



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Ehituse ja arhitektuuri instituut

**ELEMENTIDE TOOTMISE JA PLATSIKORRALDUSE
ANALÜÜS PUITMOODULITEST KORTERHOONETE
EHITUSE NÄITEL**

**ANALYSIS OF ELEMENT PRODUCTION AND BUILDING
SITE MANAGEMENT BASED ON THE CONSTRUCTION OF
TIMBER FRAME MODULAR APARTMENT BUILDINGS**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Lauri Mäe

Üliõpilaskood 241452

Juhendaja: Irene Lill

Tallinn 2024

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.

6. mai 2024

Autor:

.....
/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele.

"....." 20.....

Juhendaja:

.....
/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

".....":20... .

Kaitsmiskomisjoni esimees:

.....
/ nimi ja allkiri /

LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ REPRODUTSEERIMISEKS JA LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS

Mina, **Lauri Mäe**,

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

ELEMENTIDE TOOTMISE JA PLATSIKORRALDUSE ANALÜÜS PUITMOODULITEST KORTERHOONETE EHTUSE NÄITEL,

mille juhendaja on **Irene Lill**

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.

06.05.2024

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: **LAURI MÄE**Üliõpilaskood **041432**Õppekava: **EAEI02 Ehitiste projekteerimine ja ehitusjuhtimine**

Peeriala: Ehitustehnika

Lõputöö teema:

ELEMENTIDE TOOTMISE JA PLATSIKORRALDUSE ANALÜÜS PUITMOODULITEST KORTERHOONETE EHITUSE NÄITEL

ANALYSIS OF ELEMENT PRODUCTION AND BUILDING SITE MANAGEMENT BASED ON THE CASE STUDY OF TIMBER FRAME MODULAR APARTMENT HOUSES CONSTRUCTION

Juhendaja: **Prof Irene Lill**

Irene.lill@taltech.ee

Lõputöö konsultandid:

Tiitel või ametikoht, Ees- ja Perekonnanimi	Kontakt (e-post või telefon)	Allkiri ja kuupäev
Lektor Eero Tuhkanen	Eero.tuhkanen@taltech.ee
Lektor Tiina Nuuter	Tiina.nuuter@taltech.ee
	

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Töötada välja ja analüüsida puitmoodulite tootmis-logistika ja paigalduse korraldust
2. Töötada välja ehituse tehnoloogilised ja korralduslikud lahendused
3. Eelarve analüüs: eelarve võrdlus tegelikkusega

Töö keel: eesti keel

Lõputöö etapid ja ajakava:

Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1. Sissejuhatus: lähteandmed, eritingimused	05.02.2024
2. Arhitektuurne osa	15.02.2024
3. Puitmoodulite tootmistsükli ja logistika korraldus	26.02.2024
4. Konstruktsiooniosa: Sein- ja põrandaelemendi kandevõime kontroll	08.04.2024
5. Ehitusplatsi üldplaan	18.03.2024
6. Koondkalenderplaan	22.04.2024
7. Tehnoloogilised kaardid	22.04.2024
• Puitmoodulite montaaž	07.04.2024
• Logistika korraldus	15.04.2024
8. Majandus- ja uurimuslik osa: Eelarve analüüs	11.03.2024
9. Töö- ja keskkonnakaitse	28.04.2024
10. Kokkuvõtte eesti keeles	30.04.2024
11. Kokkuvõtte inglise keeles	30.04.2024

Lõputööde ülevaatus, mille läbimine on kaitsmise eelduseks

06.05.2024

Esitlusmaterjalid kaitsmisel: A1 joonised

Kirjeldus	Tähtaeg
1 Arhitektuursed joonised – 2 lehte	20.02.2024
2 Ehitusplatsi üldplaan – 1 leht	15.04.2024
3 Koondkalenderplaan – 1 leht	22.04.2024
4 Konstruktsiooniosa (A2) – 1 leht	08.04.2024
5 Tehnoloogilised kaardid – 3 lehte	29.04.2024

Lõputöö esitamise tähtaeg:

13. mai 2024

Lõputöö ülesanne välja antud: 25.01.2024

Juhendaja: **Irene Lill**

Ülesande vastu võtnud: **Lauri Mäe**

Avalikustamise piirangu tingimused: puuduvad

SISUKORD

AUTORIDEKLARATSIOON.....	2
LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ REPRODUTSEERIMISEKS JA LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS	3
SISUKORD	6
TABELITE LOETELU	9
JOONISTE LOETELU.....	10
ESITLUSJOONISTE LOETELU.....	11
SISSEJUHATUS	12
1. ARHITEKTUURNE OSA	14
1.1 Üldkontseptsioon	14
1.2 Keskkonnasertifikaat.....	15
1.3 Asukoht ja paiknemine.....	16
1.4 Hoonete viimistlus	17
1.4.1 Fassaadide ja katuste pinnakatted.....	17
1.4.2 Rõdud, piirded, käiguteed, evakuatsioonitrepid.....	18
1.4.3 Hoone siseviimistlus	19
1.5 Hoonete konstruktsioonid	19
1.5.1 Vundament.....	19
1.5.2 Kandvad välis- ja siseseinad.....	19
1.5.3 Põrandad, vahelaed.....	20
1.5.4 Pööning- ja katuslaed ning katus.....	20
1.5.5 Trepid, liftid	20
1.6 Hoonete tehnosüsteemid	21
1.6.1 Vesi ja kanalisatsioon	21
1.6.2 Küte	21
1.6.3 Ventilatsioon	21
1.6.4 Tugevool	22
1.6.5 Nõrkvool	22
1.6.6 Tuleohutus.....	22
1.7 Teed, platsid ja haljastus.....	23
2. PUITMOODULITE TOOTMISTSÜKLI JA LOGISTIKA KORRALDUS	24
2.1 Ettevalmistus ja tootmine	24

2.1.1	Ettevalmistav etapp.....	24
2.1.2	Elementide tootmine.....	24
2.1.3	Elementide transport	26
2.1.4	Moodulite koostamine	26
2.1.5	Üldehitus ja eritööd moodulites.....	27
2.1.6	Moodulite pakkimine	28
2.2	Transport ja paigaldus.....	29
2.2.1	Moodulite transport ja ladustamine ajutisel laoplatsil	29
2.2.2	Moodulite transport ehitusplatsile	30
2.2.3	Moodulite paigaldus.....	32
2.2.4	Üldehitus- ja eritööd ehitusobjektidel.....	35
2.3	Tootmistsükli pikkus.....	37
3.	SEINA- JA PÕRANDAELEMENDI KANDEVÕIME KONTROLL	38
3.1	Koormuste leidmine.....	38
3.1.1	Omakaalud	38
3.1.2	Kasuskoormused	39
3.1.3	Seinale mõjuv koormus	40
3.2	Vaheseina posti kandevõime kontroll.....	41
3.3	Põrandatala kandevõime kontroll.....	45
3.4	Kokkuvõte.....	48
4.	EHITUSPLATSI ÜLDPLAAN.....	49
4.1	Kraana valik	49
4.2	Kraanade mõjualad	51
4.3	Kraanade üheaegne töötamine.....	51
4.4	Ajutised hooned	52
4.5	Ajutised teed ja platsid.....	52
4.6	Jäätmed	53
5.	KOONDKALENDERPLAAN	54
5.1	Üldandmed.....	54
5.2	Ehitustööd ehitusplatsil.....	54
5.3	Ehitusmaksumuse koondtabel	55
6.	TEHNOLOOGILISED KAARDID	57
6.1	Puitmoodulite montaaž.....	57
6.1.1	Puitmoodulite montaažile eelnevad tööd.....	57
6.1.2	Puitmoodulite montaaži kirjeldus ja vajaminevad materjalid.....	58

