas-h		mas-h
5.12	6.12	5.13	6.13	5.14	6.14	5.15	6.15	5.16	6.16	5.17	6.17	5.18	6.18
33,70	2,70	63,40	5,07	63,70	5,10	64,00	5,12	31,20	2,50	54,30	4,34	52,50	4,20
33,70	0,78	63,40	1,46	63,70	1,47	64,00	1,47	31,20	0,72	54,30	1,25	52,50	1,21
91,52	384,38	105,04	441,17	108,16	454,27	105,04	441,17	112,84	473,93	75,92	318,86	70,72	297,02
91,52	27,46	105,04	31,51	108,16	32,45	105,04	31,51	112,84	33,85	75,92	22,78	70,72	21,22
33,70	6,07	63,40	11,41	63,70	11,47	64,00	11,52	31,20	5,62	54,30	9,77	52,50	9,45
	393,92		459,11		472,30		459,28		482,76		334,23		311,88
	27,46		31,51		32,45		31,51		33,85		22,78		21,22
	49,24		57,39		59,04		57,41		60,34		41,78		38,99
	3,43		3,94		4,06		3,94		4,23		2,85		2,65
704,00	70,40	808,00	80,80	832,00	83,20	808,00	80,80	868,00	86,80	584,00	58,40	544,00	54,40
704,00	234,67	808,00	269,33	832,00	277,33	808,00	269,33	868,00	289,33	584,00	194,67	544,00	181,33
	234,67		269,33		277,33		269,33		289,33		194,67		181,33
	70,40		80,80		83,20		80,80		86,80		58,40		54,40
	29,33		33,67		34,67		33,67		36,17		24,33		22,67
	8,80		10,10		10,40		10,10		10,85		7,30		6,80
33,70	6,74	63,40	12,68	63,70	12,74	64,00	12,80	31,20	6,24	54,30	10,86	52,50	10,50
	6,74		12,68		12,74		12,80		6,24		10,86		10,50
	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
	0,84		1,59		1,59		1,60		0,78		1,36		1,31
	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00

Tabel 6.11 Põhjaplaadi ehitamise tööjõukulu arvutused järg

Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu	
Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa	
19		20		21		22		23		24		25	
Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h
5.19	6.19	5.20	6.20	5.21	6.21	5.22	6.22	5.23	6.23	5.24	6.24	5.25	6.25
52,20	4,18	28,80	2,30	79,80	6,38	31,20	2,50	54,30	4,34	22,90	1,83	56,40	4,51
52,20	1,20	28,80	0,66	79,80	1,84	31,20	0,72	54,30	1,25	22,90	0,53	56,40	1,30
72,80	305,76	69,68	292,66	78,00	327,60	82,16	345,07	79,04	331,97	67,60	283,92	82,16	345,07
72,80	21,84	69,68	20,90	78,00	23,40	82,16	24,65	79,04	23,71	67,60	20,28	82,16	24,65
52,20	9,40	28,80	5,18	79,80	14,36	31,20	5,62	54,30	9,77	22,90	4,12	56,40	10,15
	320,53		300,81		350,18		353,90		347,33		290,40		361,03
	21,84		20,90		23,40		24,65		23,71		20,28		24,65
	40,07		37,60		43,77		44,24		43,42		36,30		45,13
	2,73		2,61		2,93		3,08		2,96		2,54		3,08
560,00	56,00	536,00	53,60	600,00	60,00	632,00	63,20	608,00	60,80	520,00	52,00	632,00	63,20
560,00	186,67	536,00	178,67	600,00	200,00	632,00	210,67	608,00	202,67	520,00	173,33	632,00	210,67
	186,67		178,67		200,00		210,67		202,67		173,33		210,67
	56,00		53,60		60,00		63,20		60,80		52,00		63,20
	23,33		22,33		25,00		26,33		25,33		21,67		26,33
	7,00		6,70		7,50		7,90		7,60		6,50		7,90
52,20	10,44	28,80	5,76	79,80	15,96	31,20	6,24	54,30	10,86	22,90	4,58	56,40	11,28
	10,44		5,76		15,96		6,24		10,86		4,58		11,28
	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
	1,31		0,72		2,00		0,78		1,36		0,57		1,41
	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00

Tabel 6.11 Põhjaplaadi ehitamise tööjõukulu arvutused järg

Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu	
Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa	
26		27		28		29		30		31		32	
Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h
5.26	6.26	5.27	6.27	5.28	6.28	5.29	6.29	5.30	6.30	5.31	6.31	5.32	6.32
54,60	4,37	54,30	4,34	15,60	1,25	56,40	4,51	22,60	1,81	54,60	4,37	18,50	1,48
54,60	1,26	54,30	1,25	15,60	0,36	56,40	1,30	22,60	0,52	54,60	1,26	18,50	0,43
78,00	327,60	79,04	331,97	50,96	214,03	82,16	345,07	81,12	340,70	76,96	323,23	62,40	262,08
78,00	23,40	79,04	23,71	50,96	15,29	82,16	24,65	81,12	24,34	76,96	23,09	62,40	18,72
54,60	9,83	54,30	9,77	15,60	2,81	56,40	10,15	22,60	4,07	54,60	9,83	18,50	3,33
	343,05		347,33		218,45		361,03		347,10		338,68		267,32
	23,40		23,71		15,29		24,65		24,34		23,09		18,72
	42,88		43,42		27,31		45,13		43,39		42,34		33,41
	2,93		2,96		1,91		3,08		3,04		2,89		2,34
600,00	60,00	608,00	60,80	392,00	39,20	632,00	63,20	624,00	62,40	592,00	59,20	480,00	48,00
600,00	200,00	608,00	202,67	392,00	130,67	632,00	210,67	624,00	208,00	592,00	197,33	480,00	160,00
	200,00		202,67		130,67		210,67		208,00		197,33		160,00
	60,00		60,80		39,20		63,20		62,40		59,20		48,00
	25,00		25,33		16,33		26,33		26,00		24,67		20,00
	7,50		7,60		4,90		7,90		7,80		7,40		6,00
54,60	10,92	54,30	10,86	15,60	3,12	56,40	11,28	22,60	4,52	54,60	10,92	18,50	3,70
	10,92		10,86		3,12		11,28		4,52		10,92		3,70
	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
	1,37		1,36		0,39		1,41		0,57		1,37		0,46
	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00

Tabel 6.11 Põhjaplaadi ehitamise tööjõukulu arvutused järg

Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu	
Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa	
33		34		Kokku	
Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h
5.33	6.33	5.34	6.34	7	8
38,40	3,07	0,00	0,00	1 571,70	125,74
38,40	0,88	0,00	0,00	1 571,70	36,15
110,24	463,01	65,52	275,18	2 782,00	11 684,40
100,24	30,07	65,52	19,66	2 772,00	831,60
38,40	6,91	0,00	0,00	1 571,70	282,91
	473,88		275,18		12 129,19
	30,07		19,66		831,60
	59,23		34,40		1 516,15
	3,76		2,46		103,95
848,00	84,80	504,00	50,40	21 400,00	2 140,00
848,00	282,67	504,00	168,00	21 400,00	7 133,33
	282,67		168,00		7 133,33
	84,80		50,40		2 140,00
	35,33		21,00		891,67
	10,60		6,30		267,50
38,40	7,68	0,00	0,00	1 571,70	314,34
	7,68		0,00		314,34
	0,00		0,00		0,00
	0,96		0,00		39,29
	0,00		0,00		0,00



Tabel 6.12 Põhjaplaadi ehitamise tehnoloogilised arvutused

Jrk nr	Töö nimetus	Eriala/mark	Arv	Haardealade kaupa				Haardealade kaupa			
				1				2			
				Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus
				Tööjõukulu in-vah	Kestus vah			Tööjõukulu in-vah	Kestus vah		
				mas-vah	vah			mas-vah	vah		
1	2	3	4	5.1	5.2	5.3	5.4	6.1	6.2	6.3	6.4
1	Raketise ehitamine	Kraana Liebherr	1	3,20	3,20	0,40	8	2,38	2,38	0,40	6
		Rakestaja	6	48,90	8,15	1,02		35,86	5,98	1,00	
2	Betoneerimine	Betoonipump	4	8,20	2,05	1,03	2	6,10	1,53	1,02	1,50
		Betoneerija	12	27,33	2,28	1,14		20,33	1,69	1,13	
3	Lahtirakestamine	Rakestaja	2	2,92	1,46	0,73	2	1,81	0,91	0,91	1

Tabel 6.12 Põhjaplaadi ehitamise tehnoloogilised arvutused järg

Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				Haardealade kaupa			
3				4				5			
Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus
Tööjõukulu in-vah	Kestus			Tööjõukulu in-vah	Kestus			Tööjõukulu in-vah	Kestus		
mas-vah	vah			mas-vah	vah			mas-vah	vah		
7.1	7.2	7.3	7.4	8.1	8.2	8.3	8.4	9.1	9.2	9.3	9.4
3,20	3,20	0,40	8	4,13	4,13	0,41	10	3,51	3,51	0,44	8
47,07	7,85	0,98		60,66	10,11	1,01		51,01	8,50	1,06	
8,20	2,05	1,03	2	10,60	2,65	1,06	2,50	9,00	2,25	0,90	2,50
27,33	2,28	1,14		35,33	2,94	1,18		30,00	2,50	1,00	
1,62	0,81	0,81	1	1,97	0,99	0,99	1	1,32	0,66	0,66	1

Tabel 6.12 Põhjaplaadi ehitamise tehnoloogilised arvutused järg

Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				Haardealade kaupa			
6				7				8			
Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus
Tööjõukulu in-vah	Kestus			Tööjõukulu in-vah	Kestus			Tööjõukulu in-vah	Kestus		
mas-vah	vah			mas-vah	vah			mas-vah	vah		
<b>10.1</b>	<b>10.2</b>	<b>10.3</b>	<b>10.4</b>	<b>11.1</b>	<b>11.2</b>	<b>11.3</b>	<b>11.4</b>	<b>12.1</b>	<b>12.2</b>	<b>12.3</b>	<b>12.4</b>
3,24	3,24	0,41	8	2,34	2,34	0,39	6	3,74	3,74	0,42	9
46,65	7,78	0,97		32,76	5,46	0,91		52,42	8,74	0,97	
8,30	2,08	1,04	2,00	6,00	1,50	1,00	1,50	9,60	2,40	0,96	2,50
27,67	2,31	1,15		20,00	1,67	1,11		32,00	2,67	1,07	
0,94	0,47	0,47	1	0,00	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0

Tabel 6.12 Põhjaplaadi ehitamise tehnoloogilised arvutused järg

Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				Haardealade kaupa			
9				10				11			
Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus
Tööjõukulu in-vah	Kestus			Tööjõukulu in-vah	Kestus			Tööjõukulu in-vah	Kestus		
mas-vah	vah			mas-vah	vah			mas-vah	vah		
<b>13.1</b>	<b>13.2</b>	<b>13.3</b>	<b>13.4</b>	<b>14.1</b>	<b>14.2</b>	<b>14.3</b>	<b>14.4</b>	<b>15.1</b>	<b>15.2</b>	<b>15.3</b>	<b>15.4</b>
2,30	2,30	0,38	6	1,58	1,58	0,40	4	3,94	3,94	0,44	9
33,93	5,66	0,94		24,16	4,03	1,01		56,52	9,42	1,05	
5,90	1,48	0,98	1,50	4,05	1,01	1,01	1,00	10,10	2,53	1,01	2,50
19,67	1,64	1,09		13,50	1,13	1,13		33,67	2,81	1,12	
1,21	0,61	0,61	1	1,45	0,73	0,73	1	0,97	0,49	0,49	1

Tabel 6.12 Põhjaplaadi ehitamise tehnoloogilised arvutused järg

Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				
12				13				14				
Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	
Tööjõukulu in-vah	Kestus vah			Tööjõukulu in-vah	Kestus vah			Tööjõukulu in-vah	Kestus vah			
mas-vah	16.1	16.2	16.3	16.4	17.1	17.2	17.3	17.4	18.1	18.2	18.3	18.4
	3,43	3,43	0,43	8	3,94	3,94	0,44	9	4,06	4,06	0,45	9
	49,24	8,21	1,03		57,39	9,57	1,06		59,04	9,84	1,09	
	8,80	2,20	1,10	2,00	10,10	2,53	1,01	2,50	10,40	2,60	1,04	2,50
	29,33	2,44	1,22		33,67	2,81	1,12		34,67	2,89	1,16	
	0,84	0,42	0,42	1	1,59	0,80	0,80	1	1,59	0,80	0,80	1

Tabel 6.12 Põhjaplaadi ehitamise tehnoloogilised arvutused järg

Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				
15				16				17				
Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	
Tööjõukulu in-vah	Kestus vah			Tööjõukulu in-vah	Kestus vah			Tööjõukulu in-vah	Kestus vah			
mas-vah	19.1	19.2	19.3	19.4	20.1	20.2	20.3	20.4	21.1	21.2	21.3	21.4
	3,94	3,94	0,44	9	4,23	4,23	0,42	10	2,85	2,85	0,41	7
	57,41	9,57	1,06		60,34	10,06	1,01		41,78	6,96	0,99	
	10,10	2,53	1,01	2,50	10,85	2,71	1,09	2,50	7,30	1,83	0,91	2,00
	33,67	2,81	1,12		36,17	3,01	1,21		24,33	2,03	1,01	
	1,60	0,80	0,80	1	0,78	0,39	0,39	1	1,36	0,68	0,68	1

Tabel 6.12 Põhjaplaadi ehitamise tehnoloogilised arvutused järg

Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				Haardealade kaupa			
18				19				20			
Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus
Tööjõukulu in-vah	Kestus vah			Tööjõukulu in-vah	Kestus vah			Tööjõukulu in-vah	Kestus vah		
22.1	22.2	22.3	22.4	23.1	23.2	23.3	23.4	24.1	24.2	24.3	24.4
2,65	2,65	0,44	6	2,73	2,73	0,46	6	2,61	2,61	0,44	6
38,99	6,50	1,08		40,07	6,68	1,11		37,60	6,27	1,04	
6,80	1,70	1,13	1,50	7,00	1,75	1,17	1,50	6,70	1,68	1,12	1,50
22,67	1,89	1,26		23,33	1,94	1,30		22,33	1,86	1,24	
1,31	0,66	0,66	1	1,31	0,66	0,66	1	0,72	0,36	0,36	1

Tabel 6.12 Põhjaplaadi ehitamise tehnoloogilised arvutused järg

Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				Haardealade kaupa			
21				22				23			
Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus
Tööjõukulu in-vah	Kestus vah			Tööjõukulu in-vah	Kestus vah			Tööjõukulu in-vah	Kestus vah		
25.1	25.2	25.3	25.4	26.1	26.2	26.3	26.4	27.1	27.2	27.3	27.4
2,93	2,93	0,42	7	3,08	3,08	0,44	7	2,96	2,96	0,42	7
43,77	7,30	1,04		44,24	7,37	1,05		43,42	7,24	1,03	
7,50	1,88	0,94	2,00	7,90	1,98	0,99	2,00	7,60	1,90	0,95	2,00
25,00	2,08	1,04		26,33	2,19	1,10		25,33	2,11	1,06	
2,00	1,00	1,00	1	0,78	0,39	0,39	1	1,36	0,68	0,68	1

Tabel 6.12 Põhjaplaadi ehitamise tehnoloogilised arvutused järg

Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				Haardealade kaupa			
24				25				26			
Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus
Tööjõukulu in-vah	Kestus vah			Tööjõukulu in-vah	Kestus vah			Tööjõukulu in-vah	Kestus vah		
mas-vah	vah		vah	mas-vah	vah		vah	mas-vah	vah		vah
<b>28.1</b>	<b>28.2</b>	<b>28.3</b>	<b>28.4</b>	<b>29.1</b>	<b>29.2</b>	<b>29.3</b>	<b>29.4</b>	<b>30.1</b>	<b>30.2</b>	<b>30.3</b>	<b>30.4</b>
2,54	2,54	0,42	6	3,08	3,08	0,44	7	2,93	2,93	0,42	7
36,30	6,05	1,01		45,13	7,52	1,07		42,88	7,15	1,02	
6,50	1,63	1,08	1,50	7,90	1,98	0,99	2,00	7,50	1,88	0,94	2,00
21,67	1,81	1,20		26,33	2,19	1,10		25,00	2,08	1,04	
0,57	0,29	0,29	1	1,41	0,71	0,71	1	1,37	0,69	0,69	1

Tabel 6.12 Põhjaplaadi ehitamise tehnoloogilised arvutused järg

Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				Haardealade kaupa			
27				28				29			
Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus
Tööjõukulu in-vah	Kestus vah			Tööjõukulu in-vah	Kestus vah			Tööjõukulu in-vah	Kestus vah		
mas-vah	vah		vah	mas-vah	vah		vah	mas-vah	vah		vah
<b>31.1</b>	<b>31.2</b>	<b>31.3</b>	<b>31.4</b>	<b>32.1</b>	<b>32.2</b>	<b>32.3</b>	<b>32.4</b>	<b>33.1</b>	<b>33.2</b>	<b>33.3</b>	<b>33.4</b>
2,96	2,96	0,42	7	1,91	1,91	0,48	4	3,08	3,08	0,44	7
43,42	7,24	1,03		27,31	4,55	1,14		45,13	7,52	1,07	
7,60	1,90	0,95	2,00	4,90	1,23	0,82	1,50	7,90	1,98	0,99	2,00
25,33	2,11	1,06		16,33	1,36	0,91		26,33	2,19	1,10	
1,36	0,68	0,68	1	0,39	0,20	0,20	1	1,41	0,71	0,71	1

Tabel 6.12 Põhjaplaadi ehitamise tehnoloogilised arvutused järg

Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				Haardealade kaupa			
30				31				32			
Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus
Tööjõukulu in-vah	Kestus vah			Tööjõukulu in-vah	Kestus vah			Tööjõukulu in-vah	Kestus vah		
34.1	34.2	34.3	34.4	35.1	35.2	35.3	35.4	36.1	36.2	36.3	36.4
3,04	3,04	0,43	7	2,89	2,89	0,41	7	2,34	2,34	0,47	5
43,39	7,23	1,03		42,34	7,06	1,01		33,41	5,57	1,11	
7,80	1,95	0,98	2,00	7,40	1,85	0,93	2,00	6,00	1,50	1,00	1,50
26,00	2,17	1,08		24,67	2,06	1,03		20,00	1,67	1,11	
0,57	0,29	0,29	1	1,37	0,69	0,69	1	0,46	0,23	0,23	1

Tabel 6.12 Põhjaplaadi ehitamise tehnoloogilised arvutused järg

Haardealade kaupa				Haardealade kaupa			
33				34			
Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus
Tööjõukulu in-vah	Kestus vah			Tööjõukulu in-vah	Kestus vah		
37.1	37.2	37.3	37.4	38.1	38.2	38.3	38.4
3,76	3,76	0,42	9	2,46	2,46	0,41	6
59,23	9,87	1,10		34,40	5,73	0,96	
10,60	2,65	1,06	2,50	6,30	1,58	1,05	1,50
35,33	2,94	1,18		21,00	1,75	1,17	
0,96	0,48	0,48	1	0,00	0,00	0,00	0

Korraga armeeritakse kuni 3 haardeala. Haardeala betoneerimine toimub nädalas maksimaalselt kahel korral, kestvusega kuni 2,5 vahetust ehk 20 tundi. Keskmiselt võtab ühe haardeala valmimine aega 2 nädalat. Kogu põhjaplaadi ehitus võtab aega kokku 150 päeva.

Pinnaseankruid hakatakse puurime 3 päeva peale haardeala betoneerimist, siis on betoon saavutanud piisava tugevuse, et puuragregaadiga seal peal liikuda. Tabelis 6.13 on toodud injektsioonankrute rajamise kestvused ning kogused haardealade kaupa.

Pinnaseankrud on ette nähtud ja vajalikud vee üleslükkejõu tasakaalustamiseks, sest hoone omakaal pole piisav ning postide 16,8 m samm on 800 mm paksusele põhjaplaadile liiga suur. Tõmbele töötavate ankrute vajalik süvistussügavus kihti 7 või 8 määratakse prooviankrutega. Ankrute pikkusel tuleb arvestada kihi 7 või 8 pealispinna sügavusest.

Pinnaseankrute pingestamisel tuleb ankur pingestada jõuga 1 525 kN, hoida seda koormust 5 min ja seejärel pingestada ankur vastavalt plaanil esitatud eelpingestusjõuga ja tihendada vastavalt joonisel esitatud sõlmlahendusele. Ankrute projekteerimisel on arvestatud ankrute elueaks 100 aastat roostevaruga 1,2 mm.

Prooviankrute kogus peab olema vähemalt 2% ankrute arvust. Kuni teljeni 20 on põhjaplaadis kasutatud 382 ankrut, mistõttu katsetatavate ankrute arv on minimaalselt 8. Telgede 10 - 20 vahel on 354 ankrut ja katsetada tuleb samuti 8 ankrut. Telgedes 1 - 10 vahel on kokku 156 ankrut ja katsetada tuleb 4 ankrut. Katseankrute asukohad on määratud vaiade ja ankrute plaanil. Katseankrute minimaalselt vajalik kandevõime on 2 100 kN. Kuna projekteeritud ankrute voolupiir on 1 525 kN ja kandevõime 2 040 kN, siis ankruga ja pinnase vahelise kandevõime katsetamiseks tuleb kasutada ankruvarda 72/35 asemel ankruvarrast 72/30, mille puhul voolupiir on 1 855 kN ja kandevõime 2 558 kN. Ankrud tuleb katsetada vastavalt standardile EVS-EN 1537-2013.

Injektsioonankrute rajamine toimub ühe puuragregaadiga KR806 - 3D ning tsementlahu pumpamiseks kasutatakse segumikserit MAT IPC - 60 - E. Ühe puuragregaadi meeskonda kuulub operaator ning kaks abitöölist. Kõik toimub sarnaselt seinä ankrutele. Injektsioonankrud paigaldatakse vertikaalselt ning vertikaalsust kontrollitakse käsiloodiga ja puurimise ajal visuaalselt.

Kasutatakse vardaid GM72, ankrute pikkused on objektil vahemikus 24 - 44 meetrit. Jälgida tuleb ankruvarda seinapaksuseid katseankrutel ning hoone ankrutel, sest need on erinevad. Keskmiselt suudab puuragregaat päevas puurida 150 meetrit ehk 4 - 8 injektsioonankrut. Visuaalselt kontrollitakse vardaid enne puurimist. Kuna tegemist on tehasetootega, siis kõikidele varrastele, muhvidele ning mutritele on sertifikaadid. Tsementlahu valmistamiseks kasutatakse portland-komposiitsetementi CEM II / AM (S,L) 42,5 N. Vesitsementtegur tsemendi valmistamisel on 0,45 - 0,5 (160 kg tsementi 75 liitri vee kohta). Objektile tarnitud tsementi tuleb ilmastiku

est kaitsta koormakatetega. Tsemendile esitatakse tehase sertifikaadid, et vastaks projektis nõutud parameetritele.

Soovitav on tööd katkestada madalama kui  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  kraadise temperatuuri puhul, kuna voolikutes ja puuragregaadi osades võib tsementlahu ja vesi hakata jäätuma. Tsementkeha minimaalne kivilinemisaeg on 14 päeva enne katsetamist või pingestamist. Injektsioonankrud saab pingestada peale hoonekarkassi täieliku valmimist. Peale injektsioonankrute puurimist ning hoone täiskõrguse saavutamist pingestab ankruid 3 liikmeline meeskond, liikudes Laeva tänavalt Kai tänava poole.

Tabel 6.13 Injektsioonankrute rajamise kestvus

Haardeala	Ankru tüüp	Keskmine pikkus ankrul (m)	Kogus ankruid kokku haardeala	Ankrute puurimine kokku päeva
1	GM72-35	26	30	4
2	GM72-35	26	23	3
3	GM72-35	26	24	3
4	GM72-35	28	41	6
5	GM72-35	26	36	5
6	GM72-35	28	23	3
7	GM72-35	26	18	3
8	GM72-35	28	26	4
9	GM72-35	26	20	3
10	GM72-35	26	8	1
11	GM72-35	28	34	5
12	GM72-35	26	28	4
13	GM72-35	32	30	6
14	GM72-35	30	44	7
15	GM72-35	28	38	5
16	GM72-35	28	37	5
17	GM72-35	30	28	5
18	GM72-35	32	25	5
19	GM72-35	36	22	4
20	GM72-35	40	22	6
21	GM72-35	30	25	4
22	GM72-35	30	28	5
23	GM72-35	34	30	6
24	GM72-35	36	20	4
25	GM72-35	32	31	6
26	GM72-35	34	28	6
27	GM72-35	36	32	6
28	GM72-35	38	16	4
29	GM72-35	32	28	6
30	GM72-35	32	14	3
31	GM72-35	36	28	6
32	GM72-35	36	15	3
33	GM72-35	40	30	8
34	GM72-35	40	10	3
			<b>892</b>	<b>156</b>

Põhjaplaadi injektsioonankrute rajamine kestab kokku 156 päeva ning on kriitilise tähtsusega vahelae ehitusele.

Teise tehnoloogilise kaardi ajaline kestvus põhjaplaadi ehitusele koos injektsioonankrute rajamisega on täieliku valmimiseni kokku 175 päeva.



## **6.3 Maa-aluse korruste ehitus, karkassitööd, postid ning vahelaed**

### **6.3.1 Üldinfo**

Maa-aluse korruste ehituse tehnoloogiline kaart on koostatud tööprojekti number B758 Porto Franco I etapp koostaja Estkonsult OÜ [3] järgi. Abimaterjalina on kasutatud kursuseprojekti „Monoliitse raudbetoonkonstruktsioonide püstitamine 2022“, koostaja Irene Lill [19]. Antud peatüki kohta esitatakse joonis maa-aluse korruste ehitus, karkassitööd, postid ning vahelaed tehnoloogiline kaart. Betoonitöid tehakse standardi EVS-EN 206:2014 ja EVS-EN 13670:2010 järgi.