6.1.3	Puitmoodulite montaaži tehnoloogilised arvutused.....	59
6.2	Logistika korraldus	63
7.	EHITUSMAKSUMUSE JA EELARVE ANALÜÜS.....	67
7.1	Eesmärk.....	67
7.2	Ülevaade majanduse olukorrast	67
7.3	Ehitismaksumuse analüüs.....	68
7.3.1	Kandetarindid ja põhimaterjalid.....	70
7.3.2	Ehitusplatsi üld- ja korralduskulud	70
7.3.3	Tootmiskulud.....	71
7.3.4	Põhimaterjalide hinnakõikumise mõju projektile	72
7.4	Kuluanalüüsi järeldus	73
8.	TÖÖ- JA KESKKONNAKAITSE.....	74
8.1	Ohutusnõuetega tutvumine ja registreerimine	74
8.2	Isikukaitsevahendid.....	74
8.3	Esmaabi	75
8.4	Ohutusmeetmed	75
8.5	Tuleohutus	75
8.6	Materjalide taaskasutamine ja sorteerimine	75
8.7	Üldised töökorralduslikud reeglid ehitusplatsil	76
	KOKKUVÕTE	77
	SUMMARY	80
	KASUTATUD KIRJANDUS.....	83
	LISAD	84
	Lisa 1 Planeeritava ja tegeliku ehitismaksumuse hinnatabel.....	85

TABELITE LOETELU

Tabel 2.1	Tüüpmoduli ja suurima mooduli mõõtmed ning kaalud koos pakendiga.....	30
Tabel 3.1	Põrandaelemendi P-203p omakaalukoormuse g_k leidmine	38
Tabel 3.2	Laeelemendi L-101p omakaalukoormuse g_k leidmine	39
Tabel 3.3	Seinaelemendi VS-101p omakaalukoormuse g_k leidmine	39
Tabel 3.4	Katuseelemendi KE-401 omakaalukoormuse g_k leidmine.....	39
Tabel 4.1	Moodulite montaažiparameetrid	50
Tabel 5.1	Ehitusmaksumuse koondtabel	55
Tabel 6.1	Moodulite montaaži normatiivne tööjõu- ja masinakulu.....	60
Tabel 6.2	Moodulite montaaži tehnoloogilised arvutused	61
Tabel 6.3	Moodulite montaažitööde kalendergraafik	62
Tabel 6.4	Päevane autotranspordi liikumine ja moodulite paigaldusrütm.....	66
Tabel 7.1	Ehitusmaksumuse pearühmade pingerida	68
Tabel 7.2	Planeeritava ja tegeliku ehitusmaksumuse koondtabel.....	69
Tabel 7.3	Materjalide hinnamuutuskoeffitsientide näited	72
Tabel 7.4	Materjaligruppide hinnamuutuse kogumõju projektile	73

JOONISTE LOETELU

Kui jooniseid on lõputões palju (üle viie), siis võib osutada otstarbekaks teha eraldi jooniste loetelu.

Joonis 1.1 Barkarbystaden Kv.11 majade nimetused	14
Joonis 1.2 Vaade tänavalt Barkabyvägen, majad E, B, D.....	18
Joonis 2.1 Elementide valmistamine moodulite koostetehases.....	25
Joonis 2.2 Elementidest koostatavad moodulid	26
Joonis 2.3 Korterimoodul tehasevalmiduses	27
Joonis 2.4 Pakitud mooduli transport	28
Joonis 2.5 Moodulite transpordi marsruut Tallinn-Paldiski-Kapellskär-Barkarby.....	29
Joonis 2.6 Ehitusplatsi mahalaadimisalale jõudnud moodulid	33
Joonis 2.7 Mooduli tõstmine tõstetroppide ja kettidega.....	34
Joonis 2.8 Maja B moodulite paigaldus ning üldehitustööd ehitusplatsil.....	35
Joonis 2.9 Hoonekompleksi lõpetamisjärgus sisehoov	36
Joonis 4.1 Tornkraana Liebherr 550 EC-H20 Litronic LM2 tõsteraadius ja -jõud.....	50
Joonis 6.1 Transpordi teekond ja vahepeatused koostetehasest ehitusplatsini	63

ESITLUSJONISTE LOETELU

Lõputöö koosseisu kuulub 7 esitlusjoonist formaadis A1 ja 1 esitlusjoonis formaadis A2

Joonis 1: Arhitektuursed vaated

Joonis 2: Arhitektuursed korruseplaanid ja lõiked

Joonis 3: Konstruktsiooni joonis

Joonis 4: Ehitusplatsi üldplaan

Joonis 5: Moodulite montaaži tehnoloogiline kaart 1

Joonis 6: Moodulite montaaži tehnoloogiline kaart 2

Joonis 7: Logistikakorralduse tehnoloogiline kaart

Joonis 8: Koondkalenderplaan

SISSEJUHATUS

Magistritöö teemaks on Eestis tehases ekspordiks toodetud puitkarkass moodulitest kortermaja, mis paigaldati Rootsis Stockholmi eeslinna Järfälla keskusesse. Objekt on tähelepanuväärne, sest puitkarkass moodulitest hoone osa koosnes kolmest viie- kuni kuuekorruselisest hoonest, kokku 393 korterist, ja see kombineeriti kahe betoonkarkassil hoonega ühtseks kvartaliks selliselt, et hoonete karkassimaterjal ei ole välisel vaatlusel eristatav jättes üldilme, et tegemist on linnakeskkonda sobitava ühtse betoonhoonega. Seejuures on tervel hoonel madalam CO₂ jalajälg, vaadeldav korterite osa on toodetud kontrollitud tehase keskkonnas, kus tootmisaegsed niiskuskahjustused on välistatud ja ehitustööde kvaliteet on võrreldes tavapärase platsiehitusega lihtsalt ja hästi tagatav. Just tänapäevased keskkonna eesmärgid, eesotsas madalama süsiniku jalajälje ja materjalide taaskasutusega, linnastumise ning linnakeskkonda mitmekorruseliste puitkarkass-majade sobitamisega teevad käsitletava objekti aktuaalseks.

Magistritöö autor oli tihedalt seotud projekti juhtimisega alates projekteerimisfaasist kuni hoonete kasutuselevõtmiseni ning seab magistritöö eesmärgiks välja töötada ja analüüsida tehases valminud puitkarkass moodulmaja tootmisjärgse logistika ja platsikorralduse osa, sest see on osa, mis väljub turvalistest kontrollitud tingimustest ja vajab igal objektil täpset planeerimist. Magistritöös töötatakse välja logistika ja moodulite montaaži tehnoloogilised kaardid, ehitusplatsi tehnoloogilised ja korralduslikud lahendused koos koondkalenderplaaniga ning võrreldakse objekti koondeelarvelisi kulusid tegelike kuludega ning analüüsitakse erisuste tekkepõhjuseid.

Töö koosneb kaheksast osast. Arhitektuurses osas antakse ülevaade ehitatava objekti üldkontseptsioonist, asukohast, arhitektuursetest ja konstruktsioonilahendustest ning tehnosüsteemidest. Puitmoodulite tootmistsükli korraldusega antakse kirjeldus tervest lepingu tsüklis alates projekteerimisest kuni korterite üleandmiseni. Konstruktsiooni osas kontrollitakse tüüp korteri põrandatala ja esimese korruse seinaposti kandevõimet. Ehitusplatsi üldplaan koostatakse selliselt, et moodulite transport ja paigaldus saaksid sujuvalt toimida. Selleks määratakse ajutised teed, laadimisalad, kraana seisukohad, ehitusplatsi ligipääsuvõimalused, ohualad ja kontori- ning olmeruumid. Koondkalenderplaani eesmärk on vaadelda lepinguperioodi osa alates korterimoodulite transportimisest laoplatsilt ehitusplatsile kuni valmis korterite üleandmiseni. Tehnoloogiliste kaartidega on ette nähtud lahendada moodulite transpordikorraldus, selleks vajaminev tehnika ning moodulite montaaž ehitusplatsil. Selleks on kasutatavad RATU kaartides olevad ajanormid. Majandus- ja uurimuslikus osas võrreldakse objekti

koondeelarvet lõpptulemusega ja analüüsitakse muutunud majandusolukorra mõju. Töö- ja keskkonnakaitse osas kirjeldatakse tööohutuse ja jäätmekäitluse korraldust ning üldised töökorralduslikke reeglid.

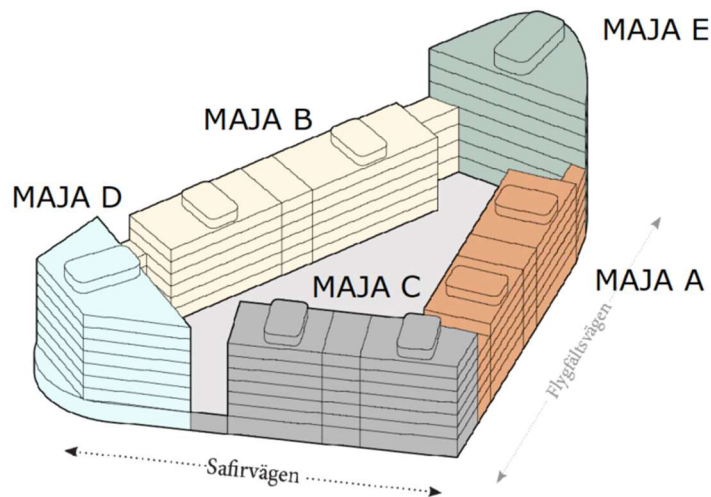
Võtmesõnad: puitkarkass, korterimoodul, platsikorraldus, magistritöö

1. ARHITEKTUURNE OSA

Arhitektuurne osa on koostatud vastavalt arhitektuurbüroo DinellJohansson AB arhitektuursele projektile [1] ja materjalikirjeldustele [1] terve kvartali kohta ning vastavalt puitkarkassil kortermajade osa ehitanud Harmet Constructions OÜ projektlaheendustele ja materjalivalikutele [2].

1.1 Üldkontseptsioon

Arhitektuurbüroo DinellJohansson ja arendaja Resona AB soovisid luua multifunktsionaalse elukvartali, kus on kõik inimeste eluks vajalik käe-jala juures. Selleks loodi viiest majast ja neid ühendavatest üldaladest, sisehoovist ning garaažist koosnev 30598 m² suuruse brutopindalaga hoonete kompleks ehk kvartal nimetusega Barkarbystaden Kv.11. Hooned ja nende osad on projekteeritud erinevate kasutusotstarvetega alates korteritest, stuudiokorteritest, *CoLive* ühiskorteritest kuni kontorite, restoranide, kaubanduspindade ja garaažini. Käesolevas töös vaadeldakse lähemalt joonisel 1.1 näidatud Barkarbystaden Kv.11 kvartali hooneid A, B ja C, sest need on tehases toodetud puitkarkass moodulkonstruktsioonil ehitatud kortermajad. Käesolevas töös on arhitektuursed joonised esitatud esitlusjoonistel 1 ja 2 majale B, mis iseloomustab väga hästi kolme sarnast puitkarkassil kortermaja.



Joonis 1.1 Barkarbystaden Kv.11 majade nimetused

Projekt numbrites:

- Kortereid kokku 434 korterit
 - Korterid, puitkarkass osas, majad A, B, C 393 korterit
 - Korterid, betoonkarkass osas, majad D,E 41 korterit
 - sh stuudiokorterid 10 tk
 - sh *Colive* ühiskorterid 14 tk
- Brutopindala kokku 30 598 m²
 - Brutopindala puitkarkass osas 15 034 m²
 - Brutopindala betoonkarkass osas 11 122 m²
 - sh bürood, maja E 3 200 m²
 - sh restoranid, poed jm 1 800 m²
 - Brutopindala garaaži osas 4 442 m²
- Eluruumide netopindala kokku, majad A...D 14 270 m²
- Mitteeluruumide netopindala kokku, majad A...E 8 527 m²
- Puitkarkass mooduleid kokku, majad A, B, C 680 moodulit
 - sh korterimooduleid 536 moodulit
 - sh koridorid ja tehnoruumid 144 moodulit
- Puitkarkass tasapinnalisi elemente, majad A, B, C 5 537 tk

1.2 Keskkonnasertifikaat

Juba projekti alguses soovis arendaja luua võimalikult hea elukeskkonna ning tagada nii hoone ehituse kui ka eksploatatsiooni käigus võimalikult väike keskkonnamõju. Selle teostamiseks ja tõendamiseks otsustati hoone ehitada vastavalt Rootsis kasutusel olevale keskkonnasertifikaadile Miljöbyggnad [3] ja taotleda selle keskmist ehk hõbedast taset. Sertifikaadi taotlemise käigus hinnatakse hoone viiteteist näitajat energiatõhususe, sise- ja väliskliima ning materjali ohutuse ja ringmajanduse aspektidest. Madalaim ehk pronkstase vastab Rootsi ehitusseaduse miinimumnõuetele, kuid nende täitmine on kolmanda sõltumatu osapoole poolt kontrollitud ja sertifitseeritud. Keskmise ehk hõbetase nõuab hoonelt enamat kui seadusjärgseid miinimumnõudeid, muuhulgas tõhustatud päikesekaitset, helipidavust, ventilatsiooni, materjalivalikut ja muud. Tase näitab selgelt, et arendaja fookuses on keskkonnaküsimused. Kõrgeima ehk kuldtaseme saavutamiseks peaks hoone olema parimate võimalike omadustega, mida kaasaegne tehnoloogia võimaldab ning mille teostamine on reaalsuses ka saavutatav.

Keskkonnasertifikaadi materjalivaliku osas hinnatakse muuhulgas ka karkassi ja vundamendi kliimamõju ning see oli üks kaalukas argument kandekonstruksiooni

materjali valikul. Kuna tsemendi tootmine tekitab väga suures koguses CO₂ heitmeid, otsustati kortermajade puhul kasutada betoonkarkassi asemel puitkarkassi. Samal ajal kui tsemendi tootmine moodustab 8% kogu maailma CO₂ heitmest, seob puit süsihappegaasi [4]. Vundamendi ja aluspõranda monoliitse betooni osa kliimamõju vähendamiseks kasutati kliimatõhustatud betooni, kus osa tsemendist on asendatud teiste keskkonnasõbralikema sideainetega (nt räbu, tuhk), mis läbi väheneb valmis betooni keskkonnamõju 10%...40% [5]. Et hoone saaks soovitud keskkonnasertifikaadi, teostati mitmeid lisatöid: katustele paigaldati päikesepaneelid, osaliselt murukatus; küttesüsteem lahendati maaküttega; tõhustati helipidavust, õhutihedust, ventilatsiooni; kontrolliti ja parendati talvist ja suvist sisekliimat; suurendati ruumide päevavalgust; kasutati tõendatult ohutuid ja minimaalsete emisioonidega materjale; järgiti ja tõhustati niiskushooldust; veenduti ohutus veepaigaldises ning legionäribakteri ja radooni ohu puudumises.

1.3 Asukoht ja paiknemine

Kvartal asub Rootsisis, Stockholmi maakonnas, Järfälla omavalitsuse keskuses Barkarby's. Asudes täpselt Stockholmi linna põhjapoolsel piiril ja olles viimastel aastatel olnud väga kiiresti arenev omavalitsuskeskus, siis visuaalselt on see ala juba kokku sulandunud Stockholmi linnaga. Logistiliselt on tegemist väga atraktiivse asukohaga, kus asuvad lasteaiad, koolid, bürood, kaubandus, ning kust Stockholmi kesklinn on 20 km kaugusel ja Arlanda lennujaam 35 km kaugusel, lisaks avatakse kvartali kõrval metroojaam.

Hooned on paigutatud ümber krundi välisperimeetri nii, et kogu ehitusalune pind oleks maksimaalselt kasutatud ning seejuures arvestades, et kõik elu- ja tööpinnad saaksid võimalikult palju päevavalgust. Ainukesena paikneb maja B tänavapoolne fassaad põhja-suunaliselt, teised majad on ilmakaarte suhtes nurga all ja enamik külgi saavad päeva varasemas või hilisemas faasis ka otsest päikesevalgust. Piki maja B rajatavast tänavast Barkarbyvägen saab üks kohalikke peatänavaid, mille äärde tuleb rajatav metroojaam. Sisepääs majadesse on tänavalt, iga maja keskelt, kergesti äratuntavast trepikojast. Esimesel korrusel asuvasse garaaži pääseb maja A ja C vahelisest garaažiuksest. Kvartali sisehoovi pääseb iga hoone trepikojast ning tänavale evakuatsiooniks on paigaldatud ka väline trepp majade C ja D vahele.