### **6.3.2 Ettevalmistustööd**

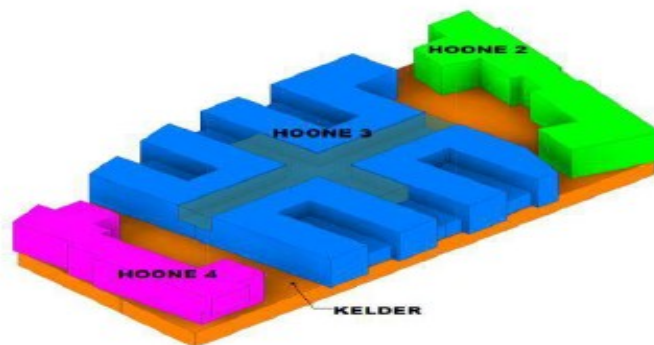
Enne postide ja vahelaie ehitust puhastatakse põhjaplaat ning kontrollitakse geodeedi poolt kõrgused ning tulevaste seinte ja postide asukohad. Põhjaplaat kui ka järgmised tarindid peavad olema piisava tugevusega, et taluda hoone järgmiseid konstruktsioone.

### **6.3.3 Tööde tehnoloogiline korraldamine**

Peale betoonplaadi haardeala valmimist alustatakse koheselt ka postide ja seinte valuga ning peale injektsioonankrute rajamist hakatakse paigaldama vahelaie talastiku raketisi. Hoone konstruktsioonid valmistatakse vastavalt normklassi nõuetele ehk klass 1 ning tolerantsid vastavad normaaltolerantsidele EVS-EN 13670. Betoonpindade pinnaviimistlus on sile raketispind nähtavatel pindadel MUO-A ja varjatuks jäävatel pindadel MUO-B või terashõõre THI-B. Maa-aluse osa postid ja seinad on keskkonnaklass XC2. Põrandaplaat L01, B2 ja B1 korrusel on XC3. B1 - B3 korruste seinad ja postid on minimaalselt C25/30 betoon. L01, B2 ja B1 põrandaplaat on minimaalselt C30/37. Armatuurina kasutatakse B500B armatuuri ning armatuuri ühendamiseks sidumistraati. Ülekate peab olema armatuuril  $\varnothing 32$ . Minimaalne armatuuri kaitsekiht on seintel ning postidel 35 mm. Minimaalne kaitsekiht parklas vahelagedel on peal 45 mm ja mujal 30 mm. Konstruktsioonides võib ühes lõikes jätkata kuni 25% varrastest. Jätkamisel kuni 50% varrastest suurendada ülekatet 1,4 korda. Jätkamisel üle 50% varrastest suurendada ülekatet 1,5 korda. Postidel ja seintel võib jätkata 1/3 pikisarrusest. Armatuurid ja trossid on tehase toode ning neile esitatakse vastavad sertifikaadid. Kõik nähtavad servad faasida faasiga 10 \* 10 mm. Ümarpostid on 600 – 800 mm ja ristkülikpostid 600 \* 600 mm ning 700 \* 700 mm. Seinte paksus on maa-alustel korrustel 250 mm. L01, B1 ja B2 korruste vahelaie plaat on 200 - 350 mm. Järelding talad on vahelagedes 1 500 \* 650 mm ja 1 500 \* 1 500 mm. Järelding talades B1 ja B2 korrusel kasutatakse nakketa plastkattega trosse  $d = 15,7$  mm ja  $f_{pk} = 1 860$  MPa. Aktiiv ankrud on valitud VSL SH S6N ja passiv ankrud

VSL SH S6N. Trosside eelpingestusjõud on 209 kN. L01 korrusel on valitud järelpinge talas nakkega tross  $d = 16$  mm ja  $f_{pk} = 1\,860$  MPa. Aktiiv ankrud on valitud Mekano MSA T-8 ja passiv ankrud Mekano MPA T-8. Trosside eelpingestusjõud on 204 kN. Järelpinge talasid on lubatud pingestada peale betooni 75% survetugevuse saavutamist. L01 korrusel pingestada kaks nakkega trossikimpu jõuga, mis on vähemalt 25% trosside algeelpingestusjõust. Kolmandat trossikimpu tuleb pingestada alles siis, kui 75% kogu omakaalukoormusest on taladele rakendunud. Raketise võib eemaldada pärast pingutustööde heakskiitu projekteerija poolt.

Maa-aluste korruste ehitus on jagatud 3 etappi vastavalt hoonete paiknemisele maapeal – hoone 1, hoone 2 ja hoone 3. Joonisel 6.10 on toodud hoonete täpne paiknemine. Betoontarindite püstitamisel jälgida juhendit BÜ2:2006 peatükkide 4 ja 5 nõudeid. Betoneerimine peab toimuma ühtlaselt kihtide kaupa tihendades. Vibraatorit ei tohi kasutada betooni teisaldamiseks raketise sees. Töövuugid peavad enne valu jätkamist olema kareda või profileeritud pinnaga. Kogu töövuuki läbiv sarrus tuleb paigaldada enne töövuugi tegemist. Betooni külgpindade lahtirakestamist võib alustada, kui betoon on saavutanud 30% projektsest tugevusest ja koormata omakaaluga kui betoon on saavutanud 100% projektsest tugevusest. Tavatingimustes on 5 MPa saavutatav 24 tunniga. Talvel armeerides tuleb armatuur eelnevalt puhastada lumest ja jääst. Vajadusel tuleb armatuuri eelnevalt soojendada, sest armatuuri ja betooni kokkupuutel võib armatuuri ümber tekkida jää ning selle sulades tekitab veekiht, mis halvendab betooni ning armatuuri naket. Vajadusel paigaldatakse eelnevalt betoneeritud tarinditele ning paigaldatakse armatuurile koormakate, mida soojendatakse diiselpuhuritega.



Joonis 6.10 Hoonete paiknemine Porto Franco objektile

Betoon tuuakse HC Betooni AS Maardu tehastest 17 km kauguselt või Laagri tehastest, 16 km kauguselt. Mõlemast tehastest on sõiduaeg objektile kuni 30 minutit. Tehastest tulev betoon tuleb ära kasutada maksimaalselt 2 tunni jooksul, kuna tsement hakkab teatud aja möödudes tarduma ning kivinev segu ei ole enam paigaldatav. Kõikide objektile tulevate segurautode

saatelehed tuleb kontrollida, et veendumaks tarnitud betoonisegu vastab tellitule. Korra päevas võetakse tarnitud betoonist katsekehad survetugevuse hindamiseks laboris. Vee lisamine betooni on keelatud. Töödeldavuse parandamiseks kasutatakse tehase poolt sertifitseeritud plastifikaatoreid. Betooni tihendamiseks kasutatakse nuivibraatoreid. Keskmiselt võtab ühe 7 m<sup>3</sup> segurauto tühjendamine objektile aega 15 minutit.

Talvel betoneerides tuleb vältida värskelt paigaldatud betooni temperatuuri langemist alla 0 °C kraadi. Võib tekkida oht betooni külmumisele ning see toob kaasa betooni struktuuri kahjustumise ja survetugevuse vähenemise. Betoon peab saavutama kriitilise tugevuse 5 MPa või 30% enne külmumist. Tuleb vältida olukorda, et betoon valatakse külmunud pinnale.

Seinte raketamisel kasutatakse Peri Maximo seinaraketisi. Vastavalt raketise spetsifikatsioonile monteeritakse kilbid kokku enne paigaldust. Raketistest paigaldatakse esimesena seinte sisemised kilbid ning alati tuleb paigaldada esimestele raketistele kaks kaldtuge. Kui sisemised raketised on paigaldatud saab paika tõsta armatuurid ning kokku siduda. Peale armatuuri paigaldust saab paika panna välimise raketise. Juhul kui raketis on kõrgem, kui sein, siis geodeet märgib raketise sisse vastavad kõrgusmärgid. Raketised peavad olema puhastatud mustusest, lumest ja jääst. Raketise pinnatöötlus peab olema piisav nõutava viimistluse saavutamiseks.

Ümarpostide raketamisel kasutatakse SRS postivorme. Vorm koosneb kahest pooldest ning on kergesti omavahel ühendatav. Antud metallvormiga on võimalik saavutada väga siledaid betoonpindasi. Neid vorme tuleb samuti eelnevalt puhastada ning õlitada. Ristkülikpostide raketistena kasutatakse Trio postiraketisi või Rapid postiraketisi. Kõigepealt tõstetakse kraanaga paika objektile valmistatud postide armatuurkarkass ning peale armatuuri sidumist starter armatuuriga paigaldatakse raketised. Seinte lahtiraketamisel eemaldatakse kõigepealt tõmbid ning siis välimised raketised ja hilisemalt sisemised raketised. Raketiste paigalduseks ja eemaldamiseks kasutatakse kraanat. Peale raketiste kasutamisest puhastatakse nad koheselt ning kas ladustakse, kasutatakse uuesti või saadetakse renti tagasi. Postide lahtiraketamisel avatakse rakised ning tõstetakse kraanaga tarindist eemale. Sarnaselt seinte raketistele tuleb toimida ka postide raketistega.

Lagede raketamiseks kasutatakse Multiflex puittala laeraketisi mille põhiliseks komponendiks on GT24 ja VT20K puittalad või TK lavaraketisi ning postideks Multiprop või Pep vajadusel ST tugitornid. Vahelae raketamisel alustakse postide paigaldusega, mis toetuvad kolmjalgadele. Ülemistes otstes on harkpostid peatalade kandmiseks millele omakorda toetuvad abitalad. Abitaladele paigaldatakse vineer. Peale vineeri paigaldamist raketis looditakse ja vineer õlitatakse. Juhul kui peatalad on kõrgemal kui 3 meetrit, siis tuleb postid ühendada näiteks diagonaalsidemetega. Vahelagede lahtiraketamisel võib teostada, kui on saavutatud vähemalt 70% projekteeritud tugevus tarindile, mis tavatingimustes on kuni 5 päeva. Peale laeraketiste

paigaldust saab alustada armeerimisega. Lahtirakestamisel alustatakse vahepostide eemaldamisega ning põhipostide lühendamisega, et saaks eemaldada vineeri. Lahtirakestamisel jäetakse ajutised toed konstruktsiooni toetama 28 päevaks. Vineer ning kasutatud postid ja talad puhastakse ning käitatakse edasi sarnaselt seinte ja postide raketistega.

Külmadega kasutatakse värskelt betoneeritud konstruktsioonide soojendamiseks koormakatteid ning diiselpuhureid ja vajadusel küttegaableid betoonis. Suvel kuumaga betoneerides on oht betoonisegu töödeldavuse kiirele vähenemisele ning kuivamisel tekkivatele pragudele. Vee kiire aurustumise vältimiseks tuleks valatud betoon katta koormakattega või postid kiledega. Betoneeritud pindu niisutatakse veega, et vältida pragude teket. Raketised tuleb enne kasutamist õlitada või vajadusel niisutada. Vineeri või raketise vahelised ühendused peavad olema piisavalt tihedad, et vältida vee ning betooniosiste kadu.

Postide, seinte ja vahelagede ehitusel kasutatakse rakestajaid, betoneerijaid ning armeerijaid. Betooni paigaldamiseks kasutatakse segurautosi, betoonipumpasi, kolusi ning nuivibraatoreid. Segurautode vajadus arvutatakse valemiga. Ühe haardeala betoneerimisel on korruga kuni 4 betoonipumpa. Kasutan maa-aluse osa karkassi ehituse arvutamiseks RATU [20] ajanorme.

Betoonisegurite arvutus

Betoonipumba pideva töö tagamiseks vajalik betoonisegurite arv määratakse valemiga:

Betoonipumba pideva töö tagamiseks vajalik betoonisegurite arv määratakse valemiga 6.1 ja 6.2.

$$t_2 - \frac{120 \times 17}{30} = 68 \text{ minutit}$$

$$N_a = \left( \frac{21 \times (25 + 68)}{60 \times 7} \right) + 1 = 5,65$$

Kui ühel päeval on kõige suurema haardeala valu  $2\,375 \text{ m}^3$ , siis kokku tuleb sõite  $\frac{1\,058 \text{ m}^3}{7 \text{ m}^3} = 152$  sõitu. Probleemideta ja seisakuteta betoneerimise tagab ühele betoonipumbale 6 betoonisegurit, kui korruga töötab 4 betoonipumpa, siis on vaja kogu 24 segurautot. Betoonipumpade graafikud ning gabariidid ja massid on toodud punktis 6.2 joonistel 6.8 ja 6.9.

Järgnevalt esitan maa-aluse osa mahud ning kogused B3 - B1 korrustel. Tabelis 6.14 on toodud lagede kokkuvõtte, tabelis 6.15 on toodud postide kokkuvõtte ja tabelis 6.16 seinte kokkuvõtte.

Tabel 6.14 Lagede kokkuvõte B2-L01

<b>Laed</b>	<b>Kogus (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Maht (m<sup>3</sup>)</b>
<b>Laed kokku B2</b>	<b>24 950</b>	<b>7 807</b>
h=300 mm	13 500	4 050
h=350 mm	2 450	857
lagi h=250 mm koos järelpinge taladega 1500 x 650 mm	9 000	2 900
<b>Laed kokku B1</b>	<b>15 250</b>	<b>4 775</b>
h=300 mm	6 250	1 875
lagi h=250 mm koos järelpinge taladega 1500 x 650 mm	9 000	2 900
<b>Laed kokku L01</b>	<b>25 500</b>	<b>9 300</b>
h=300 mm	16 500	4 900
lagi h=250 mm koos järelpinge taladega 1500 x 1500 mm	9 000	4 400

Tabel 6.15 Postide kokkuvõte B1-B3

<b>Postid</b>	<b>Kogus (tk)</b>	<b>Maht (m<sup>3</sup>)</b>
<b>Postid kokku B3</b>	<b>305</b>	<b>505,62</b>
D=800 mm	206	329,48
D=1000 mm	1	2,59
500x1000 mm	1	1,60
600x1000 mm	5	21,47
700x700 mm	82	128,32
800x800 mm	10	22,16
<b>Postid kokku B2</b>	<b>295</b>	<b>636,36</b>
D=600 mm	17	14,47
D=700 mm	40	94,12
D=800 mm	132	334,87
600x600 mm	12	11,68
700x700 mm	91	173,99
800x800 mm	3	7,23
<b>Postid kokku B1</b>	<b>175</b>	<b>236,21</b>
D=600 mm	16	13,46
D=700 mm	23	22,98
D=800 mm	60	87,45
600x600 mm	12	10,80
700x700 mm	61	94,00
800x800 mm	3	7,52

Tabel 6.16 Seinte kokkuvõte B1-B3

<b>Seinad</b>	<b>Kogus (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Maht (m<sup>3</sup>)</b>
<b>Seinad kokku 250 mm B3</b>	<b>1 323,90</b>	<b>331,04</b>
TK-3-2	71,28	17,82
TK-3-4	77,76	19,44
TK-2-2	88,17	22,05
TK-1-5	95,01	23,76
TK-6-4	89,28	22,32
TK-6-1	86,40	21,60
TK-5-1	85,11	21,28
TK-4-1	71,28	17,82
L3-3	52,71	13,18
L3-1	36,23	9,06
L3-2	36,23	9,06
L2-4	52,49	13,13
L2-3	27,36	6,84
L6-5	39,53	9,89
L6-1	36,06	9,02
L6-2	36,06	9,02
L6-4	45,27	11,32
L6-3	45,27	11,32
L5-7	52,74	13,19
Sprinkleri mahuti	199,66	49,92
<b>Seinad kokku 250 mm B2</b>	<b>1 061,78</b>	<b>265,45</b>
TK-3-2	67,32	16,83
TK-3-4	73,44	18,36
TK-2-2	83,27	20,82
TK-1-5	89,73	22,43
TK-6-4	84,32	21,08
TK-6-1	81,60	20,40
TK-5-1	80,38	20,10
TK-4-1	67,32	16,83
L3-3	49,78	12,45
L3-1	34,22	8,55
L3-2	34,22	8,55
L2-4	49,57	12,39
L2-3	25,84	6,46
L6-5	37,33	9,33
L6-1	34,06	8,51
L6-2	34,06	8,51
L6-4	42,76	10,69
L6-3	42,76	10,69
L5-7	49,81	12,45
<b>Seinad kokku 250 mm B1</b>	<b>1 124,24</b>	<b>281,12</b>
TK-3-2	71,28	17,82
TK-3-4	77,76	19,44
TK-2-2	88,17	22,05
TK-1-5	95,01	23,76
TK-6-4	89,28	22,32
TK-6-1	86,40	21,60
TK-5-1	85,11	21,28
TK-4-1	71,28	17,82
L3-3	52,71	13,18
L3-1	36,23	9,06
L3-2	36,23	9,06
L2-4	52,49	13,13
L2-3	27,36	6,84
L6-5	39,53	9,89
L6-1	36,06	9,02

Tabel 6.16 Seinte kokkuvõte B1-B3 järg

L6-2	36,06	9,02
L6-4	45,27	11,32
L6-3	45,27	11,32
L5-7	52,74	13,19

Esimese tööna alustatakse B3 postide rajamisega. Postide valmimine ei ole kriitilise tähtsusega, sest ajaliselt võtab põhjaplaadilt injektsioonankrute puurimine kauem aega, kui postide rajamine. Jagan kogu objekti kolmeks haardealaks vastavalt hoonetele - telg 1 - 9, telg 9 - 24 ja telg 24 - 32. Postidega alustatakse telg 24 - 32 poolt. Postide mahud on toodud tabelis 6.17. Ümarpostide raketamisel kasutatakse SRS postivorme D = 800 mm ning D = 1 000 mm ja ristkülikpostide raketistena kasutatakse Trio postiraketisi, kus paneelid on 90 cm laiad ja kõrgus kuni 2,7 m ning Rapid postiraketisi, kus paneelid on 60 cm laiad ja kõrgus kuni 2,7 m. Vastavalt vajadusele kasutatakse postidel kaldtugesid. Maksimaalselt on üks post B3 korrusel kuni 3 300 mm kõrge põhjaplaadist välja arvatud 5 panduse posti, mis on kõrgusega kuni 7,3 meetrit. Kõikide nende süsteemidega saab paneele lisades rajada kõrgemaid kui 8 meetrit poste. Postide armatuur seotakse sidumistraadiga objektil kokku postikarkassiks. Armatuurkarkasse valmistatakse objekti armatuuri laos. Valmis postikarkass tõstetakse paika kraanaga starter sarrusele, mis on põhjaplaadis ning on eelnevalt puhastatud. Kui karkass on paigaldatud, siis pannakse paika määratud ning monteeritud raketised kasutades kraanat ning koheselt lisatakse ka vajalikud kaldtoed. Raketiste monteerimiseks ja määrimiseks kasutatakse põhjaplaadil olevat ala või laopinda. Postide betoneerimine toimub kasutades betooni kolusid ning kraanat. Betoon tuuakse kohale segurautoga. Betooni tihendatakse nuivibraatoritega postides. Peale 24 tunni möödumist võib postid tavatingimustes lahtirakestada. Lahtirakestamisel kasutatakse paneelide eemaldamiseks kraanat. Paneelid tuleb koheselt peale kasutamist puhastada ning tõsta järgmisele posti asukohale või lattu. Poste tuleb ka järelhooldada. Lihtsam lahendus on postide ümber paigaldada kile. Tabelis 6.18 on toodud B3 postide ehitamise tööjõukulu arvutsed ja tabelis 6.19 B3 postide tehnoloogilised arvutsed.

Tabel 6.17 B3 postide mahud

<b>B3 postid</b>	<b>Kogus (tk)</b>	<b>Maht ühel (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Armatuur ühel (kg)</b>	<b>Raketise pindala ühel (m<sup>2</sup>)</b>
<b>Telg 24-32 HA-1</b>				
D=800 mm	37	1,6	288	9,29
D=1000 mm	1	2,6	468	11,93
700x700 mm	20	1,6	288	9,24
800x800 mm	9	2,3	414	10,56
<b>Telg 9-24 HA-2</b>				
D=800 mm	94	1,6	288	9,29
600x1000 mm	5	4,3	774	23,36
700x700 mm	44	1,6	288	9,24
<b>Telg 1-9 HA-3</b>				
D=800 mm	75	1,6	288	9,29
500x1000 mm	1	1,6	288	9,9
700x700 mm	18	1,6	288	9,24
800x800 mm	1	2,6	468	10,56

Tabel 6.18 B3 postide ehitamise tööjõukulu arvutused

Jrk nr	Töö nimetus	Ühik	Ajanorm	Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu	
				Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa	
				1		2		3		Kokku	
				in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid
1	2	3	4	5.1	6.1	5.2	6.2	5.3	6.3	7	8
<b>1</b>	<b>Rakestamine B3 postid</b>										
1.1	Raketise tõstmine kraanaga	m <sup>2</sup>	0,05	635,50	31,78	1 396,62	69,83	883,53	44,18	2 915,65	145,78
1.2	Möödistustöö	m <sup>2</sup>	0,10	635,50	63,55	1 396,62	139,66	883,53	88,35	2 915,65	291,57
1.4	Sarrusvõrkude paigaldamine ja sidumine - 20 mm armatuur, 9,5 in-h/1000 kg	t	9,50	20,70	196,65	43,62	414,39	27,54	261,63	91,86	872,67
1.5	Kraanaga tõste armatuuril	t	0,10	20,70	2,07	43,62	4,36	27,54	2,75	91,86	9,19
1.6	Raketise ehitus ja paigaldus	m <sup>2</sup>	0,20	635,50	127,10	1 396,62	279,32	883,53	176,71	2 915,65	583,13
<b>1</b>	<b>Rakestamine kokku</b>	in-h			387,30		833,38		526,69		1 747,37
		mas-h			33,85		74,19		46,93		154,97
		in-vah			48,41		104,17		65,84		218,42
		mas-vah			4,23		9,27		5,87		19,37
<b>2</b>	<b>Betoneerimine B3 postid</b>										
2.1	Betooni valu kraanaga tõstetavast betoonikolust	m <sup>3</sup>	0,10	114,50	11,45	242,30	24,23	153,00	15,30	509,80	50,98
2.2	Betoneerimine ja vibreerimine	m <sup>3</sup>	0,30	114,50	34,35	242,30	72,69	153,00	45,90	509,80	152,94
2.3	Betooni järeltööd	m <sup>3</sup>	0,04	114,50	4,58	242,30	9,69	153,00	6,12	509,80	20,39
<b>1</b>	<b>Betoneerimine kokku</b>	in-h			38,93		82,38		52,02		173,33
		mas-h			11,45		24,23		15,30		50,98
		in-vah			4,87		10,30		6,50		21,67
		mas-vah			1,43		3,03		1,91		6,37
<b>3</b>	<b>Lahtirakestamine B3 postid</b>										
3.1	Raketise lahtivõtmine	m <sup>2</sup>	0,15	635,50	95,33	1 396,62	209,49	883,53	132,53	2 915,65	437,35
3.2	Raketise tõstmine kraanaga	m <sup>2</sup>	0,05	635,50	31,78	1 396,62	69,83	883,53	44,18	2 915,65	145,78
3.3	Raketise puhastamine ja õlitamine	m <sup>2</sup>	0,07	635,50	44,49	1 396,62	97,76	883,53	61,85	2 915,65	204,10
<b>1</b>	<b>Lahtirakestamine kokku</b>	in-h			139,81		307,26		194,38		641,44
		mas-h			31,78		69,83		44,18		145,78
		in-vah			17,48		38,41		24,30		80,18
		mas-vah			3,97		8,73		5,52		18,22



Tabel 6.19 B3 postide ehitamise tehnoloogilised arvutused

Jrk nr	Töö nimetus	Eriala/mark	Arv	Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				Haardealade kaupa			
				1		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	2		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	3		Normi täitmise tegur	Valitud kestus
				Tööjõukulu	Kestus			Tööjõukulu	Kestus			Tööjõukulu	Kestus		
5.1	5.2	5.3	5.4	6.1	6.2	6.3	6.4	7.1	7.2	7.3	7.4				
1	Raketise ehitamine	Kraana Liebherr	1	4,23	4,23	0,35	12	0,00	0,00	0,00	25	0,00	0,00	0,00	15
		Rakestaja ja armeerija	4	48,41	12,10	1,01		104,17	26,04	1,04		65,84	16,46	1,10	
2	Betoneerimine	Kraana Liebherr	1	1,43	1,43	0,24	6	3,03	3,03	0,23	13	1,91	1,91	0,21	9
		Betoneerija	2	4,87	2,43	0,41		10,30	5,15	0,40		6,50	3,25	0,36	
2	Lahti rakestamine	Kraana Liebherr	1	3,97	3,97	0,40	10	8,73	8,73	0,44	20	5,52	5,52	0,46	12
		Rakestaja	2	17,48	8,74	0,87		38,41	19,20	0,96		24,30	12,15	1,01	

B3 postide rajamine võtab aega 24 - 32 telgedes 28 päeva, telgedes 9 - 24 võtab aega 58 päeva ja telgedes 1 - 9 võtab aega 36 päeva. Selline postide valmimine on sobilik kuna lõppeb varem kui injektsioonankrute rajamine.