1.4 Hoonete viimistlus

1.4.1 Fassaadide ja katuste pinnakatted

Vastavalt arhitektuuribüroo DinellJohansson arhitektursele fassaadide värvide ja materjalikirjeldusele [1] on hoone kompleksi välisviimistluses kasutusel erinevaid linnakeskkonda sobivad materjalid, mis peavad vastama omavalitsuse nõuetele ja siduma loodava kvartali üheks tervikuks. Joonisel 1.2 on kujutatud kavandatava hoone planeeritav väljanägemine, vaade peatänavalt Barkabyvägen. Hoonete tänavaga külgnev sissepääsukorruse fassaad on ümber terve kvartali kaetud 30 mm paksuse Terrazzo plaadiga, mille toonideks on vastavalt hoonetele kas roheline, beež-valge või roosakas-punane. Hoonete D ja E välisseinad on nii tänaval kui sisehoovis ehitatud soojustatud *Sandwich* betoonpaneelidest ja nende välispind on värvitud vastavalt majale kas helehalliks või roosakas-punaseks. Puitkonstruktsioonil korterite osas on kõige suurem fassaadipind, ehk hoone kolm tänavapoolset külge, kaetud hele-beeži tooni Weber Serporoc fassaadi krohvisüsteemiga. Sisehoovi fassaadiks on hele-beežid Cembrit Patina tsementkiudplaadid. Sisehoovi sokkel on kaetud roostevabade fassaadikassettidega. Madalamad neljakorruselised hoone osad, mis ühendavad betoonfassaadi krohv fassaadiga, on kaetud plekist fassaadikassettidega Ruukki Liberta Original. Tänavapoolsed fassaadikassetid on eritoonis, kas punased või tumerohelised, hoovipoolsed standardtoonis hõbehallid. Täiendava dekoratsioonina on arhitekt planeerinud neljakorruselise hooneosa korterite fassaadidele, iga korruse akende alla, lillekastid, mille välispind on kaetud eritellimusel toodetud kaarestatud sileplekiga. Kõikide kortermajade keskmine tänavapoolne osa, kus asub tänavataasapinnas hoonete peasissepääs, on kaetud tumepruuni tooni plekist fassaadikassettidega ulatudes maapinnast kuni katusele, seejuures on fassaadikassettidega kaetud ka rõdude alune laeosa. Iga maja katusel on kumerate nurkadega ventilatsiooni tehnoruum, mis on väljast kaetud valge laineprofiil fassaadiplekiga. Hoonete katusekatteks on tumehalli värvi SBS bituumenrullmaterjal nii põhikatuse kui ka ventilatsiooni tehnoruumide katustel. Erisusena on pool maja A katusest kaetud murukatusega. Tumehall on ka katuse lumetõkete, käiguteede ja ohutusliinide süsteem. Vihmaveesüsteemina on kasutusel ümarad hõbehallid vihmaveetorud ja -rennid, mis sobituvad kortermajade hõbehallide puit-alumiinium akende, uste ja evakuatsiooniteedega. Erisusena on hoone plekkfassaadidel paiknevad aknad sama tooni nagu fassaadikassetid ent sissepääsudeks kontrastsemat tooni, et lihtsustada vaegnägijatel uste eristamist fassaadipinnast.



Joonis 1.2 Vaade tänavalt Barkabyvägen, majad E, B, D

1.4.2 Rõdud, piirded, käiguteed, evakuatsioonitrepid

Fassaadidel on pilkupüüdvateks konstruktsioonideks nii tänava kui hoovi pool rõdud. Majadele A ja C paigaldati esimesele korrusele teraskonstruktsioonil hõbehallid prantsuse rõdupiirded ning alates teisest korrusest teraskonstruktsioonil hõbehallid hispaania rõdud koos piiretega. Hoone keskosas, kus asub peasissepääs ja paiknevad puitkonstruktsioonil konsoolsed rõdud, on kõikidel kortermajadel teraskonstruktsioonil tumepruuniks värvitud rõdupiirded, mis sobituvad sealsete fassaadikassettidega. Erisusena on maja B tänavapoolsel krohvfaasidil prantsuse ja hispaania rõdude asemel lükandmehhanismiga avatavad-suletavad hõbehallid Hawa Frontslide 60 tüüpi aknaluugid. Sisehoovis asuvad kõikidel kortermajadel laiemad ja sügavamad rõdud, sest seal ei ole kinnistu piir rõdu sügavust piiramas. Sisehoovis asuvad kergest alumiiniumkonstruktsioonist rõduplaadid, mis on fikseeritud alaosast kinnitusdetailidega ja riputatud ülaosast diagonaalsete tõmbidega välisseina külge. Ka sisehoovi rõdude piirded on samast alumiiniumkonstruktsioonist, tooniks akende ja vihmaveesüsteemiga sobituv hõbehall. Hoone sisehoovis paikneb ka viis metallkonstruktsioonil terasrest-astmetega evakuatsioonitreppi, mis tagavad ühtlasi ka ligipääsu katusele. Evakuatsioonitreppe ning kortermaja põhiosa ja lisaosaid ühendavad metallpostidele ja taladele toetuvad puitkonstruktsioonil käiguteed. Käiguteede platvormide laed on kaetud naturaalsel tooni Cembrit Multiforce tsementkiudplaatidega ning põrandad tumehallide puitplastist terrassilaudadega. Nii käiguteede piirded kui ka evakuatsioonitreppe piirded on teostatud hõbehallides

toonides teraspostide ja läbipaistmatu plekk-kattega vähendamaks inimeste kõrguskartust.

1.4.3 Hoone siseviimistlus

Korterite siseviimistlus on skandinaaviapäraselt hele ja pehmete toonidega. Eluruumide põrandad on kaetud naturaalse kolmelipilise tamme- või saareparketiga, kipsplaatseinad värvitud valgeks ja laed kaetud valgete tehaseviimistletud puitkiudplaatidega. Duširuumides on kasutatud keraamilisi põrand- ja seinaplaate ning laes ripplage. Korterites on kasutusel kolm erinevat siseviimistluse värvilahendust: *Delta*, *Sand*, *White*, millel erinevad parketi, köögimööbli, köögi kivitasapinna ja duširuumi põrandaplaatide värvitoonid. Korterites on kasutusel kergkonstruktsioonis valged siledad siseuksed, koos valgete MDF uksepalede ja puitliistudega. Sama palede ja liistude lahendus on kasutusel ka puit-alumiinium akendel ja rõduustel. Mõlemal juhul on valgeks tooniks puhas valge ehk värvikood NCS S 0500-N, mis tähendab üldjuhul erivärvi toodete tellimist. Üldaladel ehk trepikodades ja koridorides on põrandatel vaip, seinad värvitud ning laes ripplagi. Majade eristamiseks ja vahelduse loomiseks on igal kortermajal erinev üldalade värvilahendus. Erinevad põrandate, seinte ja korteri sissepääsuuste värvitoonid. Et korteri sissepääsuukse toon sõltub koridori värvist ja kasutusel on sama toon ukselehe ja lengi mõlemal poolel, siis on ka korteris üks lisatoon.

1.5 Hoonete konstruktsioonid

1.5.1 Vundament

Hoonete kompleks on rajatud terasvaiadel roostvärgile, et jõuda läbi savi ja moreenikihi kandva aluskivimini. Vaiade oodatava eluea nõutud klass on 100 aastat. Maapinna põhjavee taseme kõrgus on +15,0 m, mis jääb allapoole rajatava hoone esimese korruse põrandast +16,5 m. Rostvärk ja esimese korruse põrand on rajatud ehitusplatsil monoliitsest betoonist, saavutades seejuures radooni- ja veekindluse. Põrandakonstruktsiooni all on drenivad kihid ning ümber maja perimeetri drenaaž.

1.5.2 Kandvad välis- ja siseseinad

Aluspõrand ja roostvärgi tasapinnast kõrgemal on majade D ja E ning garaažikorruse kõik kandekonstruktsioonid, talad, postid, seinad, välisseinad ja vahelaed valmistatud monteeritavatest elementidest. Majade A, B ja C puitkarkassmoodulitest

konstruktsiooni aluspinnaks on garaažikorruse lagi ning sellele paigaldatud puidust alusvöö. Puitmoodulid on monteeritud ja kinnitatud eelpaigaldatud alusvööle. Seejuures on alusvöö paigaldatud iga mooduli terve perimeetri alla, sest kõik mooduli perimeetril asuvad neli seina on kandvad. Suurim koormus langeb mooduli pikiseintele. Piki seinad on ehitatud 45*95 mm kandekarkassist, kus sõltuvalt koormusest moodustuvad kahe kuni nelja kõrvutiasetseva prussiga postid. Puitkarkass-hoone stabiilsus tagatakse vahelagede ja moodulite kandeseintega, mis võtavad nihkejõude vastu. Välisseinte kandvad karkassipostid on sõltuvalt välisviimistlusest kas C24 45*220 mm või 45*245 mm. Koos lisakihtidega on keskmiseks soojustuse paksuseks 270 mm.

1.5.3 Põrandad, vahelaed

Puitkonstruktsioonil moodulosa on lahendatud puidust põranda ja lae konstruktsiooniga. Moodulite põrandaelemendid on ehitatud C24 45*245 mm kandekarkassist ning moodulite laeelemendid C24 45*120 mm kandekarkassist. Moodulite üksteise peale paigalduse järgselt moodustavad ühe korruse laed ja teise korruse põrandad lõpliku vahelaed konstruktsiooni. Seejuures on tagatud nõutud helipidavus ja tulepüsivus.

1.5.4 Pööning- ja katuslaed ning katus

Korterimajade katus on jaotatud tänavapoolseks kõrgemaks pööninguga alaks ning hoovipoolseks madalamaks katuslaega alaks. Tänavapoolse külma pööningu moodustab põhjakonstruktsioonita katusemoodul, mis paikneb tavakorteri mooduli peal. Moodustunud külma pööningu kõrgus on keskmiselt 1,3 m ning selle põrandapind kaetud ehitusplatsil 280 mm paksuse puistevillaga kihiga, millega on saavutatud pööninglae soojusisolatsioonikihi kogupaksuseks 400 mm. Hoovipoolne katuslagi on ehitatud juba moodulite koostetehases tava korterimooduli peale, soojustuse kihi paksuseks on kokku keskmiselt 450 mm. Mõlemal katusepoolel on kasutatud C24 45*245 mm puidust kandekarkassi, mis jaotab katusekoormuse moodulivahelistele kandeseintele. Katusekatteks on 22 mm paksusele OSB ehitusplaadile paigaldatud SBS bituumen rullmaterjal.

1.5.5 Trepid, liftid

Hoone peasissepääsu ja esimese korruse tasapindade vahele on rajatud hoonesisene raudbetoonist trepp. Esimesest korrusest kõrgemale aga hoonesisene trepp ei tõuse. Peamine inimeste liikumine on ette nähtud liftidega, seejuures on iga kortermaja varustatud kahe liftiga alates sissepääsu ja garaaži tasapinnast kuni hoone viimase

korruseni, välja arvatud katusel paiknev ventilatsiooni tehnoruum. Liftišahti garaažikorruse osa on valmistatud raudbetoon monteeritavatest elementidest, alates puitkarkass korterimoodulite tasapinnast on tegemist CLT konstruktsiooniga. Inimeste evakuatsiooniks on ette nähtud iga kortermaja kohta kaks välimist metallkonstruktsioonil treppi, kummaski maja otsas üks.

1.6 Hoonete tehnosüsteemid

1.6.1 Vesi ja kanalisatsioon

Hoone külma tarbevee varustus on tagatud omavalitsuse tsentraalse veevõrguga, kuid soe tarbevesi saadakse hoonesse paigaldatud maakütte soojuspumba süsteemist. Iga maja garaažikorrusel, keset hoonet, paikneb vee- ja küttesüsteemi tehnoruum, kust hargnevad vee- ja küttetorud. Tarbeveesüsteemi magistraaltorud on fikseeritud riputitega garaažikorruse lakke ning jaotus korteritesse toimub vertikaalsetest šahtidest. Igas korteris on oma tarbeveekollektor, millest hargnevad veetorud korteris asuvate tarbijateni. Erisusena on korterite veesüsteemi väljaehitamisel kasutatud Vatette V6 süsteemi, mis vastab Rootsi ohutu veepaigaldise nõuetele. Korteripõhiselt toimub ka külma ja sooja tarbevee mõõtmine.

1.6.2 Küte

Tervele hoonekompleksile on paigaldatud maaküttesüsteem, mis varustab +55°C küttevõega ka korterite osa. Iga maja garaažikorrusel, keset hoonet, paikneb vee- ja küttesüsteemi tehnoruum, kust hargnevad vee- ja küttetorud. Kütte magistraaltorud on sarnaselt tarbeveesüsteemi torudega fikseeritud riputitega garaažikorruse lakke ning jaotus korteritesse toimub samades vertikaalsetest šahtidest. Igas korteris on oma küttekollektor, millest hargnevad küttevõetorud radiaatoritesse ja duširuumis asuvasse käteräti kuivatisse. Erilahendusena ei ole korterite duširuumi põrandatel ei vesi- ega elektripõrandakütet. Maaküttesüsteemiga on ühendatud energia säästmise eesmärgil ka katusel paiknev ventilatsiooniagregaat.

1.6.3 Ventilatsioon

Majadesse on paigaldatud soojustagastusega sundventilatsioon. Iga maja katuse ventilatsiooniruumis asub ventilatsiooniagregaat, mis teenindab kortereid, koridore ja peasissepääsu trepikoda. Lähtudes hoone B suurusest, on sinna erandina ette nähtud kaks ventilatsiooniagregaati, mis paiknevad erinevates ventilatsiooni tehnoruumides.

Ventilatsioonimagistraalide jaotus toimub viimase korruse koridori laes, kust toimuvad torude hargnemised vertikaalsetesse šahtidesse. Šahtides toimub vastavatel korrustel korteri süsteemiga liitumine. Kortertes on paigaldatud tavapärase ventilatsioonisüsteemi, kus elutubades on värske õhu sissepuhe ja duširuumides ning köökides heitõhu väljatõmme. Süsteemi käivitamisel seadistati projektis etteantud õhuhulgad ning tulevastele korteriomanikele ei anta võimalust reguleerida ventilatsiooni kasutajapõhiselt. Ventilatsioonisüsteem ei sisalda endas jahutuse võimalust.

1.6.4 Tugevvool

Igal hoonel on garaažikorrusel eraldi ruum tugevvoolu elektrikilbi jaoks ja eraldi liitumine võrguvaldajaga. Peakilbist liiguvad magistraalkaablid korrustel asuvasse jaotuskilpidesse, kust omakorda toimub elektrivarustuse jaotus kortertes. Igas korteris on korteripõhine elektrikilp ja voolumõõtja.

1.6.5 Nõrkvool

Hoone on varustatud kahe andmesidesüsteemiga. Esimeseks süsteemiks on tavapärase internetiühendus, mille liitumispunkt on eelnevate süsteemidega sarnaselt garaažikorruse elektri peakilbi ruumis. Seal liiguvad fiiberoptilised kaablid korruste *rack* kappidesse, kust need jaotatakse edasi kortertes kasutades CAT6A kaableid. Eriühendusena ei ole korterites nõrkvoolu kilpe ning CAT kaablid jõuavad otse elutuppa, kuhu arendaja paigaldas WIFI ruuteri. Teiseks andmesidesüsteemiks on korterite vee- ja elektrimõõtjate andmete kogumine ning nende edastamine läbi mobiilsidevõrgu. Selleks on elektrikilpi paigaldatud andmete kogumise moodul, mis on ühendatud iga mõõtjaga *M-Bus* kaabliga. See moodul edastab kogutud andmed läbi mooduli mobiilside andmeside süsteemi lugemeid koguvasse pilveteenusesse.

1.6.6 Tuleohutus

Hoonetele koostatud tuleraportis [6] määrati puitkarkassil korterite osa Rootsisis kehtivasse ehitusklassi Br1, mis osundab sellele et tegemist on kõrge kaitsevajadusega hoonega [7], mille tulekoormus on alla 800 MJ/m². Suurema osa hoone tuleohutuse tagamiseks on lähtutud üldistest reeglitest. Eraldi analüütiline dimensioneerimine on teostatud ventilatsioonisüsteemile, evakuatsioonitreppidele ja hispaania rõdude tuleeraldusele. Iga korter, tehnošaht, liftišaht, tehnoruum ja koridor on jaotatud EI60 tuletõkketsoonideks. Hoone vahelaed peavad vastama minimaalselt tulepüsivusele R60 ning hoone kandekarkass, postid ja talad tulepüsivusele R90.