Samal ajal postide rajamisega hakatakse ehitama liftišahte ja trepikodasid B3 korrusel. Nende valmimine ei ole kriitilise tähtsusega, sest nad asuvad kohtades kohtades, kus vahelagi valatakse viimasena ehk vaiseina äärtes. Jagan kogu objekti seinte ehitusel kolmeks haardealaks vastavalt hoonetele - telg 1 - 9, telg 9 - 24 ja telg 24 - 32. Seinte ehitusega alustatakse telg 24 - 32 poolt. Kõikides nendes alades on ehitada ca 1 000 m<sup>2</sup> seinu. Seinte mahud B3 korrusel on toodud tabelis 6.20. Raketisena kasutatakse Maximo seinaraketisi, millel on kuni 3 300 mm kõrged ja 2 400 mm laiad paneelid. Rajatavate seinte kõrgus korrustel on kuni 3,6 meetrit. Raketised valmistatakse ette laoplatsil vastavalt seinte spetsifikatsioonile. Puhastatud seinte asukohtades pannakse kraanaga kõigepealt paika sisemised raketised ning järgmisena tõstetakse laos valmistatud karkass starter sarrusele. Koheselt peale raketise paigaldamist pannakse kaldtoed. Kui karkass on paigas, siis paigaldatakse välimised raketised ja tõmbid. Kõik liftišahtid ja trepikojad asuvad vaiseinaääres ning betoonipumbaga on neid lihtne betoneerida. Betoon tuuakse kohale segurautodega. Betooni tihendamiseks kasutatakse nuivibraatoreid. Peale 24 tunni möödumist võib seinad lahtirakestada tavatingimustes. Lahtirakestamisel eemaldatakse tõmbid ning tõstetakse kõigepealt välimised rakised ning seejärel sisemised rakised kraana abil uude asukohta või lattu. Enne uuesti kasutamist tuleb paneelid koheselt puhastada. Tabelis 6.21 on toodud B3 korruse seinte ehitamise tööjõukulu arvutused ja tabelis 6.22 on toodud sama korruse seinte tehnoloogilised arvutused.

Tabel 6.20 B3 seinte mahud

<b>B3 seinad</b>	<b>Kogus (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Maht (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Armatuur kokku (kg)</b>	<b>Raketise pindala (m<sup>2</sup>)</b>
<b>Telg 24-32 HA-1</b>				
L3-3	52,71	13,18	1 713	105,42
L3-1	36,23	9,06	1 178	72,46
L3-2	36,23	9,06	1 178	72,46
TK-3-2	71,28	17,82	2 317	142,56
TK-3-4	77,76	19,44	2 527	155,52
Sprinkleri mahuti	199,66	49,92	6 490	399,32
<b>Telg 9-24 HA-2</b>				
TK-2-2	88,17	22,05	2 867	176,34
TK-1-5	95,01	23,76	3 089	190,02
TK-5-1	85,11	21,28	2 766	170,22
TK-4-1	71,28	17,82	2 317	142,56
L2-3	27,36	6,84	889	54,72
L2-4	52,49	13,13	1 707	104,98
L5-7	52,74	13,19	1 715	105,48
<b>Telg 1-9 HA-3</b>				
TK-6-4	89,28	22,32	2 902	178,56
TK-6-1	86,40	21,60	2 808	172,80
L6-5	39,53	9,89	1 286	79,06
L6-1	36,06	9,02	1 173	72,12
L6-2	36,06	9,02	1 173	72,12
L6-3	45,27	11,32	1 472	90,54
L6-4	45,27	11,32	1 472	90,54

Tabel 6.21 B3 seinte ehitamise tööjõukulu arvutused

Jrk nr	Töö nimetus	Ühik	Ajanorm	Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu	
				Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa	
				1		2		3		Kokku	
				in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid
1	2	3	4	5.1	6.1	5.2	6.2	5.3	6.3	7	8
<b>1</b>	<b>Rakestamine B3 seinad</b>										
1.1	Raketise tõstmine kraanaga	m <sup>2</sup>	0,05	947,74	47,39	944,32	47,22	755,74	37,79	2 647,80	132,39
1.2	Möödistustöö	m <sup>2</sup>	0,03	947,74	28,43	944,32	28,33	755,74	22,67	2 647,80	79,43
1.4	Sarrusvõrkude paigaldamine ja sidumine - 8 - 10 mm armatuur, 11 in-h/1000 kg	t	11,00	15,41	169,51	15,35	168,85	12,29	135,19	43,05	473,55
1.5	Kraanaga tõste armatuuril	t	0,10	15,41	1,54	15,35	1,54	12,29	1,23	43,05	4,31
1.6	Raketise ehitus ja paigaldus	m <sup>2</sup>	0,25	947,74	236,94	944,32	236,08	755,74	188,94	2 647,80	661,95
<b>1</b>	<b>Rakestamine kokku</b>										
			in-h		434,88		433,26		346,80		1 214,93
			mas-h		48,93		48,75		39,02		136,70
			in-vah		54,36		54,16		43,35		151,87
			mas-vah		6,12		6,09		4,88		17,09
<b>2</b>	<b>Betoneerimine B3 seinad</b>										
2.1	Betooni pumpamine pumbaga objektile	m <sup>3</sup>	0,26	118,48	30,80	118,07	30,70	94,49	24,57	331,04	86,07
2.2	Betoneerimine ja vibreerimine	m <sup>3</sup>	0,80	118,48	94,78	118,07	94,46	94,49	75,59	331,04	264,83
2.3	Betooni järeltööd	m <sup>3</sup>	0,03	118,48	3,55	118,07	3,54	94,49	2,83	331,04	9,93
<b>1</b>	<b>Betoneerimine kokku</b>										
			in-h		98,34		98,00		78,43		274,76
			mas-h		30,80		30,70		24,57		86,07
			in-vah		12,29		12,25		9,80		34,35
			mas-vah		3,85		3,84		3,07		10,76
<b>3</b>	<b>Lahtirakestamine B3 seinad</b>										
3.1	Raketise lahtivõtmine	m <sup>2</sup>	0,10	947,74	94,77	944,32	94,43	755,74	75,57	2 915,65	291,57
3.2	Raketise tõstmine kraanaga	m <sup>2</sup>	0,05	947,74	47,39	944,32	47,22	755,74	37,79	2 915,65	145,78
3.3	Raketise puhastamine ja õlitamine	m <sup>2</sup>	0,02	947,74	18,95	944,32	18,89	755,74	15,11	2 647,80	52,96
<b>1</b>	<b>Lahtirakestamine kokku</b>										
			in-h		113,73		113,32		90,69		344,52
			mas-h		47,39		47,22		37,79		145,78
			in-vah		14,22		14,16		11,34		43,07
			mas-vah		5,92		5,90		4,72		18,22

Tabel 6.22 B3 seinte ehitamise tehnoloogilised arvutused

Jrk nr	Töö nimetus	Eriala/mark	Arv	Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				Haardealade kaupa			
				1		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	2		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	3		Normi täitmise tegur	Valitud kestus
				Tööjõukulu	Kestus			Tööjõukulu	Kestus			Tööjõukulu	Kestus		
1	2	3	4	5.1	5.2	5.3	5.4	6.1	6.2	6.3	6.4	7.1	7.2	7.3	7.4
1	Raketise ehitamine	Kraana Liebherr	1	6,12	6,12	0,44	14	6,09	6,09	0,47	13	4,88	4,88	0,44	11
		Rakestaja ja armeerija	4	54,36	13,59	0,97		54,16	13,54	1,04		43,35	10,84	0,99	
2	Betoneerimine	Betoonipump	1	3,85	3,85	0,64	6	3,84	3,84	0,64	6	3,07	3,07	0,61	5
		Betoneerija	2	12,29	6,15	1,02		12,25	6,12	1,02		9,80	4,90	0,98	
3	Lahti rakestamine	Kraana Liebherr	1	5,92	5,92	0,85	7	5,90	5,90	0,84	7	4,72	4,72	0,94	5
		Rakestaja	2	14,22	7,11	1,02		14,16	7,08	1,01		11,34	5,67	1,13	

B3 seinte rajamine võtab aega 24 - 32 telgedes 27 päeva, telgedes 9 - 24 võtab aega 26 päeva ja telgedes 1 - 9 võtab aega 21 päeva. Selline seinte valmimine on sobilik kuna lõppeb varem, kui injektsioonankrute rajamine ning vahelagede ehitust ei sega.

Peale postide ning injektsioonankrute rajamist telgedes 24 - 27 ja B - K saab hakata paigaldama järelpinge talade ja vahelae raketisi nendes piirkondades. Betoneerimine toimub antud alas korraga ning ühe valuna. Peale järelpinge talade ja vahelae betoneerimist saab betoneerida 24-32 alast ülejäänud osa kahe haardealana. Tabelis 6.23 on toodud B3 lagede mahud ning haardealad. Telgedes 24-1 tehakse tehnoloogiliselt samamoodi, kui telgedes 24-32. Lagede raketamiseks kasutatakse Multiflex puittala laeraketisi või TK lavaraketisi. Raketiste põhikomponent on GT24 ja VT20K puittalad. Postideks on Multiprop või Pep ja ST tugitornid ning kui peatalad on kõrgemal kui 3 meetrit, siis tuleb postid ühendada diagonaalsidemetega. Lagede kõrgus põhjaplaadist on kuni 3,3 meetrit. Kõik materjalid ning raketise varustus tõstetakse paika kraanaga. Vahela raketise ehitust alustatakse postide paigaldusega, mis omakorda toetuvad kolmjalgadele. Ülemistes otstes on harkpostid, millele toetuvad peatalad ning peataladele pannakse abitalad. Kui abitalad on paigaldatud, siis saab hakata vineeri paigaldama. Vajadusel naelutatakse vineer abitalade külge. Peale vineeri paigaldust raketised looditakse ning vineer õlitatakse. Armatuur tõstetakse kraanaga pakkidena rakisele ning laotakse laiali ning seotakse omavahel armatuuritraadiga kinni vastavalt joonistele. Taladesse paigaldatakse järelpinge trossid vastavalt spetsifikatsioonile. Peale armeerimist saab alustada betoneerimisega. Betoneerimiseks kasutatakse betoonipumpasid ning betoon tuuakse kohale segurautodega. Betooni tihendamiseks kasutatakse nuivibraatoreid. Peale betoneerimist alustatakse betooni lihvimise ja tasandamisega. Peale lihvimist ja tasandamist tuleb alustada betooni järeltötlusega vastavalt ilmastikule. Lahtiraketamist võib tavatingimustes alustada viie päeva möödudes. Lahtiraketamisel eemaldatakse vahepostid ning lühendatakse põhiposte, et saaks vineeri kätte. Lahtiraketamisel tuleb jätke ajutised toed 28 päevaks. Kui raketise elemendid on eemaldatud, siis tuleb need puhastada. Tabelis 6.24 on toodud B3 lagede ehitamise tööjõukulu arvutused ja tabelis 6.25 B3 lagede ehitamise tehnoloogilised arvutused

Tabel 6.23 B3 lagede mahud

<b>B3 laed</b>	<b>Kogus (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Maht (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Armatuur kokku (kg)</b>	<b>Raketise pindala (m<sup>2</sup>)</b>
<b>Telg 24-32</b>				
HA-1 h=250 ja tala	3 075	1 033	103 681	3 450
HA-2 h=300	1 100	330	28 050	1 100
HA-3 h=300	1 600	480	40 800	1 600
<b>Telg 24-1</b>				
HA-4 h=250 ja tala	2 550	798	77 455	2 770
HA-5 h=250 ja tala	3 375	1 058	102 782	3 660
HA-6 h=300	875	263	22 313	875
HA-7 h=350	1 180	413	35 105	1 180
HA-8 h=350	1 270	445	37 825	1 270
HA-9 h=300	2 480	744	63 240	2 480
HA-10 h=300	2 425	728	61 880	2 425
HA-11 h=300	2 425	728	61 880	2 425
HA-12 h=300	2 595	779	66 215	2 595

Tabel 6.24 B3 lagede ehitamise tööjõukulu arvutused

Jrk nr	Töö nimetus	Ühik	Ajanorm	Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu	
				Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa	
				1		2		3	
				in-h	in-h	in-h	in-h	in-h	in-h
	mas-h	Ühikuid	mas-h	Ühikuid	mas-h	Ühikuid	mas-h	Ühikuid	mas-h
1	2	3	4	5.1	6.1	5.2	6.2	5.3	6.3
<b>1</b>	<b>Rakestamine B3 laed</b>								
1.1	Raketise tõstmine kraanaga	m <sup>2</sup>	0,05	3 450,00	172,50	1 100,00	55,00	1 600,00	80,00
1.2	Möödistustöö	m <sup>2</sup>	0,02	3 450,00	69,00	1 100,00	22,00	1 600,00	32,00
1.4	Sarrusvõrkude paigaldamine ja sidumine - 12 - 16 mm armatuur, 5 in-h/1000 kg	t	5,00	103,69	518,45	28,05	140,25	40,80	204,00
1.5	Kraanaga tõste armatuuril	t	0,10	103,69	10,37	28,05	2,81	40,80	4,08
1.6	Raketise ehitus ja paigaldus	m <sup>2</sup>	0,13	3 450,00	448,50	1 100,00	143,00	1 600,00	208,00
<b>1</b>	<b>Rakestamine kokku</b>	in-h			1 035,95		305,25		444,00
		mas-h			182,87		57,81		84,08
		in-vah			129,49		38,16		55,50
		mas-vah			22,86		7,23		10,51
<b>2</b>	<b>Betoneerimine B3 laed</b>								
2.1	Betooni pumpamine pumbaga objektile	m <sup>3</sup>	0,10	1 033,00	103,30	330,00	33,00	480,00	48,00
2.2	Betoneerimine ja vibreerimine	m <sup>3</sup>	0,30	1 033,00	309,90	330,00	99,00	480,00	144,00
2.3	Betooni järeltööd	m <sup>3</sup>	0,03	1 033,00	30,99	330,00	9,90	480,00	14,40
<b>1</b>	<b>Betoneerimine kokku</b>	in-h			340,89		108,90		158,40
		mas-h			103,30		33,00		48,00
		in-vah			42,61		13,61		19,80
		mas-vah			12,91		4,13		6,00
<b>3</b>	<b>Lahtirakestamine B3 laed</b>								
3.1	Raketise lahtivõtmine	m <sup>2</sup>	0,08	3 450,00	276,00	1 100,00	88,00	1 600,00	128,00
3.2	Raketise puhastamine ja õlitamine	m <sup>2</sup>	0,08	3 450,00	276,00	1 100,00	88,00	1 600,00	128,00
<b>1</b>	<b>Lahtirakestamine kokku</b>	in-h			552,00		176,00		256,00
		mas-h			0,00		0,00		0,00
		in-vah			69,00		22,00		32,00
		mas-vah			0,00		0,00		0,00

Tabel 6.24 B3 lagede ehitamise tööjõukulu arvutused järg

Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu	
Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa	
4		5		6		7		8		9	
Ühikuid	in-h	Ühikuid	in-h	Ühikuid	in-h	Ühikuid	in-h	Ühikuid	in-h	Ühikuid	in-h
	mas-h		mas-h		mas-h		mas-h		mas-h		mas-h
5.4	6.4	5.5	6.5	5.6	6.6	5.7	6.7	5.8	6.8	5.9	6.9
2 550,00	127,50	3 375,00	168,75	875,00	43,75	1 180,00	59,00	1 270,00	63,50	2 480,00	124,00
2 550,00	51,00	3 375,00	67,50	875,00	17,50	1 180,00	23,60	1 270,00	25,40	2 480,00	49,60
77,46	387,30	102,79	513,95	22,32	111,60	35,11	175,55	37,83	189,15	63,24	316,20
77,46	7,75	102,79	10,28	22,32	2,23	35,11	3,51	37,83	3,78	63,24	6,32
2 550,00	331,50	3 375,00	438,75	875,00	113,75	1 180,00	153,40	1 270,00	165,10	2 480,00	322,40
	769,80		1 020,20		242,85		352,55		379,65		688,20
	135,25		179,03		45,98		62,51		67,28		130,32
	96,23		127,53		30,36		44,07		47,46		86,03
	16,91		22,38		5,75		7,81		8,41		16,29
798,00	79,80	1 058,00	105,80	263,00	26,30	413,00	41,30	445,00	44,50	744,00	74,40
798,00	79,80	1 058,00	317,40	263,00	78,90	413,00	123,90	445,00	133,50	744,00	223,20
798,00	23,94	1 058,00	31,74	263,00	7,89	413,00	12,39	445,00	13,35	744,00	22,32
	103,74		349,14		86,79		136,29		146,85		245,52
	79,80		105,80		26,30		41,30		44,50		74,40
	12,97		43,64		10,85		17,04		18,36		30,69
	9,98		13,23		3,29		5,16		5,56		9,30
2 550,00	204,00	3 375,00	270,00	875,00	70,00	1 180,00	94,40	1 270,00	101,60	2 480,00	198,40
2 550,00	204,00	3 375,00	270,00	875,00	70,00	1 180,00	94,40	1 270,00	101,60	2 480,00	198,40
	408,00		540,00		140,00		188,80		203,20		396,80
	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
	51,00		67,50		17,50		23,60		25,40		49,60
	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00

Tabel 6.24 B3 lagede ehitamise tööjõukulu arvutused järg

Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu	
Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa	
10		11		12		Kokku	
Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h
5.10	6.10	5.11	6.11	5.12	6.12	7	8
2 425,00	121,25	2 425,00	121,25	2 595,00	129,75	25 325,00	1 266,25
2 425,00	48,50	2 425,00	48,50	2 595,00	51,90	25 325,00	506,50
61,89	309,45	61,89	309,45	66,22	331,10	701,29	3 506,45
61,89	6,19	61,89	6,19	66,22	6,62	701,29	70,13
2 425,00	315,25	2 425,00	315,25	2 595,00	337,35	25 325,00	3 292,25
	673,20		673,20		720,35		7 305,20
	127,44		127,44		136,37		1 336,38
	84,15		84,15		90,04		913,15
	15,93		15,93		17,05		167,05
728,00	72,80	728,00	72,80	779,00	77,90	7 799,00	779,90
728,00	218,40	728,00	218,40	779,00	233,70	7 799,00	2 339,70
728,00	21,84	728,00	21,84	779,00	23,37	7 799,00	233,97
	240,24		240,24		257,07		2 573,67
	72,80		72,80		77,90		779,90
	30,03		30,03		32,13		321,71
	9,10		9,10		9,74		97,49
2 425,00	194,00	2 425,00	194,00	2 595,00	207,60	25 325,00	2 026,00
2 425,00	194,00	2 425,00	194,00	2 595,00	207,60	25 325,00	2 026,00
	388,00		388,00		415,20		4 052,00
	0,00		0,00		0,00		0,00
	48,50		48,50		51,90		506,50
	0,00		0,00		0,00		0,00



Tabel 6.25 B3 lagede ehitamise tehnoloogilised arvutused

Jrk nr	Töö nimetus	Eriala/mark	Arv	Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				Haardealade kaupa			
				1				2				3			
				Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus
				Tööjõukulu	Kestus			Tööjõukulu	Kestus			Tööjõukulu	Kestus		
				in-vah				in-vah				in-vah			
mas-vah	vah	mas-vah	vah	mas-vah	vah	mas-vah	vah								
1	2	3	4	5.1	5.2	5.3	5.4	6.1	6.2	6.3	6.4	7.1	7.2	7.3	7.4
1	Raketise ehitamine	Kraana Liebherr	2	22,86	11,43	0,76	15	7,23	3,61	0,60	6	10,51	5,26	0,66	8
		Rakestaja ja armeerija	9	129,49	14,39	0,96		38,16	4,24	0,71		55,50	6,17	0,77	
2	Betoneerimine	Betoonipump	4	12,91	3,23	1,29	2,50	4,13	1,03	1,03	1	6,00	1,50	1,50	1
		Betoneerija	16	42,61	2,66	1,07		13,61	0,85	0,85		19,80	1,24	1,24	
3	Lahti rakestamine	Rakestaja	10	69,00	6,90	0,99	7	22,00	2,20	0,73	3	32,00	3,20	0,64	5

Tabel 6.25 B3 lagede ehitamise tehnoloogilised arvutused järg

Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				Haardealade kaupa			
4				5				6			
Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus
Tööjõukulu	Kestus			Tööjõukulu	Kestus			Tööjõukulu	Kestus		
in-vah				in-vah				in-vah			
mas-vah	vah	vah	mas-vah	vah	vah	mas-vah	vah				
8.1	8.2	8.3	8.4	9.1	9.2	9.3	9.4	10.1	10.2	10.3	10.4
16,91	8,45	0,70	12	22,38	11,19	0,80	14	5,75	2,87	0,57	5
96,23	10,69	0,89		127,53	14,17	1,01		30,36	3,37	0,67	
9,98	2,49	1,00	2,50	13,23	3,31	1,32	2,50	3,29	0,82	0,82	1
12,97	0,81	0,32		43,64	2,73	1,09		10,85	0,68	0,68	
51,00	5,10	0,85	6	67,50	6,75	0,96	7	17,50	1,75	0,88	2

Tabel 6.25 B3 lagede ehitamise tehnoloogilised arvutused järg

Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				Haardealade kaupa			
7				8				9			
Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus
Tööjõukulu	Kestus			Tööjõukulu	Kestus			Tööjõukulu	Kestus		
in-vah				in-vah				in-vah			
mas-vah	vah		vah	mas-vah	vah		vah	mas-vah	vah		vah
11.1	11.2	11.3	11.4	12.1	12.2	12.3	12.4	13.1	13.2	13.3	13.4
7,81	3,91	0,65	6	8,41	4,21	0,70	6	16,29	8,15	0,81	10
44,07	4,90	0,82		47,46	5,27	0,88		86,03	9,56	0,96	
5,16	1,29	1,29	1	5,56	1,39	0,93	1,50	9,30	2,33	1,16	2
17,04	1,06	1,06		18,36	1,15	0,76		30,69	1,92	0,96	
23,60	2,36	0,79	3	25,40	2,54	0,85	3	49,60	4,96	0,99	5

Tabel 6.25 B3 lagede ehitamise tehnoloogilised arvutused järg

Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				Haardealade kaupa			
10				11				12			
Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus
Tööjõukulu	Kestus			Tööjõukulu	Kestus			Tööjõukulu	Kestus		
in-vah				in-vah				in-vah			
mas-vah	vah		vah	mas-vah	vah		vah	mas-vah	vah		vah
14.1	14.2	14.3	14.4	15.1	15.2	15.3	15.4	16.1	16.2	16.3	16.4
15,93	7,96	0,80	10	15,93	7,96	0,80	10	17,05	8,52	0,85	10
84,15	9,35	0,94		84,15	9,35	0,94		90,04	10,00	1,00	
9,10	2,28	1,14	2	9,10	2,28	1,14	2	9,74	2,43	1,22	2
30,03	1,88	0,94		30,03	1,88	0,94		32,13	2,01	1,00	
48,50	4,85	0,97	5	48,50	4,85	0,97	5	51,90	5,19	1,04	5

B3 ja B2 vahelae rajamine võtab 24 - 32 telgedes aega 49 päeva, telgedes 1 - 24 võtab vahelae valu aega 140 päeva. Telgedes 24 - 32 saab koheselt alustada B2 korruse postide ning seinte valuga. B2 korrusel on kriitilise tähtsusega järelpinge vahelagede postide valu, et saaks järgmist vahelae raketisi hakata paigaldama.

B2 korrusel alustatakse postide valuga telgedes 24 - 32. Kõik toimub analoogselt B3 korrusele. B2 postide mahud on toodud tabelis 6.26. Jagan kogu objekti kolmeks haardealaks vastavalt hoonetele - telg 1 - 9, telg 9 - 24 ja telg 24 -32. Kuna telgedes 1 - 14 puudub B2 ja B1 vaheline vahelagi, siis seal on postid pikkusega kuni 7,5 meetrit. Tabelis 6.27 on toodud B2 postide ehitamise tööjõukulu arvutsed ja tabelis 6.28 B2 postide tehnoloogilised arvutused.