Tulekahjuolukorras käivituvad esmalt optilised suitsuandurid, mis asuvad kõikides eluruumides. Suitsu jõudmisel ventilatsioonisüsteemi sulgeb ventilatsiooniseade värske õhu sissepuhke ja algab suitsuärastus ventilatsioonisüsteemi väljatõmbe kaudu. Iga korteri tuletõkkeseksiooni piiril asetseb ka tuleklapp, mis sulgeb tulekahjuolukorras mehaaniliselt vastavasse korterisse tuleva sissepuhkeõhu kanali. Tulekahju olukorras avanevad ka lifti šahtides olevad suitsuluugid ning lift laskub automaatselt esimesele korrusele ja avab ukсед. Erilahendusena on maja C esimene korrus varustatud sprinklersüsteemiga ja automaatse tulekahjusüsteemiga, sest tegemist on erivajadustega inimestele mõeldud ühiskorterite kompleksiga, kus kehtivad rangemad tuleohutuse nõuded.

1.7 Teed, platsid ja haljastus

Kvartalit ümbritsevad sõidu- ja kõnniteed tuleb välja ehitada kohalikul omavalitsusel. Vahetult hoonete välisseina kõrval on kivisillutisest kõnnitee. Piki Flygfältsvägen tänavat külgnab kõnniteega asfaltkattega jalgrattatee, mida eraldab sõiduteest omakorda eraldusriba. Piki Flygfältsvägen ja Barkabyvägen tänavaid on asfaltkattega sõiduteed. Safirgatan tänav poolne osa on jalakäijatele avatud park-väljak. Kvartali sisehoovi loodi mitmefunktsionaalne puhke- ja vabaajaveetmise ala. Õueala tekitamiseks rajati kivipuru kattega kõnniteed; valgustus; muru-, taimede- ja põõsasalad; välijõusaal; ühised istumis-, pikniku- ja grillimisalad; ning pergola varjamaks maa-aluste olmejäätmemahutite hoovi ulatuvaid luuke. Kõikidel hoovipoolsetel esimese korruse korteritel on terrass, mis on ühisaladest eraldatud lillekastidega. Pääs sisehoovi on tagatud vaid majaelanikele.

2. PUITMOODULITE TOOTMISTSÜKLI JA LOGISTIKA KORRALDUS

Puitmoodulite tootmistsükli ja logistika korralduse kirjeldus selgitab lähemalt olulisemaid etappe alates tootmise ettevalmistusest kuni moodulite paigalduseni ehitusplatsil ja annab ka ülevaate sellele järgnevatest ehitusplatsi töödest.

2.1 Ettevalmistus ja tootmine

2.1.1 Ettevalmistav etapp

Puitmoodulitest korrusmajade ehitamisel on tavapärane, et tellija sõlmib töövõtjaga ühise projekteerimis- ja ehituslepingu. Selline lepinguformaad võimaldab kliendil hoida kokku projekteerimis- ja tootmistsükli kulu aega. Ühest küljest on töövõtjal võimalik alustada juba projekteerimisfaasis materjalide tellimisega, tarnete planeerimisega, tootmisesse tööjõu planeerimisega ja muu projektipõhise ettevalmistusega. Teisest küljest on võimalik alustada tootmisega, kui vastav projekteerimisetapp on läbi, ent järgmine etapp on veel projekteerimises. Kasutatava lepinguformaadi kolmandaks eeliseks on töövõtja, ehk elementide ja moodulite tootja, võimalus koostada tootmisjoonised just enda tehase eripärasid arvesse võttes. Nendeks eripäradeks võivad olla toodetavate elementide ja moodulite mõõtmed, piirangud elemenditootmise töölaudade tehnoloogias ning toodetavate elementide kompleksusastme valik, ehk kas töölaual koostatakse elemendi puitkarkass, lisatakse sinna ka soojustus- ja viimistluskihid või veel täiendavalt avatäited ja tehnosüsteemide valmidus.

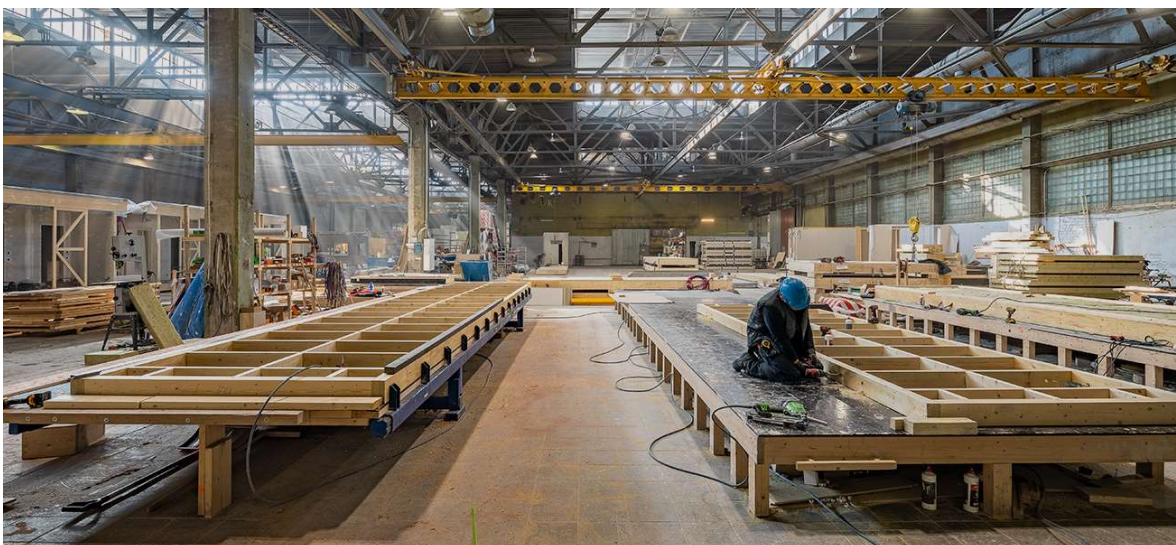
2.1.2 Elementide tootmine

Elementide tootmine saab alata pärast vastava osa tootmisjooniste valmimist ja vajamineva materjali tarnet, eeldusel et tootvas tehases on eelmise projekti elemendid valminud ja kätte on jõudnud töösoleva projekti graafikujärgne tootmisaja.

Käsitletavas projektis oli elementide põhitootmine jaotatud kahe eraldiseisva tootmisüksuse vahel. Mooduleid koostavas tehases toodeti erikujulisi lae- ja põrandaelemente, eraldiseisvas tootmisüksuses toimus sise-, vahe- ja välisseina elementide ning standardkujuga põranda- ja laeelementide tootmine. Täiendavalt osteti elemente sisse ka teistelt töövõtjatelt, et tagada õigeaegne elementide tarne kahele mooduleid koostavale tehasele.

Sõltumata elementide tootmishoonest algab elementide tootmine tugevussorteeritud ja hõõveldatud C24 karkassimaterjali mõõtu lõikamisega, selle märgistamisega ning elementide kaupa komplekteerimisega. Edasi liigutatakse ettevalmistatud pakk elemendi koostamise töölaua juurde, kus esimeseks operatsiooniks on elemendi kandekarkassi koostamine vastavalt tööjoonistele. Joonisel 2.1 on näidatud kandekarkassi koostamine. Seinaelemendi puhul lisatakse karkassi ühele poolele aurutõkkele, ehitusplaadid (näiteks toapoolsed kipskartongplaadid) ning pööratakse element töölaual teisele küljele. Seejärel teostatakse elektripaigaldise valmidus, milleks on peamiselt elektritoosid ja -kõrid ning sellele järgnevalt soojustatakse element kivivillaga. Sellele järgnevalt kaetakse seinaelement teiselt poolt tuuletõkke kipsplaadiga, lisatakse tuulutusroovid ja sõltuvalt projektist on võimalik lisada välisviimistluse materjal. Käsitletavas projektis ei lisatud ei fassaadiviimistlust ega avatäiteid elemendi koostamise laual, sest kasutatavad 8 mm paksusega tsementkiud viimistlusplaadid võisid elementide transpordil puruneda ja avatäideteks olid korteritel valdavalt suured rõduksed, mille paigaldus on võimalik peale mooduli koostamist.