Tabel 6.26 B2 postide mahud

<b>B2 postid</b>	<b>Kogus (tk)</b>	<b>Maht ühel (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Armatuur ühel (kg)</b>	<b>Raketise pindala ühel (m<sup>2</sup>)</b>
<b>Telg 24-32 HA-1</b>				
D=600 mm	17	0,85	153	6,22
D=700 mm	8	1,1	198	7,37
D=800 mm	19	1,49	269	8,55
600x600 mm	12	0,97	175	7,2
700x700 mm	8	1,33	240	8,4
800x800 mm	3	2,41	434	9,6
<b>Telg 9-24 HA-2</b>				
D=700 mm	16	2,66	479	16,16
D=800 mm	66	2,37	427	12,82
700x700 mm	57	1,82	328	10,36
<b>Telg 1-9 HA-3</b>				
D=700 mm	16	2,7	486	16,16
D=800 mm	47	3,42	616	18,07
700x700 mm	26	2,21	398	12,6

Tabel 6.27 B2 postide ehitamise tööjõukulu arvutused

Jrk nr	Töö nimetus	Ühik	Ajanorm	Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu	
				Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa	
				1		2		3		Kokku	
				in-h	in-h	Ühikuid	in-h	Ühikuid	in-h	Ühikuid	in-h
mas-h	mas-h		mas-h		mas-h		mas-h		mas-h		
1	2	3	4	5.1	6.1	5.2	6.2	5.3	6.3	7	8
<b>1</b>	<b>Rakestamine B2 postid</b>										
1.1	Raketise tõstmine kraanaga	m <sup>2</sup>	0,05	509,55	25,48	1 695,20	84,76	1 435,45	71,77	3 640,20	182,01
1.2	Möödistustöö	m <sup>2</sup>	0,10	509,55	50,96	1 695,20	169,52	1 435,45	143,55	3 640,20	364,02
1.4	Sarrusvõrkude paigaldamine ja sidumine - 20 mm armatuur, 9,5 in-h/1000 kg	t	9,50	14,62	138,89	54,55	518,23	47,08	447,26	116,25	1 104,38
1.5	Kraanaga tõste armatuuril	t	0,10	14,62	1,46	54,55	5,46	47,08	4,71	116,25	11,63
1.6	Raketise ehitus ja paigaldus	m <sup>2</sup>	0,20	509,55	101,91	1 695,20	339,04	1 435,45	287,09	3 640,20	728,04
<b>1</b>	<b>Rakestamine kokku</b>	in-h			291,76		1 026,79		877,90		2 196,44
		mas-h			26,94		90,22		76,48		193,64
		in-vah			36,47		128,35		109,74		274,55
		mas-vah			3,37		11,28		9,56		24,20
<b>2</b>	<b>Betoneerimine B2 postid</b>										
2.1	Betooni valu kraanaga tõstetavast betoonikolust	m <sup>3</sup>	0,10	81,07	8,11	302,72	30,27	261,40	26,14	645,19	64,52
2.2	Betoneerimine ja vibreerimine	m <sup>3</sup>	0,30	81,07	24,32	302,72	90,82	261,40	78,42	645,19	193,56
2.3	Betooni järeltööd	m <sup>3</sup>	0,04	81,07	3,24	302,72	12,11	261,40	10,46	645,19	25,81
<b>1</b>	<b>Betoneerimine kokku</b>	in-h			27,56		102,92		88,88		219,36
		mas-h			8,11		30,27		26,14		64,52
		in-vah			3,45		12,87		11,11		27,42
		mas-vah			1,01		3,78		3,27		8,06
<b>3</b>	<b>Lahtirakestamine B2 postid</b>										
3.1	Raketise lahtivõtmine	m <sup>2</sup>	0,15	509,55	76,43	1 695,20	254,28	1 435,45	215,32	2 915,65	437,35
3.2	Raketise tõstmine kraanaga	m <sup>2</sup>	0,05	509,55	25,48	1 695,20	84,76	1 435,45	71,77	2 915,65	145,78
3.3	Raketise puhastamine ja õlitamine	m <sup>2</sup>	0,07	509,55	35,67	1 695,20	118,66	1 435,45	100,48	3 640,20	254,81
<b>1</b>	<b>Lahtirakestamine kokku</b>	in-h			112,10		372,94		315,80		692,16
		mas-h			25,48		84,76		71,77		145,78
		in-vah			14,01		46,62		39,47		86,52
		mas-vah			3,18		10,60		8,97		18,22

Tabel 6.28 B2 postide ehitamise tehnoloogilised arvutused

Jrk nr	Töö nimetus	Eriala/mark	Arv	Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				Haardealade kaupa			
				1				2				3			
				Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus
				Tööjõukulu	Kestus			Tööjõukulu	Kestus			Tööjõukulu	Kestus		
in- vah				in- vah				in- vah							
mas- vah	vah		vah	mas- vah	vah		vah	mas- vah	vah		vah				
1	2	3	4	5.1	5.2	5.3	5.4	6.1	6.2	6.3	6.4	7.1	7.2	7.3	7.4
1	Raketise ehitamine	Kraana Liebherr	1	3,37	3,37	0,56	6	11,28	11,28	0,56	20	9,56	9,56	0,53	18
		Rakestaja ja armeerija	6	36,47	6,08	1,01		128,35	21,39	1,07		109,74	18,29	1,02	
2	Betoneerimine	Kraana Liebherr	1	1,01	1,01	0,25	4	3,78	3,78	0,54	7	3,27	3,27	0,54	6
		Betoneerija	2	3,45	1,72	0,43		12,87	6,43	0,92		11,11	5,55	0,93	
2	Lahti rakestamine	Kraana Liebherr	1	3,18	3,18	0,80	4	10,60	10,60	0,71	15	8,97	8,97	0,69	13
		Rakestaja	3	14,01	4,67	1,17		46,62	15,54	1,04		39,47	13,16	1,01	

Telgedes 24 - 32 võtab postide valu koos lahti rakestamisega aega 14 päeva peale seda saab hakata ehitama vahelagesi antud telgedes. Telgedes 9 - 24 võtab aega postide valu 42 päeva koos lahti rakestamisega. Antud lõigus kriitilise tähtsusega on järelpinge vahelagede postide valu. Telgedes 1 - 9 postide valu võtab aega 37 päeva.

Paralleelselt postide ehitusega algab betoonseinte ehitus, sarnaselt B3 korrusele ei ole seinte ehitus kriitilise tähtsusega. Tabelis 6.29 on toodud B2 seinte mahud. Tabelis 6.30 on toodud B2 korruse seinte ehitamise tööjõukulu arvutused ja tabelis 6.31 on toodud sama korruse seinte tehnoloogilised arvutused.

Tabel 6.29 B2 seinte mahud

<b>B2 seinad</b>	<b>Kogus (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Maht (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Armatuur kokku (kg)</b>	<b>Raketise pindala (m<sup>2</sup>)</b>
<b>Telg 24-32 HA-1</b>				
L3-3	49,78	12,45	1 618	99,56
L3-1	34,22	8,55	1 112	68,43
L3-2	34,22	8,55	1 112	68,43
TK-3-2	67,32	16,83	2 188	134,64
TK-3-4	73,44	18,36	2 387	146,88
<b>Telg 9-24 HA-2</b>				
TK-2-2	83,27	20,82	2 706	166,54
TK-1-5	89,73	22,43	2 916	179,46
TK-5-1	80,38	20,10	2 612	160,76
TK-4-1	67,32	16,83	2 188	134,64
L2-3	25,84	6,46	840	51,68
L2-4	49,57	12,39	1 611	99,15
L5-7	49,81	12,45	1 619	99,62
<b>Telg 1-9 HA-3</b>				
TK-6-4	84,32	21,08	2 740	168,64
TK-6-1	81,60	20,40	2 652	163,20
L6-5	37,33	9,33	1 213	74,67
L6-1	34,06	8,51	1 107	68,11
L6-2	34,06	8,51	1 107	68,11
L6-3	42,76	10,69	1 390	85,51
L6-4	42,76	10,69	1 390	85,51

Tabel 6.30 B2 seinte ehitamise tööjõukulu arvutused

Jrk nr	Töö nimetus	Ühik	Ajanorm	Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu	
				Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa	
				1		2		3		Kokku	
				in-h	in-h	in-h	in-h	in-h	in-h	in-h	in-h
mas-h	mas-h	Ühikuid	mas-h	Ühikuid	mas-h	Ühikuid	mas-h	Ühikuid	mas-h	Ühikuid	mas-h
1	2	3	4	5.1	6.1	5.2	6.2	5.3	6.3	7	8
<b>1</b>	<b>Rakestamine B2 seinad</b>										
1.1	Raketise tõstmine kraanaga	m <sup>2</sup>	0,05	517,95	25,90	891,86	44,59	713,75	35,69	2 123,56	106,18
1.2	Möödistustöö	m <sup>2</sup>	0,03	517,95	15,54	891,86	26,76	713,75	21,41	2 123,56	63,71
1.4	Sarrusvõrkude paigaldamine ja sidumine - 8 - 10 mm armatuur, 11 in-h/1000 kg	t	11,00	8,42	92,62	14,50	159,50	11,60	127,60	34,52	379,72
1.5	Kraanaga tõste armatuuril	t	0,10	8,42	0,84	14,50	1,45	11,60	1,16	34,52	3,45
1.6	Raketise ehitus ja paigaldus	m <sup>2</sup>	0,25	517,95	129,49	891,86	222,97	713,75	178,44	2 123,56	530,89
<b>1</b>	<b>Rakestamine kokku</b>										
			in-h		237,65		409,22		327,45		974,32
			mas-h		26,74		46,04		36,85		109,63
			in-vah		29,71		51,15		40,93		121,79
			mas-vah		3,34		5,76		4,61		13,70
<b>2</b>	<b>Betoneerimine B2 seinad</b>										
2.1	Betooni pumpamine pumbaga objektile	m <sup>3</sup>	0,26	64,74	16,83	111,48	28,98	89,22	23,20	265,44	69,01
2.2	Betoneerimine ja vibreerimine	m <sup>3</sup>	0,80	64,74	51,79	111,48	89,18	89,22	71,38	265,44	212,35
2.3	Betooni järeltööd	m <sup>3</sup>	0,03	64,74	1,94	111,48	3,34	89,22	2,68	265,44	7,96
<b>1</b>	<b>Betoneerimine kokku</b>										
			in-h		53,73		92,53		74,05		220,32
			mas-h		16,83		28,98		23,20		69,01
			in-vah		6,72		11,57		9,26		27,54
			mas-vah		2,10		3,62		2,90		8,63
<b>3</b>	<b>Lahtirakestamine B2 seinad</b>										
3.1	Raketise lahtivõtmine	m <sup>2</sup>	0,10	517,95	51,80	891,86	89,19	713,75	71,38	2 915,65	291,57
3.2	Raketise tõstmine kraanaga	m <sup>2</sup>	0,05	517,95	25,90	891,86	44,59	713,75	35,69	2 915,65	145,78
3.3	Raketise puhastamine ja õlitamine	m <sup>2</sup>	0,02	517,95	10,36	891,86	17,84	713,75	14,28	2 123,56	42,47
<b>1</b>	<b>Lahtirakestamine kokku</b>										
			in-h		62,15		107,02		85,65		334,04
			mas-h		25,90		44,59		35,69		145,78
			in-vah		7,77		13,38		10,71		41,75
			mas-vah		3,24		5,57		4,46		18,22

Tabel 6.31 B2 seinte ehitamise tehnoloogilised arvutused

Jrk nr	Töö nimetus	Eriala/mark	Arv	Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				Haardealade kaupa									
				1		2		3		1		2		3		1		2		3	
				Tööjõukulu	Normatiivne	Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Tööjõukulu	Normatiivne	Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Tööjõukulu	Normatiivne	Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Tööjõukulu	Normatiivne	Normi täitmise tegur	Valitud kestus		
																				in-vah	Kestus
mas-vah	vah	vah	vah	mas-vah	vah	vah	vah	mas-vah	vah	vah	vah	mas-vah	vah	vah	vah						
1	2	3	4	5.1	5.2	5.3	5.4	6.1	6.2	6.3	6.4	7.1	7.2	7.3	7.4						
1	Raketise ehitamine	Kraana Liebherr	1	3,34	3,34	0,48	7	5,76	5,76	0,44	13	4,61	4,61	0,42	11						
		Rakestaja ja armeerija	4	29,71	7,43	1,06		51,15	12,79	0,98		40,93	10,23	0,93							
2	Betoneerimine	Betoonipump	1	2,10	2,10	0,70	3	3,62	3,62	0,60	6	2,90	2,90	0,58	5						
		Betoneerija	2	6,72	3,36	1,12		11,57	5,78	0,96		9,26	4,63	0,93							
3	Lahti rakestamine	Kraana Liebherr	1	3,24	3,24	0,81	4	5,57	5,57	0,80	7	4,46	4,46	0,89	5						
		Rakestaja	2	7,77	3,88	0,97		13,38	6,69	0,96		10,71	5,35	1,07							



Vaheseinte ehitus telgedes 24 - 32 kestab 14 päeva. Telgedes 9 - 24 kestab ehitus 26 päeva ja telgedes 1 - 9 21 päeva. Vaheseinte ehitus ei ole kriitilise tähtsusega järgmistele töödele ning lõppeb enne antud korruste vahelagede ehitust.

Vahelae raketisi B2 korrusel saab ehitama hakata kui postid on valatud ning piisava tugevusega. Tabelis 6.32 on toodud B2 lagede mahud.

Tabel 6.32 B2 lagede mahud

<b>B2 laed</b>	<b>Kogus (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Maht (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Armatuur kokku (kg)</b>	<b>Raketise pindala (m<sup>2</sup>)</b>
<b>Telg 24-32</b>				
HA-1 h=250 ja tala	3 075	1 033	103 681	3 450
HA-2 h=300	1 200	360	30 600	1 200
HA-3 h=300	1 250	375	31 875	1 250
<b>Telg 24-1</b>				
HA-4 h=250 ja tala	2 550	798	77 455	2 770
HA-5 h=250 ja tala	3 375	1 058	102 782	3 660
HA-6 h=300	1 000	300	25 500	1 000
HA-7 h=300	1 275	383	32 555	1 275
HA-8 h=300	1 525	458	38 930	1 525

Kõigepealt valatakse järelpinge taladega vahelae ja peale seda teised laed. Alustatakse telgedes 24 - 32, kus on kolm haardeala. Tabelis 6.33 on toodud B2 lagede ehitamise tööjõukulu arvutused ja tabelis 6.34 B2 lagede ehitamise tehnoloogilised arvutused.

Tabel 6.33 B2 lagede ehitamise tööjõukulu arvutused

Jrk nr	Töö nimetus	Ühik	Ajanorm	Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu	
				Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa	
				1		2		3	
				in-h	Ühikuid	in-h	Ühikuid	in-h	Ühikuid
mas-h	6.1	mas-h	5.2	mas-h	5.3	mas-h			
1	2	3	4	5.1	6.1	5.2	6.2	5.3	6.3
<b>1</b>	<b>Rakestamine B2 laed</b>								
1.1	Raketise tõstmine kraanaga	m <sup>2</sup>	0,05	3 450,00	172,50	1 200,00	60,00	1 250,00	62,50
1.2	Möödistustöö	m <sup>2</sup>	0,02	3 450,00	69,00	1 200,00	24,00	1 250,00	25,00
1.4	Sarrusvõrkude paigaldamine ja sidumine - 12 - 16 mm armatuur, 5 in-h/1000 kg	t	5,00	103,69	518,45	30,60	153,00	31,88	159,40
1.5	Kraanaga tõste armatuuril	t	0,10	103,69	10,37	30,60	3,06	31,88	3,19
1.6	Raketise ehitus ja paigaldus	m <sup>2</sup>	0,13	3 450,00	448,50	1 200,00	156,00	1 250,00	162,50
<b>1</b>	<b>Rakestamine kokku</b>								
			in-h		1 035,95		333,00		346,90
			mas-h		182,87		63,06		65,69
			in-vah		129,49		41,63		43,36
			mas-vah		22,86		7,88		8,21
<b>2</b>	<b>Betoneerimine B2 laed</b>								
2.1	Betooni pumpamine pumbaga objektile	m <sup>3</sup>	0,10	1 033,00	103,30	360,00	36,00	375,00	37,50
2.2	Betoneerimine ja vibreerimine	m <sup>3</sup>	0,30	1 033,00	309,90	360,00	108,00	375,00	112,50
2.3	Betooni järeltööd	m <sup>3</sup>	0,03	1 033,00	30,99	360,00	10,80	375,00	11,25
<b>1</b>	<b>Betoneerimine kokku</b>								
			in-h		340,89		118,80		123,75
			mas-h		103,30		36,00		37,50
			in-vah		42,61		14,85		15,47
			mas-vah		12,91		4,50		4,69
<b>3</b>	<b>Lahtirakestamine B2 laed</b>								
3.1	Raketise lahtivõtmine	m <sup>2</sup>	0,08	3 450,00	276,00	1 200,00	96,00	1 250,00	100,00
3.2	Raketise puhastamine ja õlitamine	m <sup>2</sup>	0,08	3 450,00	276,00	1 200,00	96,00	1 250,00	100,00
<b>1</b>	<b>Lahtirakestamine kokku</b>								
			in-h		552,00		192,00		200,00
			mas-h		0,00		0,00		0,00
			in-vah		69,00		24,00		25,00
			mas-vah		0,00		0,00		0,00

Tabel 6.33 B2 lagede ehitamise tööjõukulu arvutused järg

Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu	
Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa	
4		5		6		7		8		Kokku	
Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h
5.4	6.4	5.5	6.5	5.6	6.6	5.7	6.7	5.8	6.8	7	8
2 550,00	127,50	3 375,00	168,75	1 000,00	50,00	1 275,00	63,75	1 525,00	76,25	15 625,00	781,25
2 550,00	51,00	3 375,00	67,50	1 000,00	20,00	1 275,00	25,50	1 525,00	30,50	15 625,00	312,50
77,46	387,30	102,79	513,95	25,50	127,50	32,56	162,80	38,93	194,65	443,41	2 217,05
77,46	7,75	102,79	10,28	25,50	2,55	32,56	3,26	38,93	3,89	443,41	44,34
2 550,00	331,50	3 375,00	438,75	1 000,00	130,00	1 275,00	165,75	1 525,00	198,25	15 625,00	2 031,25
	769,80		1 020,20		277,50		354,05		423,40		4 560,80
	135,25		179,03		52,55		67,01		80,14		825,59
	96,23		127,53		34,69		44,26		52,93		570,10
	16,91		22,38		6,57		8,38		10,02		103,20
798,00	79,80	1 058,00	105,80	300,00	30,00	383,00	38,30	458,00	45,80	4 765,00	476,50
798,00	79,80	1 058,00	317,40	300,00	90,00	383,00	114,90	458,00	137,40	4 765,00	1 429,50
798,00	23,94	1 058,00	31,74	300,00	9,00	383,00	11,49	458,00	13,74	4 765,00	142,95
	103,74		349,14		99,00		126,39		151,14		1 572,45
	79,80		105,80		30,00		38,30		45,80		476,50
	12,97		43,64		12,38		15,80		18,89		196,56
	9,98		13,23		3,75		4,79		5,73		59,56
2 550,00	204,00	3 375,00	270,00	1 000,00	80,00	1 275,00	102,00	1 525,00	122,00	15 625,00	1 250,00
2 550,00	204,00	3 375,00	270,00	1 000,00	80,00	1 275,00	102,00	1 525,00	122,00	15 625,00	1 250,00
	408,00		540,00		160,00		204,00		244,00		2 500,00
	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
	51,00		67,50		20,00		25,50		30,50		312,50
	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00

Tabel 6.34 B2 lagede ehitamise tehnoloogilised arvutused

Jrk nr	Töö nimetus	Eriala/mark	Arv	Haardealade kaupa		Haardealade kaupa						Haardealade kaupa									
				1		Normi täitmise tegur		Valitud kestus		2		Normi täitmise tegur		Valitud kestus		3		Normi täitmise tegur		Valitud kestus	
				Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus		
				Tööjõukulu	Kestus			Tööjõukulu	Kestus			Tööjõukulu	Kestus			Tööjõukulu	Kestus				
				in-vah		in-vah		in-vah		in-vah		in-vah		in-vah		in-vah					
mas-vah	vah	mas-vah	vah	mas-vah	vah	mas-vah	vah	mas-vah	vah	mas-vah	vah	mas-vah	vah								
1	2	3	4	5.1	5.2	5.3	5.4	6.1	6.2	6.3	6.4	7.1	7.2	7.3	7.4						
1	Raketise ehitamine	Kraana Liebherr	2	22,86	11,43	0,76	15	7,88	3,94	0,66	6	8,21	4,11	0,68	6						
		Rakestaja ja armeerija	9	129,49	14,39	0,96		41,63	4,63	0,77		43,36	4,82	0,80							
2	Betoneerimine	Betoonipump	4	12,91	3,23	1,29	2,50	4,50	1,13	1,13	1	4,69	1,17	1,17	1						
		Betoneerija	16	42,61	2,66	1,07		14,85	0,93	0,93		15,47	0,97	0,97							
3	Lahti rakestamine	Rakestaja	10	69,00	6,90	0,99	7	24,00	2,40	0,80	3	25,00	2,50	0,83	3						

Tabel 6.34 B2 lagede ehitamise tehnoloogilised arvutused järg

Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				Haardealade kaupa			
4		Normi täitmise tegur		5		Normi täitmise tegur		6		Normi täitmise tegur		7		Normi täitmise tegur	
Normatiivne	Kestus	Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus
Tööjõukulu				Tööjõukulu	Kestus			Tööjõukulu	Kestus			Tööjõukulu	Kestus		
in-vah				in-vah				in-vah				in-vah			
mas-vah	vah		vah	mas-vah	vah		vah	mas-vah	vah		vah	mas-vah	vah		vah
8.1	8.2	8.3	8.4	9.1	9.2	9.3	9.4	10.1	10.2	10.3	10.4	11.1	11.2	11.3	11.4
16,91	8,45	0,70	12	22,38	11,19	0,80	14	6,57	3,28	0,55	6	8,38	4,19	0,70	6
96,23	10,69	0,89		127,53	14,17	1,01		34,69	3,85	0,64		44,26	4,92	0,82	
9,98	2,49	1,00	2,50	13,23	3,31	1,32	2,50	3,75	0,94	0,94	1	4,79	1,20	1,20	1
12,97	0,81	0,32		43,64	2,73	1,09		12,38	0,77	0,77		15,80	0,99	0,99	
51,00	5,10	0,85	6	67,50	6,75	0,96	7	20,00	2,00	0,67	3	25,50	2,55	0,85	3

Tabel 6.34 B2 lagede ehitamise tehnoloogilised arvutused järg

Haardealade kaupa			
8			
Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus
Tööjõukulu	Kestus		
in-vah		mas-vah	12.3
12.1	12.2	12.3	12.4
10,02	5,01	0,83	6
52,93	5,88	0,98	
5,73	1,43	1,43	1,00
18,89	1,18	1,18	
30,50	3,05	1,02	

Vahelae ehitus on kriitilise tähtsusega järgmisele korrusele, et saaks poste ja vaheseinu rajada. 24 - 32 telgedes vahelae ehitus võtab aega 45 päeva. Telgedes 1 - 24 võtab vahelae ehitus aega 74 päeva kuna osaliselt seal vahelagi puudub.

B1 korrusel alustatakse telgedes 24 - 32 postide ehitusega järeldamine vahelae osas esimesena. Edasi liigutakse analoogselt eelmistele korrustele. Tabelis 6.35 on toodud B1 korruse postide mahud. Tabelis 6.36 on toodud B1 postide ehitamise tööjõukulu arvutused ja tabelis 6.37 B1 postide tehnoloogilised arvutused.

Tabel 6.35 B1 postide mahud

B1 postid	Kogus (tk)	Maht ühel (m <sup>3</sup> )	Armatuur ühel (kg)	Raketise pindala ühel (m <sup>2</sup> )
<b>Telg 24-32 HA-1</b>				
D=600 mm	16	1,05	189	5,47
D=700 mm	22	1	180	6,49
D=800 mm	4	1,26	227	7,54
600x600 mm	12	0,9	162	6
700x700 mm	8	1,23	222	7
800x800 mm	3	2,4	432	9,6
<b>Telg 9-24 HA-2</b>				
D=700 mm	1	1,59	287	6,49
D=800 mm	55	1,4	252	8,55
700x700 mm	39	1,5	270	8,4
<b>Telg 1-9 HA-3</b>				
D=800 mm	1	1,36	245	7,79
700x700 mm	14	1,8	324	10,36

Tabel 6.36 B1 postide ehitamise tööjõukulu arvutused

Jrk nr	Töö nimetus	Ühik	Ajanorm	Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu	
				Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa	
				1		2		3		Kokku	
				in-h	in-h	in-h	in-h	in-h	in-h	in-h	in-h
mas-h	mas-h	Ühikuid	mas-h	Ühikuid	mas-h	Ühikuid	mas-h	Ühikuid	mas-h	Ühikuid	mas-h
1	2	3	4	5.1	6.1	5.2	6.2	5.3	6.3	7	8
<b>1</b>	<b>Rakestamine B1 postid</b>										
1.1	Raketise tõstmine kraanaga	m <sup>2</sup>	0,05	417,26	20,86	804,34	40,22	152,83	7,64	1 374,43	68,72
1.2	Möödistustöö	m <sup>2</sup>	0,10	417,26	41,73	804,34	80,43	152,83	15,28	1 374,43	137,44
1.4	Sarrusvõrkude paigaldamine ja sidumine - 20 mm armatuur, 9,5 in-h/1000 kg	t	9,50	12,91	122,65	24,68	234,46	4,79	45,51	42,38	402,61
1.5	Kraanaga tõste armatuuril	t	0,10	12,91	1,29	24,68	2,47	4,79	0,48	42,38	4,24
1.6	Raketise ehitus ja paigaldus	m <sup>2</sup>	0,20	417,26	83,45	804,34	160,87	152,83	30,57	1 374,43	274,89
<b>1</b>	<b>Rakestamine kokku</b>										
			in-h		247,82		475,76		91,35		814,94
			mas-h		22,15		42,69		8,12		72,96
			in-vah		30,98		59,47		11,42		101,87
			mas-vah		2,77		5,34		1,02		9,12
<b>2</b>	<b>Betoneerimine B1 postid</b>										
2.1	Betooni valu kraanaga tõstetavast betoonikolust	m <sup>3</sup>	0,10	71,68	7,17	137,09	13,71	26,56	2,66	235,33	23,53
2.2	Betoneerimine ja vibreerimine	m <sup>3</sup>	0,30	71,68	21,50	137,09	41,13	26,56	7,97	235,33	70,60
2.3	Betooni järeltööd	m <sup>3</sup>	0,04	71,68	2,87	137,09	5,48	26,56	1,06	235,33	9,41
<b>1</b>	<b>Betoneerimine kokku</b>										
			in-h		24,37		46,61		9,03		80,01
			mas-h		7,17		13,71		2,66		23,53
			in-vah		3,05		5,83		1,13		10,00
			mas-vah		0,90		1,71		0,33		2,94
<b>3</b>	<b>Lahtirakestamine B1 postid</b>										
3.1	Raketise lahtivõtmine	m <sup>2</sup>	0,15	417,26	62,59	804,34	120,65	152,83	22,92	2 915,65	437,35
3.2	Raketise tõstmine kraanaga	m <sup>2</sup>	0,05	417,26	20,86	804,34	40,22	152,83	7,64	2 915,65	145,78
3.3	Raketise puhastamine ja õlitamine	m <sup>2</sup>	0,07	417,26	29,21	804,34	56,30	152,83	10,70	1 374,43	96,21
<b>1</b>	<b>Lahtirakestamine kokku</b>										
			in-h		91,80		176,95		33,62		533,56
			mas-h		20,86		40,22		7,64		145,78
			in-vah		11,47		22,12		4,20		66,69
			mas-vah		2,61		5,03		0,96		18,22

Tabel 6.37 B1 postide ehitamise tehnoloogilised arvutused

Jrk nr	Töö nimetus	Eriala/mark	Arv	Haardealade kaupa			Haardealade kaupa			Haardealade kaupa								
				1			2			3								
				in- vah	Tööjõukulu	Normatiivne Kestus	Normi täitmise tegur	vah	in- vah	Tööjõukulu	Normatiivne Kestus	Normi täitmise tegur	vah	in- vah	Tööjõukulu	Normatiivne Kestus	Normi täitmise tegur	vah
1	2	3	4	5.1	5.2	5.3	5.4	6.1	6.2	6.3	6.4	7.1	7.2	7.3	7.4			
1	Raketise ehitamine	Kraana Liebherr	1	2,77	2,77	0,55	5	5,34	5,34	0,53	10	1,02	1,02	0,51	2			
		Rakestaja ja armeeriija	6	30,98	5,16	1,03		59,47	9,91	0,99		11,42	1,90	0,95				
2	Betoneerimine	Kraana Liebherr	1	0,90	0,90	0,22	4	1,71	1,71	0,34	5	0,33	0,33	0,33	1			
		Betoneeriija	2	3,05	1,52	0,38		5,83	2,91	0,58		1,13	0,56	0,56				
2	Lahti rakestamine	Kraana Liebherr	1	2,61	2,61	0,65	4	5,03	5,03	0,63	8	0,96	0,96	0,48	2			
		Rakestaja	3	11,47	3,82	0,96		22,12	7,37	0,92		4,20	1,40	0,70				

B1 korruste postide ehitus võtab aega telgedes 24 - 32 13 päeva, telgedes 9 - 24 23 päeva ja telgedes 1 - 9 5 päeva. Postide valu on kriitilise tähtsusega vahelae ehituseks. Vahelae valmides B2 korrusel alustatakse vaiseina ääres seinte ehitusega B1 korrusel. Tabelis 6.38 on toodud B1 korruse seinte mahud. Tabelis 6.38 on toodud B1 korruse seinte ehitamise tööjõukulu arvutused ja tabelis 6.39 on toodud sama korruse seinte tehnoloogilised arvutused.