Käesoleva projekti elementide põhitootmine toimus tootmishoones, millest pool hoonet oli kõrgusega 7 m ja teine pool kõrgusega 4,5 m. Tootmishoone esimene pool, kõrgusega 7 m puhtast põrandast kuni fermi alumise vööni, oli varustatud 5 tonnise tõstejõuga telfriga, mille tõstekonksu kõrgus puhtast põrandast oli 5 m. Tänu sellele oli konkreetsel alal võimalik toota lae- ja põrandaelemente laiusena kuni 4,1 m. Tootmishoone teine pool, kõrgusega 4,5 m põrandast kuni fermi alumise vööni, ei olnud varustatud telfriga. Sellest hoolimata oli seegi ala kaetud töölaudadega, kus sai toota väikesemate mõõtudega seinaelemente ning elementide tõstukiga pöörata.



Joonis 2.1 Elementide valmistamine moodulite koostetehases

2.1.3 Elementide transport

Peale elementide valmimist tootmislaual komplekteeritakse sobivad pakid valmistoodangu transpordiks moodulite koostetehasesse. Pakkide koostamisel on oluline arvestada autotranspordi gabariite, tõstetehnika tõstevõimsust, tootmishoonete uste mõõtmeid, tootmishoones oleva telfri kõrgust ja tõstevõimet. Sobiv lahendus seinaelementide transpordiks on elementide püstine pakendamine ja platvormhaagistel transport. Põhja- ja laeelementide transport toimub samuti platvormhaagistel, aga elemendid on ladustatud lapiti üksteise peale. Nii sein- kui lae- ja põhjaelemendid tuleb transpordiks ilmastikukindlalt pakendada, sest platvormhaagised on avatud ja suurim osa vaadeldava projekti tootmisest oli ette nähtud sügis-talvisele perioodile.

2.1.4 Moodulite koostamine

Kui tootmisgraafiku järgse koostatava mooduli kõik elemendid on toodetud ja tarnitud koostetehasesse saab alustada mooduli koostamisega. Mooduli koostamise all mõeldakse eeltoodetud tasapinnaliste elementide kokkumonteerimist ruumelementideks, ehk mooduliks. Selle operatsiooni käigus ei toimu suuremate üldehitusmaterjalide paigaldamist, toimub ainult elementide omavaheline kinnitamine ja tihendamine. Koostamist alustatakse moodulite koostealal põhjaelemendi paigaldamise, loodimise ja kanalisatsioonitorude kallete ning paigalduskvaliteedi kontrollimisega. Peale loodimist ja kvaliteedikontrolli läbimist toimub seinaelementide ning seejärel laeelemendi paigaldus, kinnitamine ja tihendamine. Kaks koostealal paiknevat põrandaelementi, mille külge on kinnitatud esimesed välisseina elemendid on kujutatud joonisel 2.2.

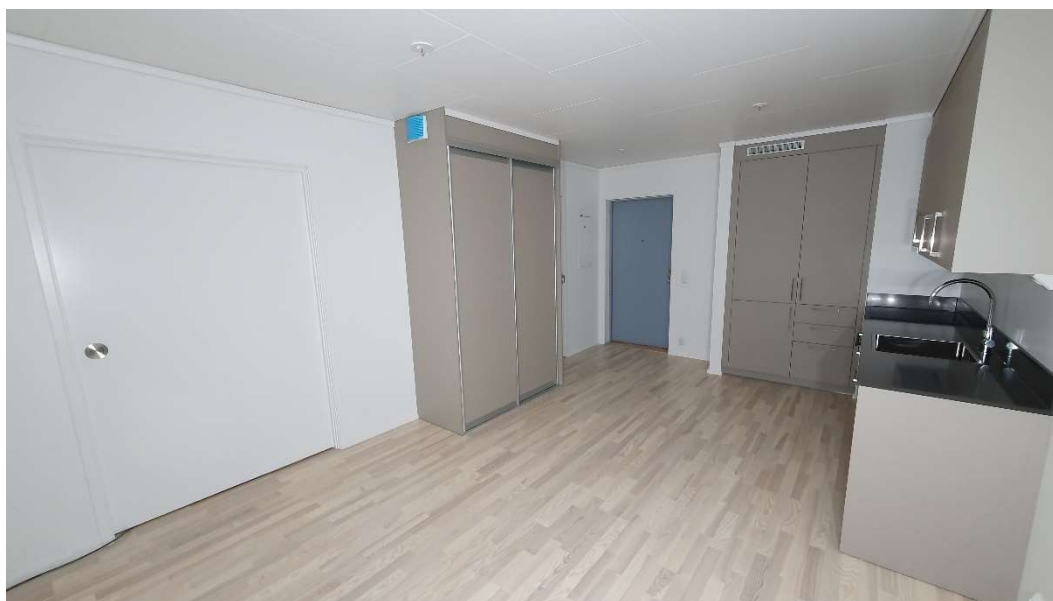


Joonis 2.2 Elementidest koostatavad moodulid

Koostatud moodulil kontrollitakse diagonaalid ja kõrgused kõigis neljas küljes, et vältida hilisemaid probleeme ehitusplatsil moodulite paigaldamise käigus. Peale mooduli koostamist liigutatakse see statsionaarsesse asukohta, kus jätkuvad ehitustööd koostatud mooduli lõpetamiseks.

2.1.5 Üldehitus ja eritööd moodulites

Moodulis teostatakse nii üldehitus- kui ka tehnosüsteemide tööd. Esmalt tuleb ühendada erinevate elementide elektri-, vee-, kanalisatsiooni- ja küttesüsteemid ning seejärel sulgeda ühenduseks lahti jäetud avad. Peale lõplikku seinte sulgemist saab jätkata avatäidete paigaldamisega, ventilatsioonitöödega, maalritöödega, duširuumis hüdroisolatsiooni ning plaatimistöödega, põranda- ning laekatete, liistude ja välisviimistluse paigaldamisega. Viimistlustööde lõppemisel paigaldatakse köögimööbel, köögitehnika, sanitaartehnika seadmed ja duširuumi mööbel. Samuti lõpetatakse kõik elektri-, veevarustuse-, kanalisatsiooni-, kütte ja ventilatsiooni tööd sellises staadiumis, et juhtudel, kus üks moodul moodustab ühe korteri, piisab ehitusplatsil korteri tehnosüsteemide ühendamisest maja süsteemiga ja korter on kasutamiseks valmis. Käesoleva etapi lõpuks on moodulis teostatud vee- ja küttestorude survetestid, elektripaigaldise kontrollmõõtmised, õhulekke test ja üldehituse ning viimistlustööde lõppkontroll. Kui kontrollide käigus avastatud puudused on kõrvaldatud on mooduli tehasealine ehitus lõppenud ja saab alustada mooduli pakkimisega. Joonisel 2.3 on kujutatud tehasevalmiduses korterimoodul enne pakkimist.



Joonis 2.3 Kortermoodul tehasevalmiduses

2.1.6 Moodulite pakkimine

Moodulite ettevalmistamine transpordiks hõlmab nii siseosa kui ka välisosa kinnikatmist ja pakkimist nii eelseisva transpordi kui ka eelseisvate objektitööde kaitseks.

Siseosa ettevalmistusel on väga oluline kinnitada aknad-uksed ja mööbel, selle hulgas mööbli uksed, selliselt et need ei liiguks transpordi ja paigalduse käigus ega ei kahjustaks nimetatud tooteid või ümbritsevat siseviimistlust. Peale põrandakatete paigaldust on põrandapinnad juba kinni kaetud, kuid pakkimisel kontrollitakse, et katted oleksid korrektsed ning kaitseksid põrandaid ka potentsiaalsete objekti ehitustöödega kaasnevate kahjustuste eest. Samuti on väga oluline kinnitada kõik kaasapandavad üldehitusmaterjalid, et need transpordi ja paigalduse käigus püsiks liikumatult ega kahjustaks siseviimistlust.