Tabel 6.38 B1 seinte mahud

<b>B1 seinad</b>	<b>Kogus (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Maht (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Armatuur kokku (kg)</b>	<b>Raketise pindala (m<sup>2</sup>)</b>
<b>Telg 24-32 HA-1</b>				
L3-3	52,71	13,18	1 713	105,42
L3-1	36,23	9,06	1 178	72,46
L3-2	36,23	9,06	1 178	72,46
TK-3-2	71,28	17,82	2 317	142,56
TK-3-4	77,76	19,44	2 527	155,52
<b>Telg 9-24 HA-2</b>				
TK-2-2	88,17	22,05	2 867	176,34
TK-1-5	95,01	23,76	3 089	190,02
TK-5-1	85,11	21,28	2 766	170,22
TK-4-1	71,28	17,82	2 317	142,56
L2-3	27,36	6,84	889	54,72
L2-4	52,49	13,13	1 707	104,98
L5-7	52,74	13,19	1 715	105,48
<b>Telg 1-9 HA-3</b>				
TK-6-4	89,28	22,32	2 902	178,56
TK-6-1	86,40	21,60	2 808	172,80
L6-5	39,53	9,89	1 286	79,06
L6-1	36,06	9,02	1 173	72,12
L6-2	36,06	9,02	1 173	72,12
L6-3	45,27	11,32	1 472	90,54
L6-4	45,27	11,32	1 472	90,54



Tabel 6.39 B1 seinte ehitamise tööjõukulu arvutused

Jrk nr	Töö nimetus	Ühik	Ajanorm	Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu	
				Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa	
				1		2		3		Kokku	
				in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid
1	2	3	4	5.1	6.1	5.2	6.2	5.3	6.3	7	8
<b>1</b>	<b>Rakestamine B1 seinad</b>										
1.1	Raketise tõstmine kraanaga	m <sup>2</sup>	0,05	548,42	27,42	944,32	47,22	755,74	37,79	2 248,48	112,42
1.2	Möödistustöö	m <sup>2</sup>	0,03	548,42	16,45	944,32	28,33	755,74	22,67	2 248,48	67,45
1.4	Sarrusvõrkude paigaldamine ja sidumine - 8 - 10 mm armatuur, 11 in-h/1000 kg	t	11,00	8,92	98,12	15,35	168,85	12,29	135,19	36,56	402,16
1.5	Kraanaga tõste armatuuril	t	0,10	8,92	0,89	15,35	1,54	12,29	1,23	36,56	3,66
1.6	Raketise ehitus ja paigaldus	m <sup>2</sup>	0,25	548,42	137,11	944,32	236,08	755,74	188,94	2 248,48	562,12
<b>1</b>	<b>Rakestamine kokku</b>										
			in-h		251,68		433,26		346,80		1 031,73
			mas-h		28,31		48,75		39,02		116,08
			in-vah		31,46		54,16		43,35		128,97
			mas-vah		3,54		6,09		4,88		14,51
<b>2</b>	<b>Betoneerimine B1 seinad</b>										
2.1	Betooni pumpamine pumbaga objektile	m <sup>3</sup>	0,26	68,56	17,83	118,07	30,70	94,49	24,57	281,12	73,09
2.2	Betoneerimine ja vibreerimine	m <sup>3</sup>	0,80	68,56	54,85	118,07	94,46	94,49	75,59	281,12	224,90
2.3	Betooni järeltööd	m <sup>3</sup>	0,03	68,56	2,06	118,07	3,54	94,49	2,83	281,12	8,43
<b>1</b>	<b>Betoneerimine kokku</b>										
			in-h		56,90		98,00		78,43		233,33
			mas-h		17,83		30,70		24,57		73,09
			in-vah		7,11		12,25		9,80		29,17
			mas-vah		2,23		3,84		3,07		9,14
<b>3</b>	<b>Lahtirakestamine B1 seinad</b>										
3.1	Raketise lahtivõtmine	m <sup>2</sup>	0,10	548,42	54,84	944,32	94,43	755,74	75,57	2 915,65	291,57
3.2	Raketise tõstmine kraanaga	m <sup>2</sup>	0,05	548,42	27,42	944,32	47,22	755,74	37,79	2 915,65	145,78
3.3	Raketise puhastamine ja õlitamine	m <sup>2</sup>	0,02	548,42	10,97	944,32	18,89	755,74	15,11	2 248,48	44,97
<b>1</b>	<b>Lahtirakestamine kokku</b>										
			in-h		65,81		113,32		90,69		336,53
			mas-h		27,42		47,22		37,79		145,78
			in-vah		8,23		14,16		11,34		42,07
			mas-vah		3,43		5,90		4,72		18,22

Tabel 6.40 B1 seinte ehitamise tehnoloogilised arvutused

Jrk nr	Töö nimetus	Eriala/mark	Arv	Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				Haardealade kaupa															
				1		2		3		1		2		3		1		2		3							
				mas-vah	in-vah	Tööjõukulu	Kestus	Normatiivne	Normi täitmise tegur	vah	Valitud kestus	mas-vah	in-vah	Tööjõukulu	Kestus	Normatiivne	Normi täitmise tegur	vah	Valitud kestus	mas-vah	in-vah	Tööjõukulu	Kestus	Normatiivne	Normi täitmise tegur	vah	Valitud kestus
1	Raketise ehitamine	Kraana Liebherr	1	3,54	3,54	0,51	7	6,09	6,09	0,47	13	4,88	4,88	0,44	11												
		Rakestaja ja armeerija	4	31,46	7,86	1,12		54,16	13,54	1,04		43,35	10,84	0,99													
2	Betoneerimine	Betoonipump	1	2,23	2,23	0,74	3	3,84	3,84	0,64	6	3,07	3,07	0,61	5												
		Betoneerija	2	7,11	3,56	1,19		12,25	6,12	1,02		9,80	4,90	0,98													
3	Lahti rakestamine	Kraana Liebherr	1	3,43	3,43	0,86	4	5,90	5,90	0,84	7	4,72	4,72	0,94	5												
		Rakestaja	2	8,23	4,11	1,03		14,16	7,08	1,01		11,34	5,67	1,13													

B1 korruse vaheseinad on kriitilise tähtsusega telgedes 24 - 32, sest kogu vahelagi antud telgedes valatakse ühe valuna. Telgedes 24 - 32 vaheseinte ehitus võtab aega 14 päev ehk on võrdne postide ehitusega ning peale postide ja seinte piisava tugevuse saavutamist, saab koheselt hakata ehitama vahelae raketist. Telgedes 9 - 24 võtab seinte ehitus aega 26 päeva ja telgedes 1 - 9 võtab seinte ehitus aega 21 päeva.

B1 korruse vahelagi telgedes 24 - 32 valatakse ühe valuna ning tegemist on Eesti suurima valuga üle 2300 m<sup>3</sup>, mis kestab kokku 24 tundi. Tabelis 6.41 on B1 korruse lagede mahud. Tabelis 6.42 on toodud B1 lagede ehitamise tööjõukulu arvutused ja tabelis 6.43 B1 lagede ehitamise tehnoloogilised arvutused.

Tabel 6.41 B1 lagede mahud

<b>B1 laed</b>	<b>Kogus (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Maht (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Armatuur kokku (kg)</b>	<b>Raketise pindala (m<sup>2</sup>)</b>
<b>Telg 24-32</b>				
HA-1 h=250, h=300 ja tala	5 775	2 375	236 680	6 835
<b>Telg 24-1</b>				
HA-2 h=250 ja tala	2 550	1 190	125 230	3 285
HA-3 h=250 ja tala	3 375	1 580	166 430	4 355
HA-4 h=300	1 150	345	29 325	1 150
HA-5 h=300	2 300	690	58 650	2 300
HA-6 h=300	2 650	795	67 575	2 650
HA-7 h=300	2 500	750	63 750	2 500
HA-8 h=300	2 700	810	68 850	2 700
HA-9 h=300	2 550	765	65 025	2 550

Tabel 6.42 B1 lagede ehitamise tööjõukulu arvutused

Jrk nr	Töö nimetus	Ühik	Ajanorm	Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu	
				Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa	
				1		2		3		4	
				in-h	in-h	in-h	in-h	in-h	in-h	in-h	in-h
mas-h	mas-h	Ühikuid	Ühikuid	Ühikuid	Ühikuid	Ühikuid	Ühikuid	Ühikuid	Ühikuid	mas-h	mas-h
1	2	3	4	5.1	6.1	5.2	6.2	5.3	6.3	5.4	6.4
<b>1</b>	<b>Rakestamine B1 laed</b>										
1.1	Raketise tõstmine kraanaga	m <sup>2</sup>	0,05	6 835,00	341,75	3 285,00	164,25	4 355,00	217,75	1 150,00	57,50
1.2	Möödistustöö	m <sup>2</sup>	0,02	6 835,00	136,70	3 285,00	65,70	4 355,00	87,10	1 150,00	23,00
1.4	Sarrusvõrkude paigaldamine ja sidumine - 12 - 16 mm armatuur, 5 in-h/1000 kg	t	5,00	236,68	1 183,40	125,23	626,15	166,43	832,15	29,33	146,65
1.5	Kraanaga tõste armatuuril	t	0,10	236,68	23,67	125,23	12,52	166,43	16,64	29,33	2,93
1.6	Raketise ehitus ja paigaldus	m <sup>2</sup>	0,13	6 835,00	888,55	3 285,00	427,05	4 355,00	566,15	1 150,00	149,50
<b>1</b>	<b>Rakestamine kokku</b>	in-h			2 208,65		1 118,90		1 485,40		319,15
		mas-h			365,42		176,77		234,39		60,43
		in-vah			276,08		139,86		185,68		39,89
		mas-vah			45,68		22,10		29,30		7,55
<b>2</b>	<b>Betoneerimine B1 laed</b>										
2.1	Betooni pumpamine pumbaga objektile	m <sup>3</sup>	0,10	2 375,00	237,50	1 190,00	119,00	1 580,00	158,00	345,00	34,50
2.2	Betoneerimine ja vibreerimine	m <sup>3</sup>	0,30	2 375,00	712,50	1 190,00	357,00	1 580,00	474,00	345,00	34,50
2.3	Betooni järeltööd	m <sup>3</sup>	0,03	2 375,00	71,25	1 190,00	35,70	1 580,00	47,40	345,00	10,35
<b>1</b>	<b>Betoneerimine kokku</b>	in-h			783,75		392,70		521,40		44,85
		mas-h			237,50		119,00		158,00		34,50
		in-vah			97,97		49,09		65,18		5,61
		mas-vah			29,69		14,88		19,75		4,31
<b>3</b>	<b>Lahtirakestamine B1 laed</b>										
3.1	Raketise lahtivõtmine	m <sup>2</sup>	0,08	6 835,00	546,80	3 285,00	262,80	4 355,00	348,40	1 150,00	92,00
3.2	Raketise puhastamine ja õlitamine	m <sup>2</sup>	0,08	6 835,00	546,80	3 285,00	262,80	4 355,00	348,40	1 150,00	92,00
<b>1</b>	<b>Lahtirakestamine kokku</b>	in-h			1 093,60		525,60		696,80		184,00
		mas-h			0,00		0,00		0,00		0,00
		in-vah			136,70		65,70		87,10		23,00
		mas-vah			0,00		0,00		0,00		0,00

Tabel 6.42 B1 lagede ehitamise tööjõukulu arvutused järg

Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu		Normatiivne tööjõukulu	
Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa		Haardealade kaupa	
5		6		7		8		9		Kokku	
Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h	Ühikuid	in-h mas-h
5.5	6.5	5.6	6.6	5.7	6.7	5.8	6.8	5.9	6.9	7	8
2 300,00	115,00	2 650,00	132,50	2 500,00	125,00	2 700,00	135,00	2 550,00	127,50	28 325,00	1 416,25
2 300,00	46,00	2 650,00	53,00	2 500,00	50,00	2 700,00	54,00	2 550,00	51,00	28 325,00	566,50
58,65	293,25	67,58	337,90	63,75	318,75	68,85	344,25	65,03	325,15	881,53	4 407,65
58,65	5,87	67,58	6,76	63,75	6,38	68,85	6,89	65,03	6,50	881,53	88,15
2 300,00	299,00	2 650,00	344,50	2 500,00	325,00	2 700,00	351,00	2 550,00	331,50	28 325,00	3 682,25
	638,25		735,40		693,75		749,25		707,65		8 656,40
	120,87		139,26		131,38		141,89		134,00		1 504,40
	79,78		91,93		86,72		93,66		88,46		1 082,05
	15,11		17,41		16,42		17,74		16,75		188,05
690,00	69,00	795,00	79,50	750,00	75,00	810,00	81,00	765,00	76,50	9 300,00	930,00
690,00	207,00	795,00	238,50	750,00	225,00	810,00	243,00	765,00	229,50	9 300,00	2 790,00
690,00	20,70	795,00	23,85	750,00	22,50	810,00	24,30	765,00	22,95	9 300,00	279,00
	227,70		262,35		247,50		267,30		252,45		3 069,00
	69,00		79,50		75,00		81,00		76,50		930,00
	28,46		32,79		30,94		33,41		31,56		383,63
	8,63		9,94		9,38		10,13		9,56		116,25
2 300,00	184,00	2 650,00	212,00	2 500,00	200,00	2 700,00	216,00	2 550,00	204,00	28 325,00	2 266,00
2 300,00	184,00	2 650,00	212,00	2 500,00	200,00	2 700,00	216,00	2 550,00	204,00	28 325,00	2 266,00
	368,00		424,00		400,00		432,00		408,00		4 532,00
	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
	46,00		53,00		50,00		54,00		51,00		566,50
	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00

Tabel 6.43 B1 lagede ehitamise tehnoloogilised arvutused

Jrk nr	Töö nimetus	Eriala/mark	Arv	Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				Haardealade kaupa			
				1				2				3			
				Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus
				Tööjõukulu	Kestus			Tööjõukulu	Kestus			Tööjõukulu	Kestus		
				in-vah				in-vah				in-vah			
mas-vah	vah	mas-vah	vah	mas-vah	vah										
1	2	3	4	5.1	5.2	5.3	5.4	6.1	6.2	6.3	6.4	7.1	7.2	7.3	7.4
1	Raketise ehitamine	Kraana Liebherr	2	45,68	22,84	0,76	30	22,10	11,05	0,74	15	29,30	14,65	0,73	20
		Rakestaja ja armeerija	9	276,08	30,68	1,02		139,86	15,54	1,04		185,68	20,63	1,03	
2	Betoneerimine	Betoonipump	4	29,69	7,42	2,47	3,00	14,88	3,72	1,49	2,50	19,75	4,94	1,65	3,00
		Betoneerija	16	97,97	6,12	2,04		49,09	3,07	1,23		65,18	4,07	1,36	
3	Lahti rakestamine	Rakestaja	10	136,70	13,67	1,14	12	65,70	6,57	0,94	7	87,10	8,71	0,97	9

Tabel 6.43 B1 lagede ehitamise tehnoloogilised arvutused järg

Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				Haardealade kaupa			
4				5				6				7			
Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus
Tööjõukulu	Kestus			Tööjõukulu	Kestus			Tööjõukulu	Kestus			Tööjõukulu	Kestus		
in-vah				in-vah				in-vah							
mas-vah	vah	mas-vah	vah	mas-vah	vah	mas-vah	vah								
8.1	8.2	8.3	8.4	9.1	9.2	9.3	9.4	10.1	10.2	10.3	10.4	11.1	11.2	11.3	11.4
7,55	3,78	0,76	5	15,11	7,55	0,84	9	17,41	8,70	0,87	10	16,42	8,21	0,91	9
39,89	4,43	0,89		79,78	8,86	0,98		91,93	10,21	1,02		86,72	9,64	1,07	
4,31	1,08	1,08	1,00	8,63	2,16	1,44	1,50	9,94	2,48	1,24	2,00	9,38	2,34	1,17	2
5,61	0,35	0,35		28,46	1,78	1,19		32,79	2,05	1,02		30,94	1,93	0,97	
23,00	2,30	0,77	3	46,00	4,60	0,92	5	53,00	5,30	0,88	6	50,00	5,00	0,83	6

Tabel 6.43 B1 lagede ehitamise tehnoloogilised arvutused järg

Haardealade kaupa				Haardealade kaupa			
8				9			
Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Normatiivne		Normi täitmise tegur	Valitud kestus
Tööjõukulu	Kestus			Tööjõukulu	Kestus		
in-vah				in-vah			
mas-vah	vah	vah	mas-vah	vah	vah		
12.1	12.2	12.3	12.4	13.1	13.2	13.3	13.4
17,74	8,87	0,99	9	16,75	8,38	0,93	9
93,66	10,41	1,16		88,46	9,83	1,09	
10,13	2,53	1,27	2,00	9,56	2,39	1,20	2
33,41	2,09	1,04		31,56	1,97	0,99	
54,00	5,40	0,90	6	51,00	5,10	0,85	6

Telgedes 24 - 32 B1 korruse vahelae valu kestab 45 päeva ning on kriitilise tähtsusega maapealsete korruste ehitusele. Telgedes 1 - 24 vahelagede ehitus B1 korrusel võtab aega 150 päeva. Maa-aluse karkassi ehitus telgedes 1 - 32 võtab aega kokku B3 - B1 korrus 240 päeva. Kolmanda tehnoloogilise kaardi ajaline kestvus on 240 päeva.

# **7 MAJANDUSLIK JA UURIMUSLIK OSA - PUUDULIKU GEOLOOGIA MÕJU INJEKTSIOONANKRUTE RAJAMISE TULEMUSLIKKUSELE**

## **7.1 Lähteandmed**

Porto Franco maa-ala pindala on 26 750 m<sup>2</sup>. 2013 aasta tehti antud objektile ehitusgeoloogiauuringu aruanne Rei Geotehnika OÜ poolt töö number 3215-13 [5]. Kokku tehti esimese uuringuga objektil 26 löökpenetreerimise katset maksimaalse sügavusega kuni 28 meetrit. Eelkõige uuriti Härjapea kollektori lähedust ja lääneosa ning uuringupunktid tehti objekti perimeetris. Objekti keskel esimese puurimisega uuringuid ei tehtud. Täielikult puudus info Kuunari tänava poolse osa Admiraliteedi basseini geoloogia kohta, kus ilmnisid esimesed probleemid. Teistel objekti külgedel paiknesid juba ehitatud või ehitamisjärgus olevad hooned ning nende geoloogiaga oli võimalik eelnevalt tutvuda. Eelnevalt magistritöös olen kirjeldanud, et uurimispiirkond paikneb kesklinna mattunud ürgoru lääneveeru kohal, mis tingib geolõike muutlikkuse. EVS-EN 1536 on öeldud, et geotehniliste uuringute sügavus ja ulatus peab olema piisav, et kindlaks teha kõik ehitamist mõjutavad pinnase vormid ning kihid.

Ehitussüvendi tugevdamiseks tehti projekt Admiraliteedi kvartali ehitussüvend tööprojekt 15-2015 koostaja Johannes Pello IB OÜ [4]. Tööprojektis on selgelt öeldud, et projektis toodud injektsioonankrute pikkused on hinnangulised ja need täpsustatakse pärast prooviankrute katsetamist.

Põhjaplaadi injektsioonankrutele tehti projekt B758 koostaja EstKONSULT OÜ ning joonis tähisega EK-5-1141 [3]. Projektis on kirjeldatud, et vastavalt standardile peab prooviankrute kogus olema vähemalt 2% injektsioonankrute arvust. Kokku oli põhjaplaadile projekteeritud 905 ankrut, millest 2% on 19 katseankrut. Antud tööloigis rajati ankrud ja katsetati alati enne põhiosa puurimist. Vastavalt tulemustele korrigeeriti ankrute pikkust. Katseankruid tehti telgedes 11 – 32 vahel ehk Laeva tänavast kuni objekti  $\frac{2}{3}$  peale. Antud maa-ala laius on ca 180 meetrit. Telgedes 1 - 11 Kai tänava pool laiusel 80 meetrit katseankruid ei rajatud.

## **7.2 Töökäik**

### **7.2.1 Ankrutööd vaiseinas**

Ehitussüvendi esimese rea ankrute rajamisega suuri probleeme ei esinenud ning oli teada, et antud injektsioonankrud puuritakse väga nõrkadesse ülemise kihi liivadesse. Enamus ankruid



tehti pikkusega kuni 30 jm ning pingestusjõud oli kuni 1 000 kN ankrule. Mõningates piirkondades ankrud koormust vastu ei võtnud ning sinna rajati lisaankruid, aga kuna varasemalt oli teada, et selline probleem võib esineda, siis käesolevas magistritöös ma sellel rohkem ei peatu.

Ehitussüvendi teise rea ankrute rajamist alustati katseankrutega Poordi tänaval ja Laeva tänaval. Ankrud rajati projektijärgselt ja töövõtja initsiatiivil 3 või 4 meetrit pikemad, sest kasutatud puurimisvardad olid antud pikkusega. Kõik katseankrud Poordi tänaval ja Laeva tänaval võtsid vastu projektijärgsed vajaminevad katsetamise koormused. Laeva tänaval oli teada ka Navigaatori maja alune geoloogia, kuhu teise rea ankrud puuriti ning probleeme ei olnud. Poordi tänava poolses osas puuriti Härjapea kollektori alla ning seal ka probleeme ei esinenud.

Kuunari tänava teise rea injektsioonankrute rajamist alustati koheselt põhimahuga vastavalt projektile. Antud lõigul prooviankruid ei tehtud ning puudusid geoloogia andmed. Esimese puurimise ajal juhiti tellija tähelepanu faktile, et antud injektsioonankrud ei pruugi koormust vastu võtta, sest pole infot, mis pinnasesse puuritakse ja puurimise käigus tugevat pinnast vastu ei tule. Kuna eelnevalt olid Poordi ja Laeva tänaval kõik ankrud katsetustega pidanud, siis soovis tellija, tuginedes eelnevatele katsetustele, projektijärgselt jätkata, sest järgmiste etappide alustamisega oli tugev ajaline surve.

Tavaliselt võtab katsetamine minimaalselt 15 päeva aega, üks päev kulub injektsiooniankru rajamiseks ja 14 päeva varda ümber pumbatud tsemendilahu kivilinemiseks enne katsetamist ja pingestamist. Tellija päästis suuremast finantsilisest kaotusest see, et ankrud rajati kuni teljeni 21, kuhu maani oli tehtud puurimistöödeks alus ehk lõigul, mis oli pikkusega 80 m.

Rajati kokku 39 injektsioonankrut pikkusega 40 jm üks. Nimetatud ankrud nõutud lühiajalist koormamist 2 700 kN vastu ei võtnud. Vastavalt projektile oli nõutud pingestusjõuks injektsioonankrutel 2 100 kN. Nõutud pingestusjõudu ei võtnud vastu 12 injektsioonankrut. Maksimaalne koormus, mis üks ankur vastu võttis oli 1000 kN. Peale kõigi ankrute pingestamist tehti antud lõigus lisaankrutele uus projekt. Lisaankrud projekteeriti pikkusega 50 meetrit ning neile jäeti pingestamisel peale jõud 800-1600 kN. Kuna koheselt ei rajatud õige pikkusega injektsiooniankruid kaotati ajaliselt 2 kuud. Rahaliselt läksid lisaankrud maksma 75 500 eur. Ehitusele eelneval ajal maksis üks Kuunari tänaval tehtud pinnaseuuring 1 000 eur/tk. Minimaalselt oleks pidanud sinna tegema 10 pinnaseuuringu punkti. Uuringute maksumus oleks olnud maksimaalselt 10 000 eurot. Tabelis 7.1 on toodud pakkumised tellijale enne ja peale probleemi ilmnemist pingestamisel.

Tabel 7.1 Injektsioonankrute pakkumised vaiseinas lisaankrutele

<b>Nimetus</b>	<b>Pikkus</b>	<b>Maksumus</b>	<b>Kokku</b>	<b>Ankruid kokku</b>	<b>Maksumus kokku</b>
Projektijärgne lahendus Kuunari tänaval, pakkumine tellijale	m	eur/m	eur	tk	eur
Injektsioonankur GM103/52	40	180	7 200	39	280 800
Hilisem lahendus Kuunari tänaval lisaankrutele, pakkumine tellijale					
Lisaankrud R76x12	50	55	2 750	2	5 500
Lisaankrud GM85/38	50	140	7 000	10	70 000

Peale antud probleemi ilmnemist võeti vastu otsus, et järgmisele 100 ankrule tuleb lisada täiendavaid meetreid, et vajalikud kandevõimed oleksid tagatud. Teljel 1 - 21 jäid peale pikkuste korrigeerimist ankrud vahemikku 48 - 60 meetrit. Edaspidiselt ühtegi lisaankrut ei rajatud ja kõik ankrud võtsid nõutud 2 700 kN vastu. Tabelis 7.2 on toodud pakkumised enne ja peale teise rea Kuunari tänava ankrute pikenemisi.

Tabel 7.2 Injektsioonankrute pakkumised vaiseinas pikenemised

<b>Nimetus</b>	<b>Pikkus</b>	<b>Maksumus</b>	<b>Kokku</b>	<b>Ankruid kokku</b>	<b>Maksumus kokku</b>
Projektijärgne lahendus Kuunari tänaval, pakkumine tellijale	m	eur/m	eur	tk	eur
Injektsioonankur GM103/52	40	180	7 200	100	720 000
Hilisem lahendus Kuunari tänaval tänu pikenemistele, kallinemine tellijale					
Lisameetrid GM103/52 keskmine pikenemine ~14 jm	14	180	2 520	100	252 000

Tellija jaoks läksid Kuunari tänava teise rea ankrute pikenemised täiendavalt maksma 252 000 eurot. Ehitustööde rahaline kallinemine ja ajaline pikenemine toovad alati kaasa teatud närvilisuse ja pinge ehitaja - tellija vahelisse koostöösse. Kui eelnevalt projekteerimise staadiumis oleks kasutada olnud täpsem geoloogia, siis oleksid esialgsed hinnapakumised täpsemalt hinnastatud.

### 7.2.2 Ankrutööd põhjaplaadis

Lähteandmetes on kirjeldatud meetodikat põhjaplaadi katsetustest. Teljel 15 - 31 ei olnud ühtegi probleemi, sest objekti lõunaosas asuvad tihedad liivad ning sinna kihtidesse injektsioonankrute ankurdamine on lihtne. Ankrud antud telgede vahemikus tehti pikkusega 23 - 28 jm. Tellijale tehtud pakkumises oli arvestatud kogu objektil ankrute pikkustega 22 kuni 27

meetrit. Geoloogia oli tehtud sügavuseni maapinnalt 28 meetrit. Objektile Baltpile OÜ poolt rajatud ankrud ulatusid sügavuseni 39 meetrit (telgedes 15 - 32) maapinnast, kuna põhjaplaat oli maapinnast ca 11 meetri sügavusel. Sellest võib järeldada, et geotehnilised uuringud antud objektil olid ilmselgelt ebapiisava ulatusega ning objekti keskmises piirkonnas polnud uuringuid üldse tehtud.

Hilisemalt tehti IPT Projektijuhtimise OÜ poolt töö number 18-01-1396 Admiraliteedi kvartali pinnaseuuringud vaiade kandevõime kontrollimiseks [8]. Viimased uuringud tehti nagu pealkiri ütleb vaiade kandevõime kontrollimiseks, aga infot geoloogia kohta sealt oli võimalik saada. Objekti keskelt ei olnud endiselt täpseid uuringuid tellitud. Alates telgedest 15 läks ankrute rajamine keeruliseks, sest enam puurides mingisugust tugevat kihti vastu ei tulnudki. Kohati läksid pikkused Admiraliteedi basseini pool 44 meetrini. Maapinnalt olid ankrute otsad 55 meetri sügavusel. Keegi projekteerijatest ei osanud täpselt öelda, et kuhu ja mida täpselt puuritakse. Katsetades ankrud pidasid, kuid võrreldes esialgse pakkumisega olid pikkused ühele ankrule vähemalt 16 meetrit pikemad. Muudatustest tingituna läks injektsioonankrute rajamine ka ajaliselt pikemaks, kui oli planeeritud ning järgmised tööd algasid oluliselt hiljem. Eelnevalt oli ajagraafik koostatud lühemate ankrute rajamiseks.

Ajagraafikut ja töödemahtu võivad mõjutada erinevad tegurid – antud objektil tekkis suur probleem olukorras, kus tuvastamata isik lülitas kogu objekti veealanduskaevud välja ning puuritud injektsioonankrute tsemendilahu uhuti surveveega välja. Seda probleemi ei olnud võimalik näha, kuna kõik toimus põhjaplaadi all. Mingil hetkel tõusis vesine tsement põhjaplaadiga tasa. Sellest tulenevalt tuli hiljem juurde rajada 35 lisaankrut. Kuna karkassi ehitusega oli väga kiire, siis enne probleemsete ankrute katsetamist, ehitati juba vahelagi peale. Ankrud projektijärgset lühiajalist koormamist 1 525 kN vastu ei võtnud. Ankruid, millede ümbert tsemendilahu oli kadunud tuli lõpuks kokku 25 tk.

Liikudes puuragregaadiga telje 1 poole, siis peale väga pikkade ankrute rajamist telje 11 - 15 vahel, kus tugevat pinnast ei tulnudki, hakkasid pikkused jääma vahemikku 28 - 36 meetrit. Pikkus sõltus sellest, kus tasapinnalt algas sinisavi ülemine pind. Sinisavisse tuli puurida ca 20 meetrit. Tellija ning projekteerija tähelepanu juhiti koosolekul geoloogiale ja et telg 1 kuni 11 vahel on geoloogia väga muutuv ning puuritakse sinisavisse. Tehti ettepanek, et antud piirkonda tuleks teha veel mõningad prooviankrud, aga kuna 2% nõue oli eelnevalt täidetud, siis prooviankrutest loobuti. Samal ajal tekkisid materjali tarneprobleemid, sest kogu materjal oli eelnevalt tellitud vastavalt esialgsele projektile ning tänu pikenenemistele oli täiendavalt vaja tuhandeid meetreid vardaid juurde, millest tulenevalt tekkisid seisakud puurimisse.

Puurimise seisakud mõjutasid oluliselt tööde teiste etappide kulgu. Kuna puurimise järgi tuli oodata, sattusid ajasurve alla hoone karkassi ehitajad, kes kasutasid võõrtööjõudu ning olid seetõttu oluliselt rohkem sõltuvad varasemast ajagraafikust, siis otsustati, et enam katsetamisi ei tehta ja kui puuragregaat liikus eest, alustati koheselt laeraketise ehitusega.

Kokkuvõtlikult võib öelda, et kiirustamine ja ankrute katsetamisest loobumine mõjutasid oluliselt pingestamise tulemusi. Pingestamisel 1 kuni 11 telje vahemikus oleval alal ei võtnud lühiajalist koormamist 1 525 kN vastu kokku 70 injektsioonankrut ja hilisemalt tuli rajada ühe injektsioonankru kohta juurde 1,5 injektsioonankrut. Suurem ankrute arv tulenes sellest, et põhjaplaadi ja vahelae vahel oli võimalik kasutada ainult miniagregaat, kus masina kõrgus on 2,8 meetrit ning antud masin ei võimalda puurida väga suure diameetriga vardaid. Kõik lisatud injektsioonankrud pikkusega 32 - 44 jm rajati 1,2 meetritest juppides, mis omavahel ühendati muhvidega.

Tabel 7.3 Injektsioonankrute pakkumised põhjaplaadis

<b>Nimetus</b>	<b>Pikkus</b>	<b>Maksumus</b>	<b>Kokku</b>	<b>Ankruid kokku</b>	<b>Maksumus kokku</b>
Projektijärgne lahendus põhjaplaadi ankrutele, pakkumine tellijale	m	eur/m	eur	tk	eur
Injektsioonankur GM72-35 keskmine pikkus 24 jm	24	85	2 040	904	1 844 160
Pikenemised ankrutele keskmiselt, kallinemine tellijale					
Injektsioonankur GM72-35 keskmine pikenemine 8 jm	8	85	680	904	614 720
Lisaankrud põhjaplaadis teljed 1-11, kallinemine tellijale					
Injektsioonankur R51-950 pikkus kuni 40 jm	40	85	3 400	140	476 000

Tabelis 7.3 on toodud pakkumised enne töödega alustamist ning lisa hinnapakumised peale probleemide ilmumist. Antud tabeli järgi saab öelda, et tellijale läks esialgsest hinnapakumisest injektsioonankrute rajamine põhjaplaadis kallimaks 614 720 + 476 000 = 1 090 720 eurot. Kindlasti oleks saanud lisaankrute kallinemisi vältida täpse geoloogiaga ning mõningate lisa katsetega teljes 1-11, kui oleks tehtud projekteerimise järgus lisa uuringpunktid objekti keskele. Maksimaalselt oleks vaja olnud 20 uurimispunkti, maksumusega 20 000 eurot, mis oleks koheselt võimaldanud koostada hinnapakumised täpsemate pikkustega.

Arvestades vaiseina ja põhjaplaadi ankrute pikenemised ning lisaankrud, siis võrreldes esialgsete kokkulepetega oli kallinemine tellija jaoks 1 418 220 eurot. Selles kalkulatsioonis pole arvestatud projekteerimist ning ajalist faktorit.

## 7.3 Kokkuvõte ja järeldus

Kokkuvõtlikult võib öelda, et nii mastaapsete ja suurte projektide tegemisel tuleks kindlasti suhtuda geoloogilistesse uuringutesse väga tõsiselt ning pigem teha rohkem kui vähem. Kuna Baltpile OÜ teeb Eestis väga palju vaiamis- ning ankurdamistöid, siis pidevalt on näha, et geoloogilised aruanded on puudulikud ning pole erandiks, et tellija palub kasutada kõrvalkrundi geoloogilisi uuringuid pakkumiste koostamiseks. Kuna enamus objektide puhul vaatab tellija ainult maksumust, siis paraku liiga sageli tehakse geoloogilised uuringud ebapiisavas mahus ja neid ei peeta oluliseks.

Kui objektil tuleb injektsioonankrud ankurdada sinisavisse, siis tuleks alati pigem eelistada lahendust, kus rajatakse rohkem ja väiksema kandevõimega ankruid. Sinisavisse puurides on oht, et ankrud ei pruugi püsima jääda ning neid tuleks eelnevalt võimalikult palju katsetada, et vältida hilisemaid probleeme pingestamisel.

Täpse geoloogia järgi pakkumise tegemine hoiab ära hilisemad vaidlused, sest mida täpsema pakkumise saab ehitaja teha, seda vähem pikkused puurimisel muutuvad. Porto Franco näitel saab öelda, et kui alguses oleks olnud rohkem ja sügavamaid uuringupunkte, siis oleks kohe projekteeritud põhjaplaadi alla pikemad injektsioonankrud. Esimeses uuringus ei olnud sinisavi üldse kirjeldatud vaid uuringu tulemustes väideti, et tegemist on moreeniga ning viidati, et maa-ameti geoportaali andmetel on sinisavi maapinnast 20 - 30 m sügavusel. Viimasest tehtud uuringust tuleb välja, et Kai tänava poolses osas asub sinisavi maapinnalt vaid 15 - 20 m sügavusel.

Kindlasti oleks pidanud tegema ka uuringupunkte Kuunari tänava alla ja Admiraliteedi basseini äärde. Sellega oleks saanud vaiseina teise rea ankrute pikkused teada ja ei oleks pidanud alguses katse eksitus meetodil puurima. Porto Franco objektil oleks saanud vältida lisaankrute puurimist teises reas ning põhjaplaadi lisaankruid kokku maksumusega 551 500 eurot.

Ankrute pikenemisi poleks vältida õnnestunud, kuid täpse geoloogia puhul oleks olnud võimalik teha täpsemad hinnapakkumised ning hilisemad üllatused projekti kallinemisest oleksid ära jäänud.

Kindlasti oleks kasuks tulnud, kui objektil oleks olnud peatöövõtja. Maa-aluse osa ehitusel puudus peatöövõtja ning tellija poolne ehituse ning projekteerimise eest vastutaja muutus ehituse käigus mitmeid kordi. Ajaliselt lõpetati teise rea ankrute rajamine võrreldes esialgse graafikuga 2 kuud hiljem ning põhjaplaadi ankrute rajamine koos lisaankrutega lõpetati võrreldes esialgse graafikuga 10 kuud hiljem. Lisaankruid põhjaplaadis rajati peale hoone karkassi valmimist, sest alles siis oli võimalik hakata ankruid pingestama.

Pinnaseuuringute tegijad võiksid tellijat nõustada uuringupunktide vajaduse osas objektil, mis võimaldaks projekteerijal saada võimalikult täpsed andmed objekti geoloogia kohta. Nagu käesolevast magistritööst on näha, võivad puudulikud ja ebatäpsed geoloogia andmed oluliselt suurendada objekti maksumust ja ajalist valmimist. Lisaks peab objekti tellija suutma püstitada projekteerijale täpse ülesande mida ta soovib saada ning kaasama selleks vajadusel vajalike spetsialiste.

## **8 TÖÖ JA KESKKONNAKAITSE**

Maa-aluse osa ehitus algas juuni 2015 vaiseina rajamisega ümber hoone perimeetri ning viimased pingestamised lisaankrutele tehti august 2022. Selleks ajaks oli kogu kompleks saanud oma maksimum kõrguse ning ankrud võis lõplikult pingestada ning veelanduskaevud välja lülitada. Maa-aluse osa ehitus kestis kokku 7 aastat ja 1 kuu. Sellesse vahemikku jäid mitmeid seisakuid ning COVID-19 kriis kui ka Ukraina sõja algus. Kui ehitusel poleks olnud probleeme, siis oleks maa-alune osa valmis ehitatud kahe aastaga, lisaks oleks läinud aasta hoone karkassitööde teostamisel. Lõplikud pingestamised injektsioonankrutele oleks saanud teha 2018 lõpus.

### **8.1 Töökaitse**

Kogu ehitusaja jooksul tuleb tagada inimeste ohutus objektil ning selle ümber. Objekti perimeetril ehitatakse piirdeaed, et kõrvalised isikud ei sattuks ohutsooni. Kuna maa-aluse osa ehitusel puudub peatöövõtja, siis sõlmivad alltöövõtjad ühistegevuse kokkulepped tellijaga. Iga firma, kes teeb maa-aluse osa ehitusel töid, määrab tööohutuse eest vastutava isiku.

Ühistegevuse kokkuleppes esitatud tööohutuse eest vastutavad isikud on kohustatud täitma töötervishoiu ja tööohutuse seaduse ning töötervishoiu ja tööohutuse ehitusmääruse nõudeid ja tööohutuse koordinaatori kohustusi. Ühistegevuse alal kohustuvad osapooled omavahel kooskõlastama teostatavad tööd ja tööde teostamise ajagraafikud. Kõik töövõtjad koostavad ehitusplatsi tööohutuse plaani oma tööloigis. Tellija, Porto Franco poolt tehakse üld tööohutuse plaan, ehitusplatsi skeem ja ehitusobjekti töösisekorraeeskirjad. Kõik osapooled objektil on kohustatud neid järgima ning arvestama tööohutus plaanis väljatöötatud ohtudega. Vajadusel vaadatakse kõik tööohutus meetmed enne töödega alustamist ühiselt üle. Kõik objektil töötavad isikud peavad vormistama kirjalikult, et on tutvunud tööohutuse plaanidega, ehitusplatsi skeemi, töösisekorraeeskirjadega, neid on juhendatud oma tööloigul töötamiseks ning nad on kohustatud kasutama nõutud isikukaitsevahendeid, milleks on kiiver, ohutusvest, kaitseprillid, kindad, turvajalanõud ning vajadusel turvarakmed, hingamisteede kaitsemask ja kõrvaklapid mürakaitseks. Turvarakmete kasutamise kohta tuleb kasutada kontrolli ja hoolduste akti.

Kõik töövõtjad peavad oma tööfronti hoidma puhtana. Töökohad tuleb varustada piisavate valgustitega. Kui siseruumides kasutatakse mehhanisme, mis tekitavad heitgaase, siis tuleb heitgaasid juhtida hoonest välja. Kõik töövõtjad peavad tagama oma töötajatele nõuetekohased olmetingimused. Suitsetamine on objektil lubatud ainult selleks ettenähtud kohtades, mis on märgitud ehitusplatsi skeemil ning asukohas on lisaks vastav märk. Kõigil töövõtjatel peab olema objektil väljaõppe läbinud esmaabiandja ning esmaabivahendite komplekt. Töövõtjatel

peab olema ehitussoojakus vähemalt üks 6 kg tulekustuti. Tuletööde teostamisel peab iga tuletöökoha juures olema kaks 6 kg pulberkustutit. Tuletööde teostaja peab olema läbinud vastava koolituse ja omama sellekohast kehtivat tunnistust. Iga töövõtja töötajal peab olema võimalik kasutada hädaabinumbriks helistamiseks mobiiltelefoni. Õnnetuse korral tuleb töö viivitamatult peatada ning rakendada meetmeid õnnetuskoha likvideerimiseks, korraldada inimeste lahkumine ohtlikust piirkonnast ja teavitada tööohutuse koordinaatorit. Kõik liikumised on näidatud ehitusplatsi skeemil, suurim lubatud liikumiskiirus ehitusobjektile on 10 km/h. Iga töövõtja oma käiguteedel või töökohtadel peab vajadusel teostama libedusetõrjet.

Materjalide võib ladustada ainult ehitusplatsi skeemil näidatud kohtadesse. Töövõtjad kes kasutavad ajutisi elektrikaableid peavad arvestama, et need ei saa töö käigus viga. Pinnasel ning pinnases olevad kaablid tuleb tähistada ja kaabelliini kaitsevõõndis tuleb kaevata käsitsi. Kõik objekti töötajad on kohustatud hoiduma tegudest, mis takistavad teistel töötajatel täitmast oma töökohustusi ja rakendada kõik võimalikud abinõud normaalset töötamist takistavate põhjuste viivitamatuks kõrvaldamiseks.

Antud objektile on ohtlikud tööd vaiseina rajamine, vundamendi süvendi kaevamine, aluste tegemine, pinnasetööd, injektsioonankrute rajamine, torustikkude paigaldamine, maa-aluse hoone betoonitööd. Oht on maanhkele või varingule, muljumisele või lämbumisele. Kõik need ohuliigid on ebatõenäolised ning vähese riskiga. Antud ohtude ohutusmeetmed ja ennetustegevused, tagada kaeviku nõlvade nõuetekohased kalded või kasutada tugiseinasi. Süvendist väljapääsemiseks peab olema paigaldatud redel või trepp. Varingu riski hindamiseks tuleb arvestada pinnasetüüpidega, pinnasevee olemasolu ja võimaliku vibratsiooni mõjuga. Lisaks võivad endast ohtu kujutada kaeviku serval ladustatud materjalid või rasked esemed. Kaevetööd käigus tuleb jälgida, et ei tekkiks kuhugi praegusi. Pragude tekkimisel tuleb tööd peatada. Lähemal kui 1 meetri süvendi servast ei tohi ladustada pinnast ega raskeid materjale. Sõidukite sattumisest süvendi servale lähemale kui 1 meetri tuleb see märgistada.

Kõrgusest kukkumise ohu vältimiseks tuleb kaitsepiirded paigaldada esimesel võimalusel, kui on tekkinud kukkumise oht. Piirded tuleb paigaldada juhul kui kukkumiskõrgus on 2 meetrit või rohkem. Mehhanismide töötsoonis viibijad peavad kandma ohutusvesti ning kiivrit ja pinnase tõstmise üle inimeste peade on keelatud. Kõrvalised isikud ei tohi töötsoonis viibida. Kraanade tõstetööde tsoonis ei tohi töötada teisi töövõtjaid ega viibida kõrvalised isikud. Tõstetöid tohib teha vastava väljaõppe läbinud töötaja. Tõstetöödel võib kasutada ainult terveid tõstevahendeid ning tuleb arvestada ilmastikutingimustega.

Kõikide tööriistade kaitseeadiseid ei ole lubatud eemaldada. Pikemaajalise töö puhul pinnasetihendajaga tuleb teha töös pause. Tellingute kasutamisel peavad olema tehtud kontroll



akt. Juhul kui kasutatakse kemikaale, diiselkütust, vedelgaasi, siis tuleb tagada nende ohutuskaartide kättesaadavus ja nendes toodud ohutusnõuetest kinnipidamine. Kõik ohtlikud ained tuleb hoida nõuetekohaselt märgistatud sobilikes mahutites. Vältida aurude sisse hingamist ja kokkupuudet nahaga. Kõik kasutatavad kemikaalid, gaasid, kütused võivad olla väga tuleohtlikud.

## **8.2 Keskkonnakaitse**

### **8.2.1 – Ehitusjätmed**

Vähendada ehitustegevusest põhjustatud reostust. Ehitusjätmete nõuetekohane utiliseerimine.

Jäätmeid sorteeritakse järgnevate põhimõtete alusel: ehitusjätmed, olmejäätmed, ohtlikud ehitusjätmed (pakendid, mis sisaldavad ohtlike jäätmeid), paberi ja papi jäätmed, puitjäätmed. Jäätmekonteineri asukohad on näidatud ehitusplatsi skeemil. Keelatud on olmejäätmete, ohtlike jäätmete ja ehitusjätmete segamine. Olmejäätmete konteiner paigutatakse soojakute lähedusse.

Jäätmed edastatakse vastavat luba omavale jäätmekäitlusettevõttele. Jäätmete transportimisel tuleb katta tolmu ja väikeseid osakesi sisaldavad jäätmed kattega.

Kemikaalide ning reostunud pesuvee valamine kanalisatsiooni või pinnasesse on keelatud.

Pakendid, ehitus- ja tavajätmed ning ohtlikud jäätmed koristab iga töövõtja hiljemalt vahetuse lõppedes ja viib selleks ettenähtud konteinerisse väljaspool ehitist. Viivitamatult tuleb ehituspraht koristada käiguteedelt ja treppidelt. Töö lõppedes koristab töövõtja töökoha uue töövõtja jaoks.

### **8.2.2 – Tolm**

Vältida tolmu levikut naaberkinnistutele ning vältida pori kandumist auto ratastega väljapoole ehitusplatsi, rajades selleks porivabad liikumisteed. Porivabad liikumisteed ei tolma. Juhul kui väiksemat tolmu peaks tekkima teedele, siis kastetakse teepinda. Vajadusel puhastatakse ehitusobjekti väljasõidu ümbrust hiljemalt tööpäeva lõpus, arvestades hetkel valitsevaid olusid.

### **8.2.3 – Tulekahju**

Vähendada õhureostuse ohtu. Objektil on olemas esmased tulekustutusvahendid, mis tuleb paigutada hoones nähtavale ja kergesti ligipääsetavale kohale, eelistatult väljapääsu lähedale. Juurdepääs tulekustutusvahenditele ja elektrikilbile peab olema vaba. Tuletöid võib teostada

vaid vastavat kvalifikatsiooni ja kutsetunnistust omav ning tööandjalt tuleohutustunnistuse saanud isik. Kontrollida iganädalaste tööohutuslaste kontrollide käigus tööohutusplaanis väljatoodud tuleohutusnõuetest kinnipidamist ja tulekustutite korrasolekut.

#### **8.2.4 – Müra**

Ehitustöödest tekkinud müra. Vältida elanikkonna häirimist. Planeerida ehitustööd selliselt, et ei oleks vaja öisel ajal kell 23.00 – 7.00 müra tekitavaid ehitustöid teostada. Juhul kui tuleb müra tekitavaid töid öösel, siis tuleb selleks linnavalitsuselt luba taodelda.

## 9 KOKKUVÕTE EESTI KEELES

Antud magistritöö eesmärk oli töötada läbi ehitustööde protsess Porto Franco maa-aluse osa ehitusel. Porto Franco näol on tegemist Tallinna kesklinnas asuva multifunktsionaalse hoonega, mis on väravaks paljudele inimestele, kes külastavad Tallinnat laevaga. Lõputöö autor töötas objektil projektijuhina alates objekti algusest kuni viimase injektsioonankru pingestamiseni.

Lähteandmetes ja eritingimustes ehk lõputöö esimeses osas kirjeldatakse objekti asukohta ning paiknemist, et rajada mere kõrvale ehitussüvend sügavusega 11 meetrit allapoole merepinna.

Arhitektuurses osas tutvustatakse lühidalt arhitektuurseid, konstruktiivseid ning tehnosüsteemide lahendusi maa-aluses osas. Arhitektuurse osa kohta koostati paremaks ülevaateks graafiline joonis.

Konstruksiooni osas kontrolliti kohtvaia tugevusarvutustega ning koostati vaiale graafiline joonis.

Ehitusplatsi üldplaani osas kirjeldatakse kraanade valikuid ning asukohti ja objekti ajutiste ehitiste kui ka ehitusmasinate vajadust. Ehitusplatsi üldplaan esitatakse graafilise joonisena.

Koondkalenderplaani osas analüüsitakse tööde kestvust ja esitatakse tööde teostamise ajagraafik joonisena.

Tehnoloogiliste kaartide osas teostati põhjalikumad tööjõuressursi vajaduse- ja ajagraafikud. Täpsemalt analüüsiti hoone süvendi, vundamendi ja karkassi ehitustöid. Kolmele uuritud tööliigile koostati graafilised joonised.

Majandus- ja uurimuslikus osas võrreldi puuduliku geoloogia mõju injektsioonankrute rajamise tulemuslikkusele.

Töö- ja keskkonnakaitse osas ehk lõputöö viimases osas kirjeldatakse antud objekti tööohutust ning keskkonnakaitse nõudeid.

Kokkuvõttena võib öelda, et enne objekti ehitamist peavad olema tehtud korralikud uuringud ning eeltööd, et objekt ehitada valmis vastavalt nõuetele ja tähtaegselt.

## **10 KOKKUVÕTE INGLISE KEELES**

The purpose of this master's thesis was to comprehensively explore the construction process for the underground section of Porto Franco. Porto Franco is a multifunctional building located in the heart of Tallinn, serving as a significant gateway for those arriving in Tallinn by ship. The author of this thesis worked as a project manager on-site, overseeing the project from the beginning until the tensioning of the final injection anchor.

The source data and special requirements, more precisely the first section of the thesis describes the location and construction of a pit next to the sea, reaching a depth of 11 meters below sea level.

The architectural section describes briefly architectural, structural, and mechanical, electrical, plumbing systems solutions for the underground section. A graphical drawing was composed for a better overview of the architectural section.

The structural section involves load bearing calculations for in-place piles, accompanied by graphical drawing.

In the general plan of the construction site the choices and the locations of cranes, the need for temporary structures and the required construction machinery are outlined. The general plan of the construction site is presented as a graphical drawing.

The time schedule section analyzes the duration of the works and the execution of the works is presented as a drawing.

The technological charts section provides comprehensive manpower resource requirements and time schedules. The construction processes for the pit, foundation and building structure are meticulously analyzed with graphical drawings produced for the three types of work studied.

The economic and exploratory section compares the impact of incomplete geological survey on the performance of injection anchor construction.

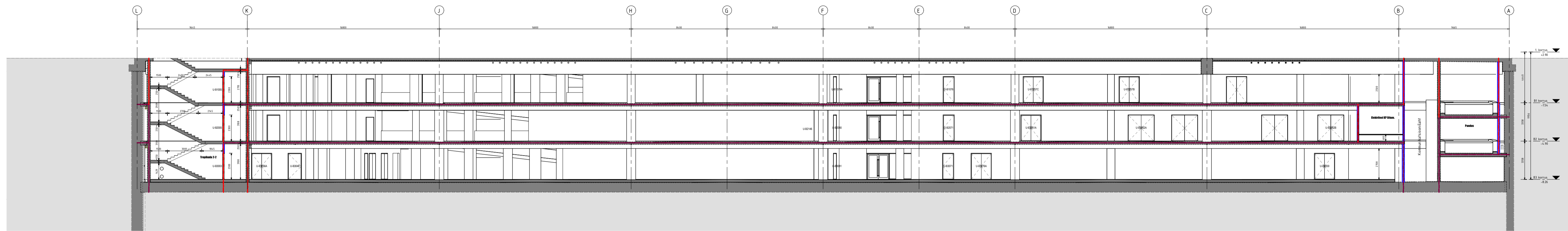
In the occupational health and safety section the occupational hazards associated with the project and the environmental protection requirements are described.

In conclusion, it is evident that thorough research and preparatory work are essential prerequisites for the successful construction projects. This ensures that the project adheres to requirements and is completed on schedule.

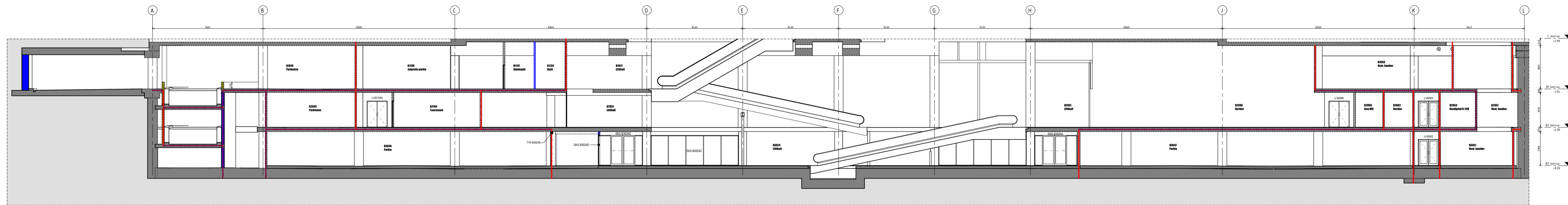
## 11 KASUTATUD KIRJANDUS

- 1) Kadarik Tüür Arhitektid OÜ – Porto Franco Linnakvartali arhitektuuri osa tööprojekt töö number PRT-18.1
- 2) Kadarik Tüür Arhitektid OÜ – Porto Franco Linnakvartali maa-aluse parkla arhitektuuri osa tööprojekt töö number PFR-16. I etapp
- 3) EstKonsult OÜ – Porto Franco I etapp tööprojekt töö number B758
- 4) Johannes Pello IB OÜ – Admiraliteedi kvartali ehitussüvendid (kaks rida ankruid) tööprojekt töö number 15-2015
- 5) REI Geotehnika OÜ – Admiraliteedi kvartali ehitusgeoloogiline aruanne töö number 3215-13
- 6) Balrock OÜ – Tallinna Admiraliteedi basseini veealanduspuuraukude projekt töö number 11595
- 7) IPT Projektijuhtimine OÜ – Admiraliteedi kvartali hüdrogeoloogiline analüüs töö number 15-04-1218
- 8) IPT Projektijuhtimine OÜ – Admiraliteedi kvartal, pinnaseuuringud vaiade kandevõime kontrollimiseks töö number 18-01-1396
- 9) Contactus AS - Porto Franco kaubandus- ja büroohoone nõrkvool tööprojekt töö number 3160.01.EN.02
- 10) Contactus AS - Porto Franco kaubandus- ja büroohoone tugevool tööprojekt töö number 3160.01.EL.01
- 11) Tondi Tulekaitse AS - Porto Franco kaubandus- ja büroohoone automaatne kustutussüsteem tööprojekt töö number RK19-0508
- 12) Estkonsult Keskkonnatehnika OÜ – Porto Franco kaubandus- ja büroohoone veevarustus, kanalisatsioon, küte, jahutus ja ventilatsioon tööprojekt töö number 18019
- 13) Firetek OÜ – Sprinkler- ja vooliküsteem põhiprojekt töö number FRT-455
- 14) Pin Arhitektid OÜ – Porto Franco linnakvartali maa-aluse parkla sisearhitektuur tööprojekt töö number 235
- 15) Eurokoodeks 2: Betoonkonstruktsioonide projekteerimine osa 1-1: Üldreeglid ja reeglid hoonetele
- 16) EN1536:2010 geotehnilise eritöö teostamine puurvaiad
- 17) Eurkoodeks 7: Geotehniline projekteerimine osa 1: Üldeeskirjad
- 18) Ehitusplatsi korraldus 2022. Koostajad: Irene Lill ja Erki Soekov
- 19) Monoliitse raudbetoonkonstruktsioonide püstitamine 2022. Koostaja: Irene Lill
- 20) Ratu juhendmaterjalid – kaevetööd, sarrustamine, betoonimine ja rakestamine

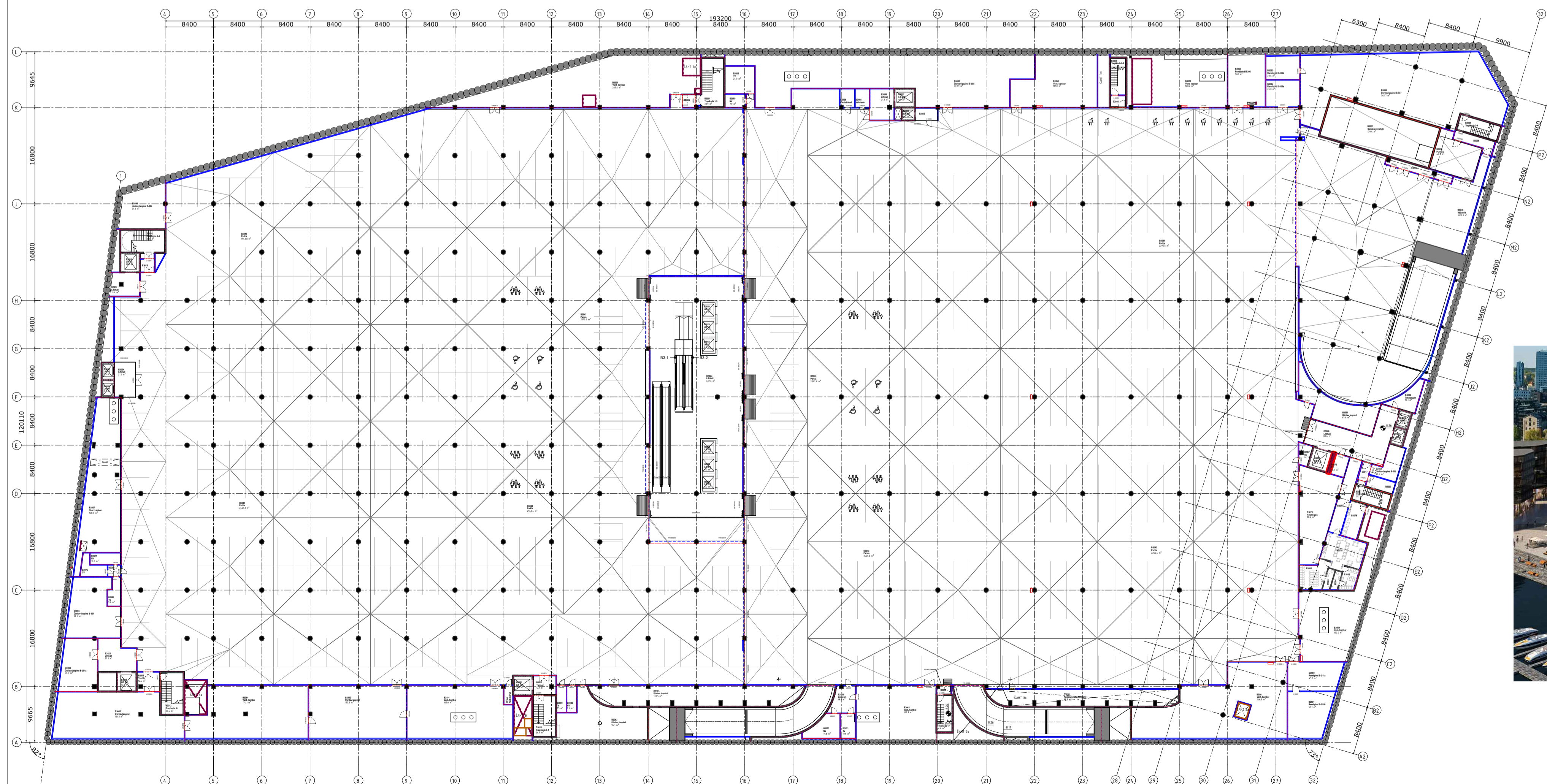
1 - 1 Lõige 24 telg  
1:200



2 - 2 Lõige 14 telg  
1:200



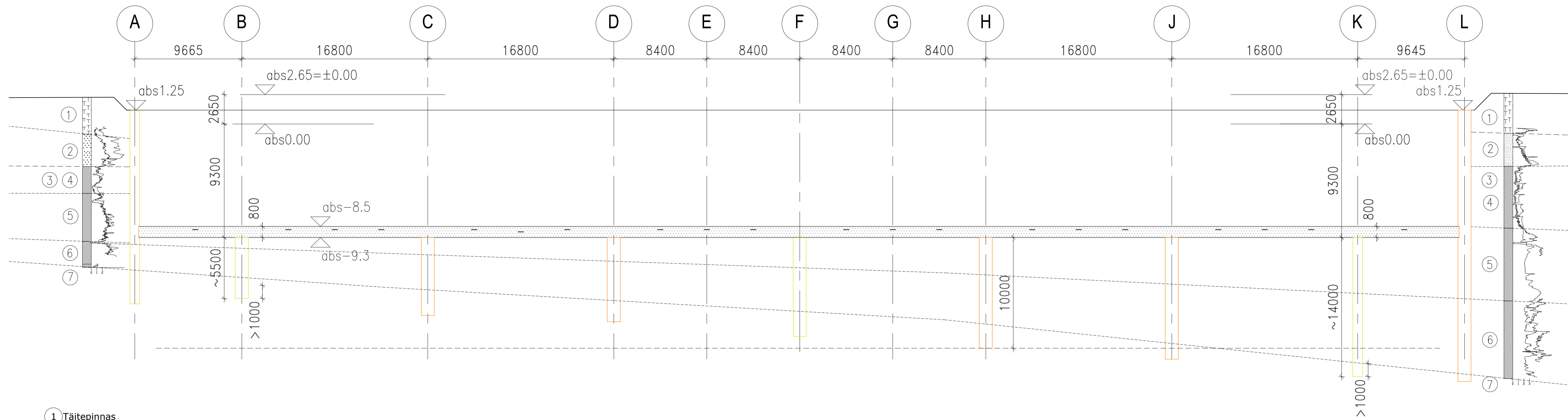
B3 KORRUSE PLAAN  
1:500



PORTO FRANCO KUUNARI TÄNAVALT



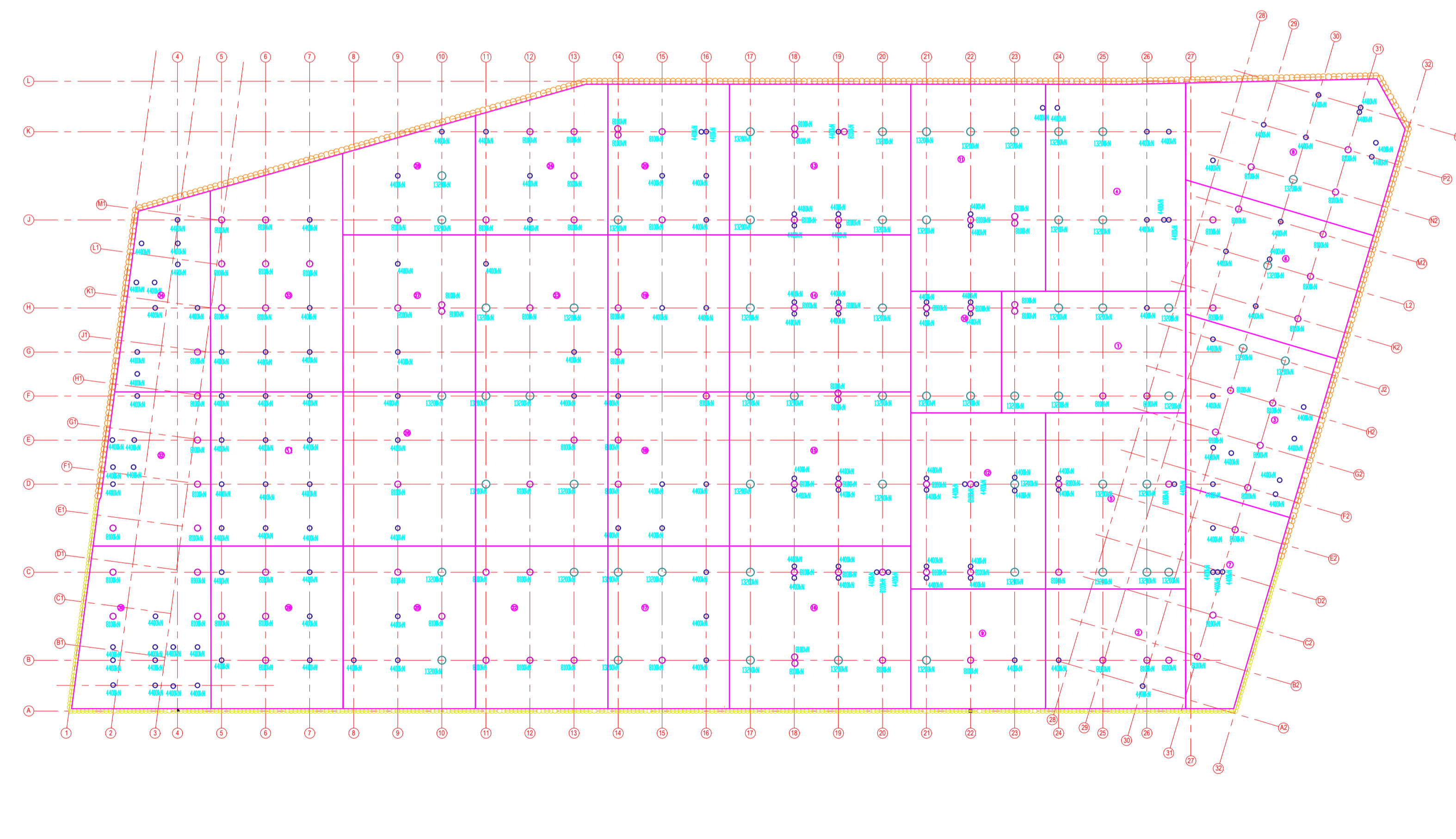
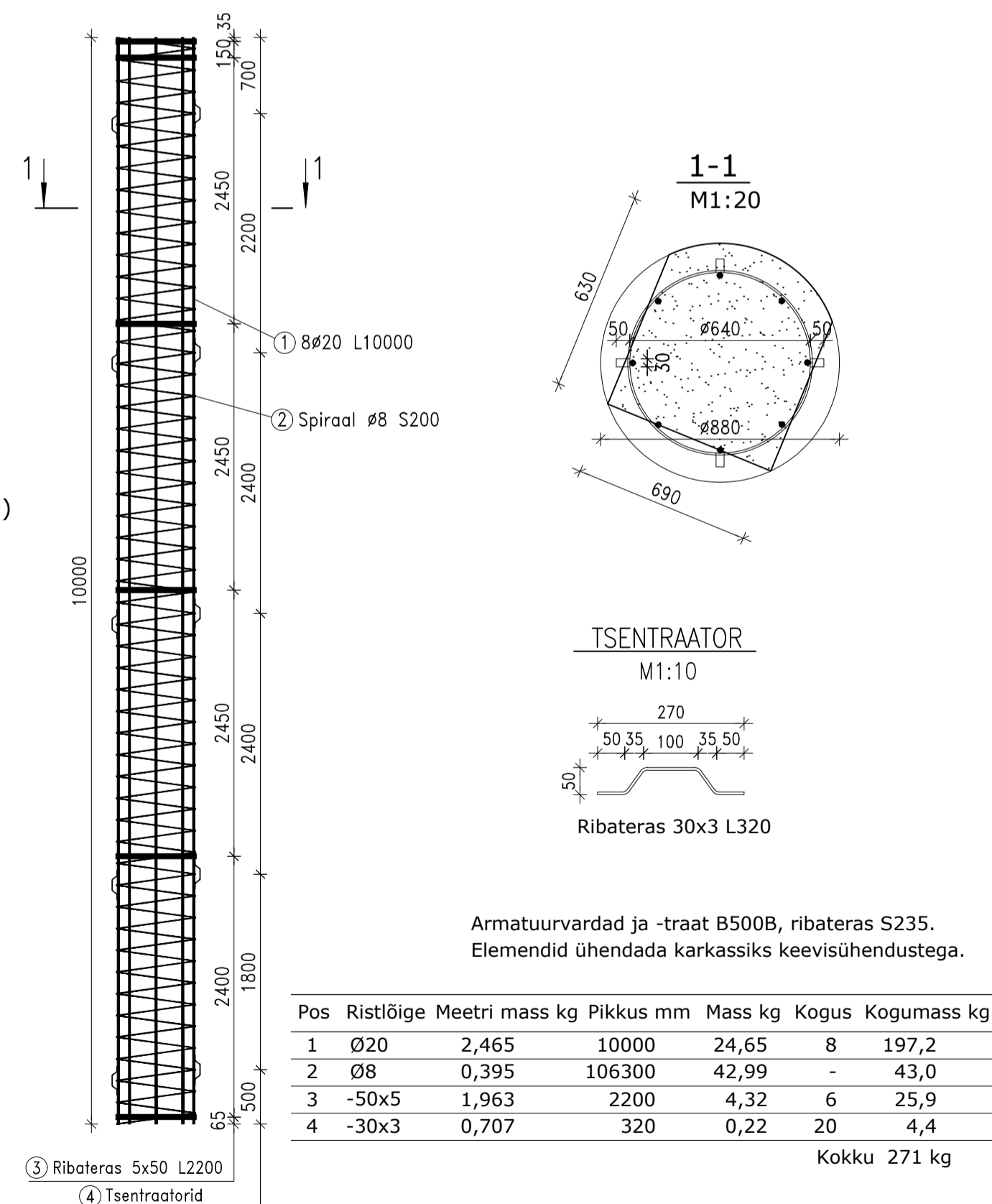
<b>TALTECH</b> TTÜ INSENERITEADUSKOND		Magistritöö	Leht/Lehti: 1 / 8
Koostaja: Kristjan Savisikk	Juhtivõtteja: Virgo Sulakatko	ARHITEKTUURSED JOONISED B3 KORRUSE PLAAN JA LÕIKED	
Ehituse ja arhitektuuri instituut		EHITUSTEHNOLÓGIA JA PLATSIKORRALDUSE ANALÜÜS PORTO FRANCO MAA-ALUSE OSA NÄITEL	



- 1 Täitepinnas
- 2 Mereline möllikas peenliiv
- 3 Voolav savimöll ja möll
- 4 Voolav möllsavi ja savi
- 5 Voolav ja pehme möll ja savimöll
- 6 Pehme ja sitke möll ja savimöll
- 7 Tihe ja väga tihe peen-, kohati keskliiv (objekti lõunaosas)
- 8 Sinisavi (objekti põhjaosas)

VAIA PLaan  
1:500

D880 VAIA KARKASS  
1:50

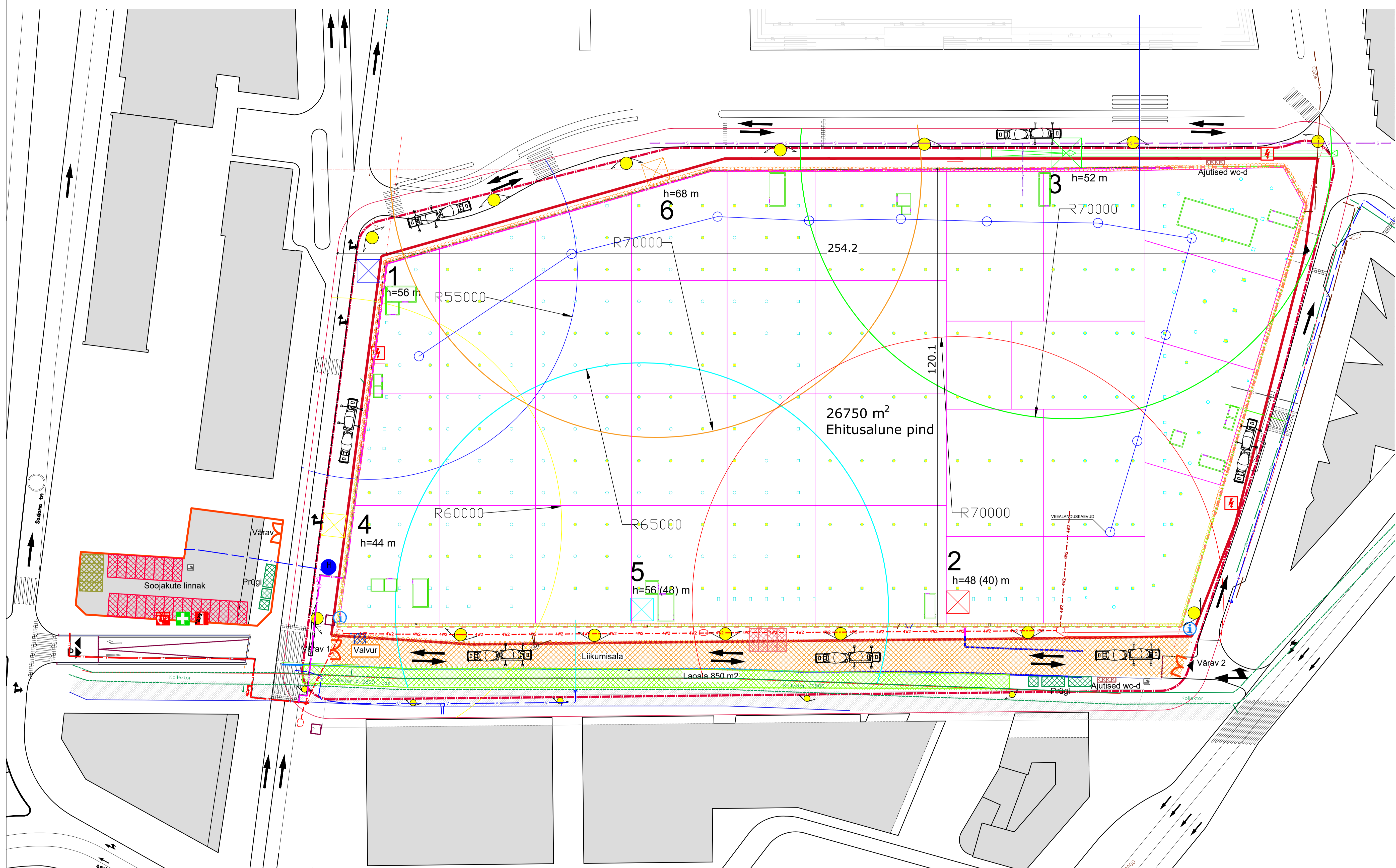
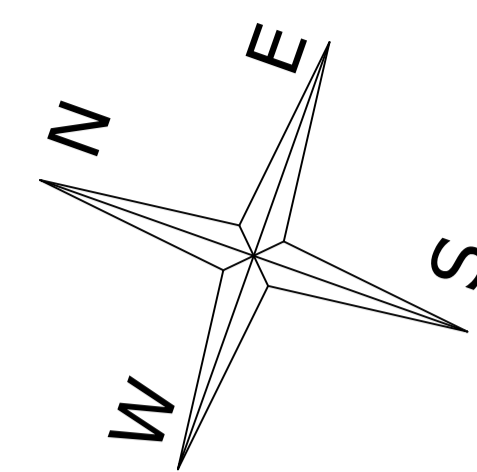


- Selgitused:
- - vai Ø880, arvutuslik kandevõime 4400 kN
  - - vai Ø1180, arvutuslik kandevõime 8100 kN
  - - vai Ø1500, arvutuslik kandevõime 13200 kN

Selgitused vaiade kohta:

1. Vaiad süvistada vähemalt 1 m kihti 7 või 8
2. Telgedel B, C - vaiades 6 m pikkused armatuurkarkassid K118-6
3. Teljel D - vaiades 8 m pikkused armatuurkarkassid K118-8
4. Telgedel F, H - vaiades 10 m pikkused armatuurkarkassid K118-10
5. Teljel J - vaiades 12 m pikkused armatuurkarkassid K118-12
6. Vaiade betooni ülemised otsad (pärast puhtaks löikamist) kõrgusel abs -9,30)
7. Vaiade armatuurkarkasside ülemised otsad mitte madalamal kui abs -8,70)
8. Vaiade teostada vastavalt EVS-EN 1536:2010+A1:2015
9. Betooniklass C20/25
10. Vaiad rajatakse kõrguselt maapinnalt ABS -5,20

EHITUSPLATSI ÜLDPLAAN  
(M1:500)



- Soojakud
- Pesuruumid
- Tornkraana
- Maa-aluse osa ehitise kontuur
- Piirdeaed
- Ajutised elektrikilbid

- Ehitusplatsi valgustid
- Tulekustutusvahendid
- Esmaabivahendid
- Hädabitelefoni
- Obj. sisene liikumissuund
- Suitsetamisala
- Infotahvel
- Valvur

- Rajatav kütetrass
- Olemasolev kütetrass
- Olemasolev veetrass
- Rajatav veetrass
- Olemasolev kanalisatsioonitrass
- Rajatav kanalisatsioonitrass
- Olemasolev sajuveekanalisatsioonitrass
- Rajatav sajuveekanalisatsioonitrass
- Olemasolev elektritrass
- Rajatav elektritrass

- Olemasolev sidetrass
- Rajatav sidetrass
- Hüdrant

<b>TALTECH</b> TTÜ INSENERITEADUSKOND		Magistritöö	Leht/Lehti: 3 / 8
Koostaja: Kristjan Savisikk		EHITUSPLATSI ÜLDPLAAN	
Juhendaja: Virgo Sulakatko		EHITUSTEHNOLLOOGIA JA PLATSIKORRALDUSE ANALÜÜS PORTO FRANCO MAA-ALUSE OSA NÄITEL	
Ehituse ja arhitektuuri instituut			



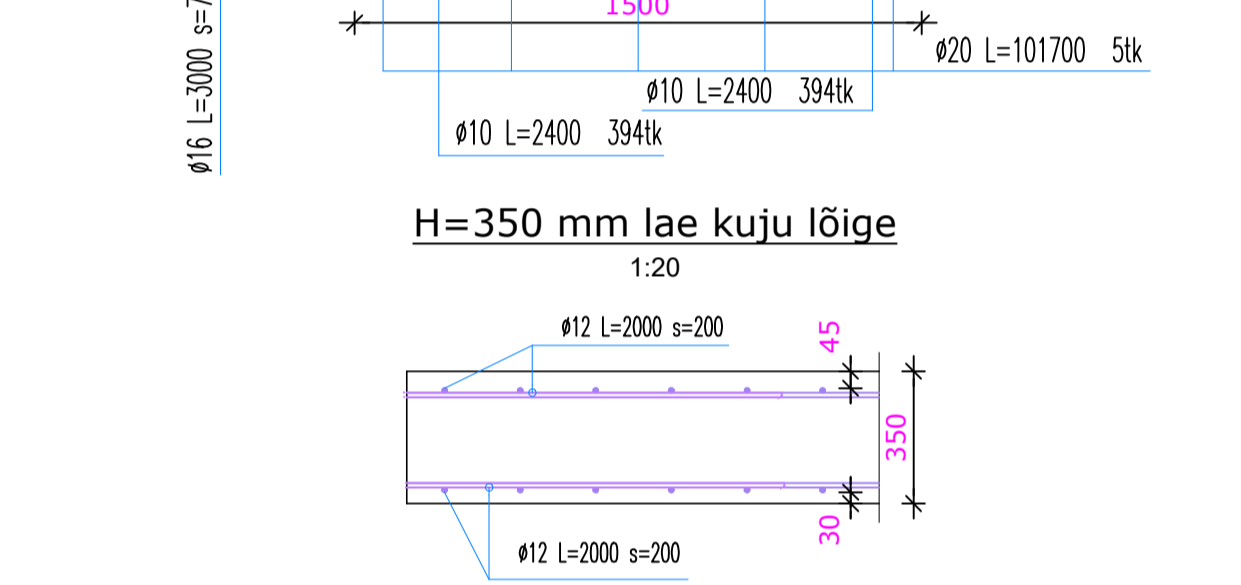
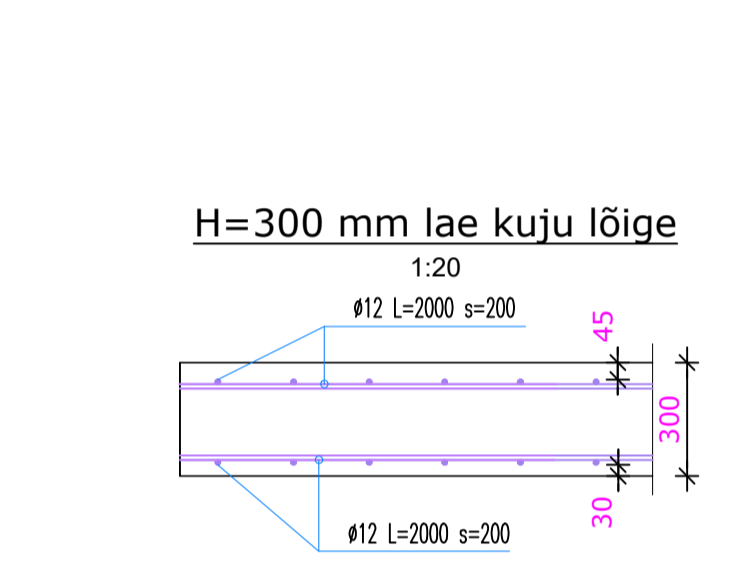
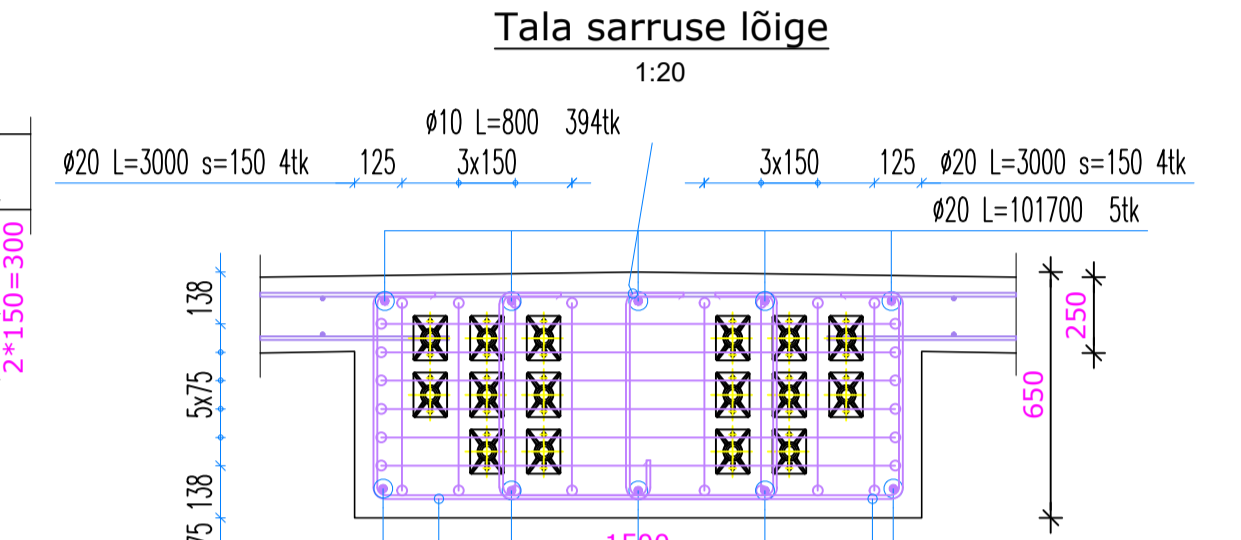
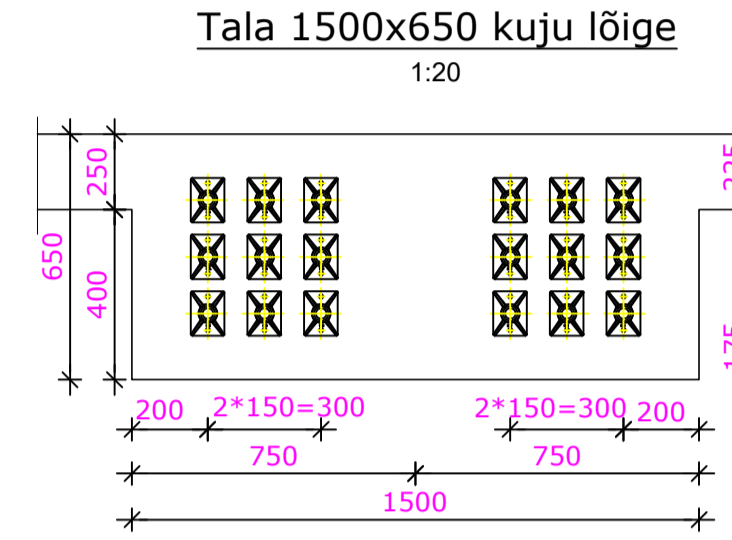
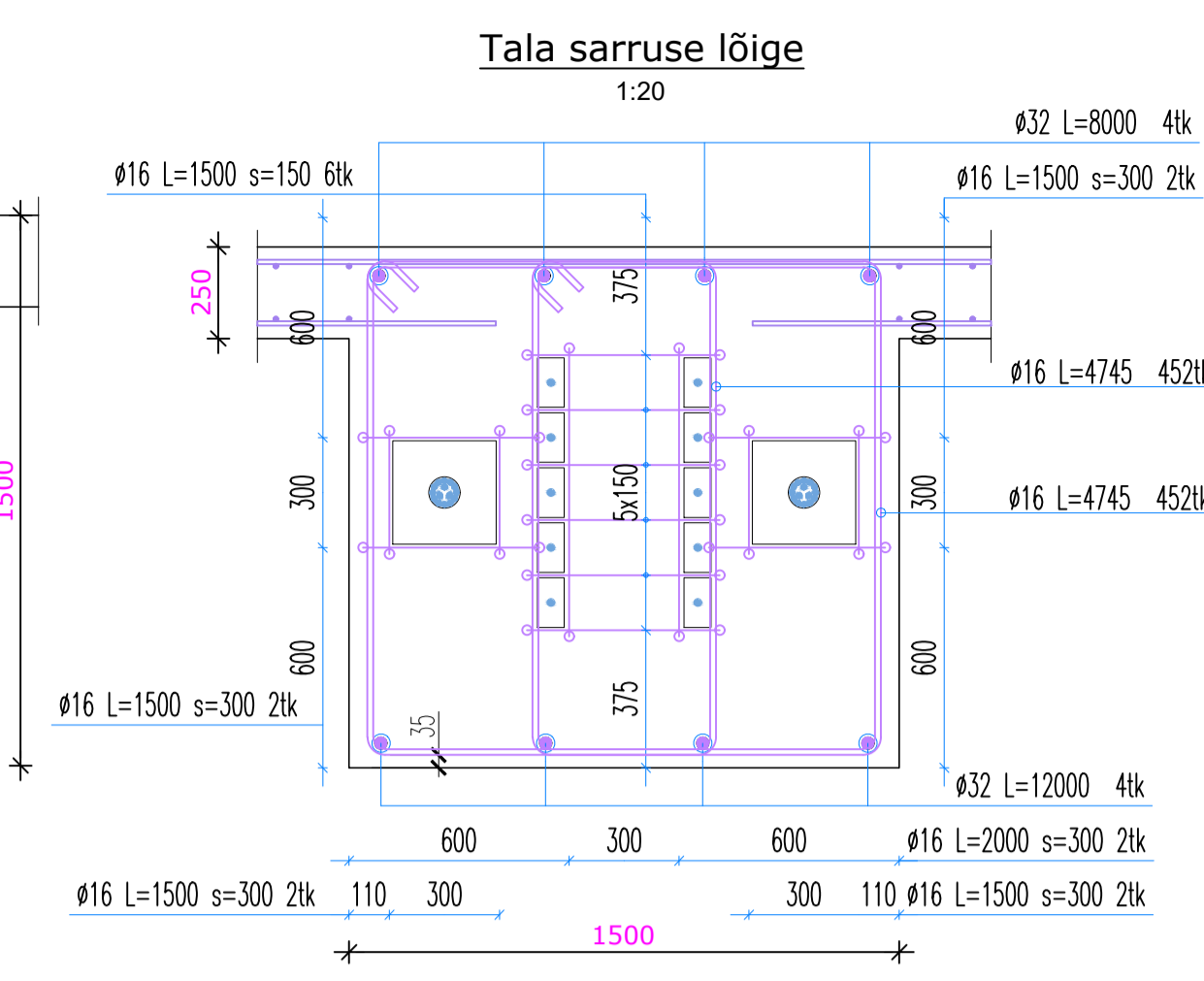
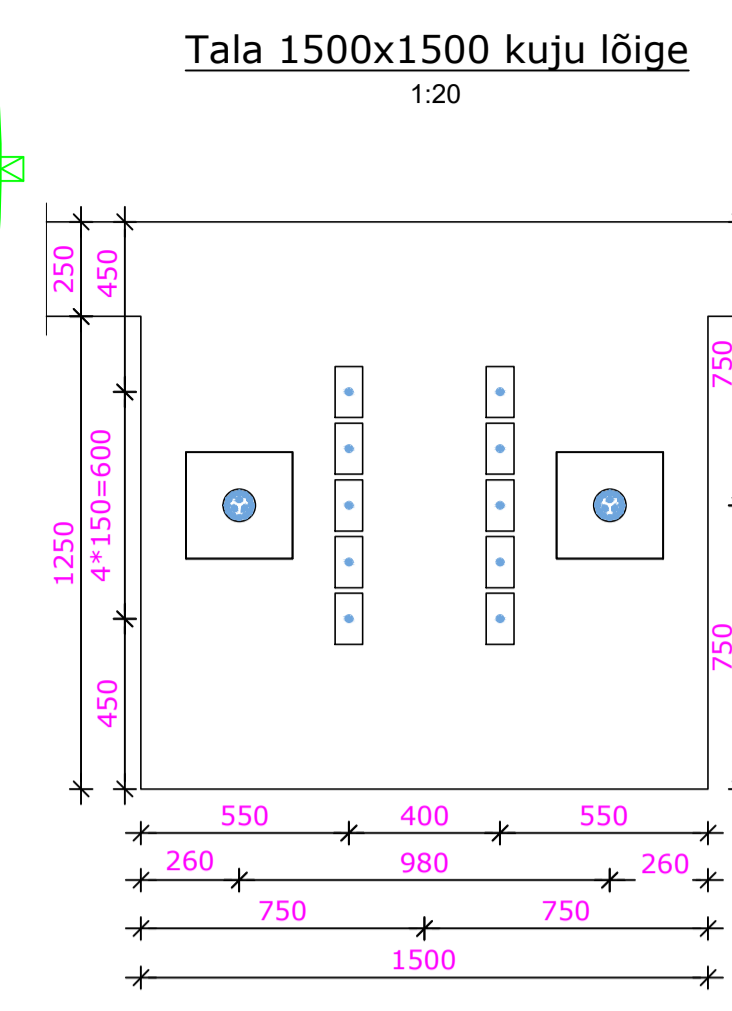
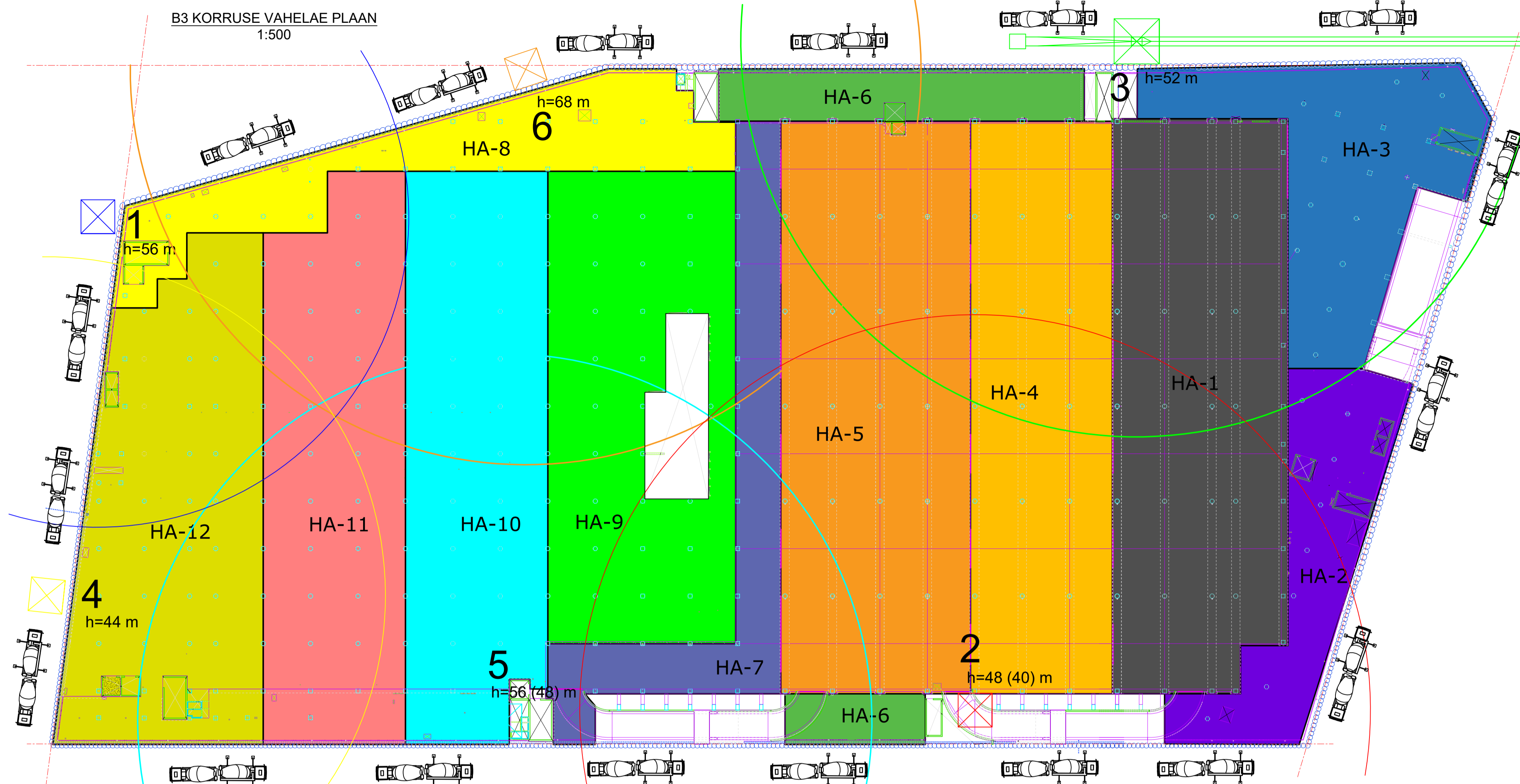








MAA-ALUSTE KORRUSTE EHTUS. B3 KORRUSE VAHELAE PLAAN. TEHNOLOGILINE KAART



Jrk nr	Töö nimetus	Eriala/mark	Arv	Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				Haardealade kaupa							
				1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14					
				Normatiivne		Normatiivne		Normatiivne		Normatiivne		Normatiivne		Normatiivne		Normatiivne		Normatiivne		Normatiivne		Normatiivne		Normatiivne		Normatiivne		Normatiivne		Normatiivne					
				Tööjõukulu	Kestus	Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Tööjõukulu	Kestus	Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Tööjõukulu	Kestus	Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Tööjõukulu	Kestus	Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Tööjõukulu	Kestus	Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Tööjõukulu	Kestus	Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Tööjõukulu	Kestus	Normi täitmise tegur	Valitud kestus				
1	Raketise ehitamine laed	Kraana Liebherr	4	5.1	5.2	5.3	5.4	6.1	6.2	6.3	6.4	7.1	7.2	7.3	7.4	8.1	8.2	8.3	8.4	9.1	9.2	9.3	9.4	10.1	10.2	10.3	10.4	11.1	11.2	11.3	11.4	12.1	12.2	12.3	12.4
1	Raketise ehitamine laed	Raketstaja ja armeeria	9	129,49	14,39	0,96	15	38,16	4,24	0,71	6	10,51	5,26	0,66	8	16,91	8,45	0,70	12	22,38	11,19	0,80	14	5,75	2,87	0,57	5	7,81	3,91	0,65	6	8,41	4,21	0,70	6
2	Betoneerimine laed	Betoonipump	4	12,91	3,23	1,29	2,50	4,13	1,03	1,03	1	6,00	1,50	1,50	1	9,98	2,49	1,00	2,50	13,23	3,31	1,32	2,50	3,29	0,82	0,82	1	5,16	1,29	1,29	1	5,56	1,39	0,93	1,50
2	Betoneerimine laed	Betoneerija	16	42,61	2,66	1,07	1	13,61	0,85	0,85	1	19,80	1,24	1,24	1	12,97	0,81	0,32	2,50	43,64	2,73	1,09	2,50	10,85	0,68	0,68	1	17,04	1,06	1,06	1	18,36	1,15	0,76	1,50
3	Lahti lagede raketamine	Raketstaja	10	69,00	6,90	0,99	7	22,00	2,20	0,73	3	32,00	3,20	0,64	5	51,00	5,10	0,85	6	67,50	6,75	0,96	7	17,50	1,75	0,88	2	23,60	2,36	0,79	3	25,40	2,54	0,85	3

Jrk nr	Töö nimetus	Eriala/mark	Arv	Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				Haardealade kaupa				Haardealade kaupa			
				9		10		11		12		13		14		15		16	
				Normatiivne		Normatiivne		Normatiivne		Normatiivne		Normatiivne		Normatiivne		Normatiivne		Normatiivne	
				Tööjõukulu	Kestus	Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Tööjõukulu	Kestus	Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Tööjõukulu	Kestus	Normi täitmise tegur	Valitud kestus	Tööjõukulu	Kestus	Normi täitmise tegur	Valitud kestus
1	Raketise ehitamine laed	Kraana Liebherr	4	13.1	13.2	13.3	13.4	14.1	14.2	14.3	14.4	15.1	15.2	15.3	15.4	16.1	16.2	16.3	16.4
1	Raketise ehitamine laed	Raketstaja ja armeeria	9	86,03	9,56	0,96	10	15,93	7,96	0,80	10	15,93	7,96	0,80	10	17,05	8,52	0,85	10
2	Betoneerimine laed	Betoonipump	4	9,30	2,33	1,16	2	9,10	2,28	1,14	2	9,10	2,28	1,14	2	9,74	2,43	1,22	2
2	Betoneerimine laed	Betoneerija	16	30,69	1,92	0,96	2	30,03	1,88	0,94	2	30,03	1,88	0,94	2	32,13	2,01	1,00	2
3	Lahti lagede raketamine	Raketstaja	10	49,60	4,96	0,99	5	48,50	4,85	0,97	5	48,50	4,85	0,97	5	51,90	5,19	1,04	5

B3 laed	Kogus (tk)	Maht ühel (m³)	Armatuur ühel (kg)	Raketise pindala (m²)
Telg 24-32				
HA-1 h=250 ja tala	3 075	1 033	103 681	3 450
HA-2 h=300	1 100	330	28 050	1 100
HA-3 h=300	1 600	480	40 800	1 600
Telg 24-1				
HA-4 h=250 ja tala	2 550	798	77 455	2 770
HA-5 h=250 ja tala	3 375	1 058	102 782	3 660
HA-6 h=300	875	263	22 313	875
HA-7 h=350	1 180	413	35 105	1 180
HA-8 h=350	1 270	445	37 825	1 270
HA-9 h=300	2 480	744	63 240	2 480
HA-10 h=300	2 425	728	61 880	2 425
HA-11 h=300	2 425	728	61 880	2 425
HA-12 h=300	2 595	779	66 215	2 595

MÄRKUSED  
 1. BETOONI TUGEVUSKLASS MINIMAALSELT C30/37  
 2. BETOONI KESKONNAKLASS: XC3  
 3. BETOONKONSTUKTSIOONIDE VALMISTAMISE JA MONTEERIMISE TOLERANTSID PEAVAD VASTAMA NORMAALTOLERANTSIDE EHK KLASS 1 NÕUETELE  
 4. BETONEERIMINE PEAB TOIMUMA ÜHTLASELT KIHTIDE KAUPA TIHENDADES. VIBRAATORIT EI TOHI KASUTADA BETOONI TEISALDAMISEKS RAKETISE SEES.  
 5. SARRUSE NIMIKAITSEKIHT :  
 PEAL: 45 mm  
 ÜLEJÄÄNUD PINNAD: 30 mm  
 6. BETOONPINDADE VIIMISTLUS:  
 - PEALMINE PIND - HIOM-B  
 - VARJATUKS JÄÄVAD PINNAD - MUO-C  
 7. SARRUSE KLASS B500B  
 8. ÜHES LÕIKES TOHIB JÄTKATA 1/4 PIKISARRUSEST. VARRASTE ÜLEKATTEJÄTKU PIKKUSED ON MINIMAALSELT 32 VARDA LÄBIMÕÖTU

Pumba graafik