Välisosa pakkimine on oluline, et kaitsta mooduleid transpordi ja ajutise ladustamise käigus ilmastikumõjude ning tõstetel deformatsioonide eest. Enne mooduli katmist kaitsekilega tuleb toetada suuremad tühjad seinavad ajutiste tugede ja diagonaalidega, eriti kui needavad asuvad tõstetroppide piirkonnas. Joonisel 2.4 on näidatud moodulite pakkimiseks kasutatud termokahaneva kilega lahendus.



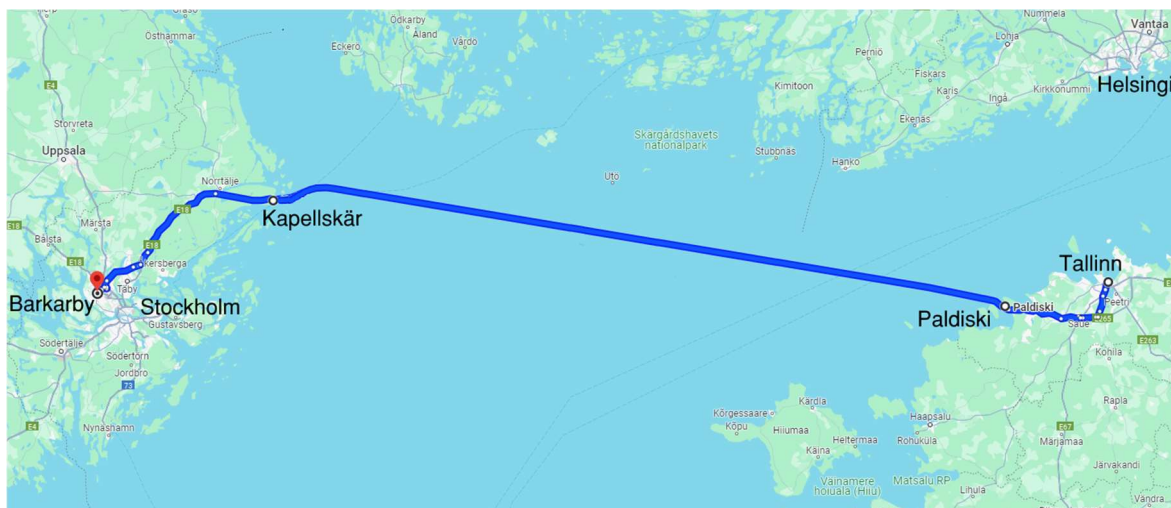
Joonis 2.4 Pakitud mooduli transport

Kile paigaldusel on oluline kontrollida, et mooduli katusele ei jääks lohkusid, kuhu vesi võib koguneda ja raskusega kile purustada ning konstruktsiooni valguda. Seetõttu on oluline ajutiste materjalidega luua mooduli katusele kile alla minimaalne kalle. Peale termokahaneva kile leeklambiga töötlemist tuleb valge läbipaistmatu kile välispinnale

markeerida uste ja akende asukohad ning lisada mooduli number nii seintele kui ka laele paigalduse lihtsustamiseks. Seejärel lisatakse moodulile tõstetropid, mida kasutatakse mooduli kõikidel tõstetel alates tehases autole laadimisest kuni mooduli objektile paika tõstmiseni. Erinevalt mooduli teistest külgedest paigaldatakse põhja transpordiaegseks kaitseks pakkekile mooduli treilerile tõste käigus ning kinnitatakse puitlattidega.

2.2 Transport ja paigaldus

Moodulite transpordi marsruut alates Tallinnas asuvast moodulite koostetehasest kuni Rootsisis, Barkarbys, asuva ehitusplatsini on kujutatud joonisel 2.5. Tallinn-Paldiski vaheline lõik on eriveoseline maanteetransport, Paldiski-Kapellskär liinilaevadega meretransport ning Kapellskär-Barkarby eriveoseline maanteetransport.



Joonis 2.5 Moodulite transpordi marsruut Tallinn-Paldiski-Kapellskär-Barkarby

2.2.1 Moodulite transport ja ladustamine ajutisel laoplatsil

Moodulite väljavedu tehases on oluline ja täpselt ajatatud tööetapp, selleks et vabastada tehasepind uute moodulite koostamiseks. Moodulite peamisesse koostetehasesse oli võimalik paigutada üheaegselt kuni 80 koostatud moodulit, mis jagunesid omakorda vastavalt graafikule, kas äsja koostatuks või pakendatuks ja valmis transpordiks. Nii nagu moodulite koostamine, toimub ka moodulite tehases väljavedu etappidena. Keskmiselt 4-6 moodulit päevas. Moodulite laadimine teostatakse koostetehases kahe 10 tonnise tõstejõuga telfriga otse platvormhaagistele. Transporti piirab koostetehase paiknemine Tallinna linnas, sest vastavalt tabelile 2.1 olid projekti tüüp moodulid 4,1 m laiusega, mis määras, et tegemist on eriveoga, kus laius on 4,01 m

ja enam [8]. Sellise eriveo puhul rakenduvad kellaaajalised sõidupiiirangud tiptundidel ja saateautode nõue.

Tabel 2.1 Tüüpmoduli ja suurima mooduli mõõtmed ning kaalud koos pakendiga

Omadus	Keskmine tüüpmodul	Suurim modul
Laius	4,1 m	4,1 m
Pikkus	6,8 m	12,2 m
Kõrgus	3,15 m	3,65 m
Kaal	9 t	17,8 t

Moodulite ajutiseks hoiustamiseks peale tootmist ja enne paigaldust kasutati Paldiski sadama laoplatse. Ajutine ladustamine sadamas toimub vastavalt laoplatši plaanile, kus on oluline, et moodulid oleksid objektile vedamiseks õiges kättesaadavas järjekorras ja täiendavaid ümbertõsteid ei oleks vaja teostada. Moodulite laoplatstil mahalaadimiseks on vajalik sinna tellida kas kraana või kasutada sadama pakutavat mahalaadimisteenust. Kui tootmisest oleks võimalik väljastada suurem hulk mooduleid korraga, siis oleks soodsam teostada mahalaadimine eraldi tellitud kraanaga. Põhjusel, et moodulite koostetehases ei olnud väliseid laoplatse, kus suuremat moodulite kogust kokku koguda, tuli kasutada sadama pakutavat pigem kallist teleskooplaaduriga mahalaadimise teenust. Hoolimata potentsiaalsest kokkuhoiuvõimalustest on peamine, et valmis, kontrollitud ja pakitud moodulid ei seisaks tootmishoones ega pidurdaks tootmisvoogu. Sadamas moodulite hoiustamise ja tõstete kuludelt kokkuhoidmise teiseks variandiks oleks otsetranspordi kasutamine tehases objektile. Selline otsevedu oleks kõige kiirem moodulite transpordi variant, sest parimal juhul võiks tehases laetud modul jõuda järgmise päeva pealelõunaks ehitusplatsile. See oleks aga võimalik üksnes väikese hulga moodulitega, mille tootmise lõpp ühtib platsi paigalduse ajaga. Vaadeldava projekti tootmis- ja paigaldusgraafiku koostamisel ei olnud võimalik jätta platsil esimesena vajaminevaid moduleid tootmise lõppfaasi, et need oleks võimalik ilma vaheladustamiseta objektile viia. Tulenevalt kõikidest muudest tingimustest ja piirangutest on tavapärane, et vaheladustamine on vajalik.

2.2.2 Moodulite transport ehitusplatsile

Moodulite transpordijärjekord ehitusplatsile lähtub koostatud moodulite montaažijärjekorrast. Laoplatstil tõstetakse moodulid vastavas järjekorras platvorm haagistele. Valdav osa vaadeldava projekti moodulitest oli pikkusega 6,6 m, mis tegi võimalikuks laadida kaks moodulit ühele haagisele. Projekti transpordi maksumuse

seisukohalt on see efektiivne, sest haagisel on ära kasutatud kogu maksimaalne pikkus ja laius. Olgugi et käsitletava projekti moodulite kogus on suur, ei osutunud otstarbekaks mitte eraldi laeva prahtimine moodulite veoks, vaid moodulite üle mere viimine *ro-ro* tüüpi liinilaevadega Paldiski-Kapellskär liinil. Seda eelkõige põhjusel, et sobivate sadamate vahel toimub juba liinivedu ja igapäevaseks 8 haagise üleveoks on võimalik liinilaevadele kohti ette broneerida. Liinilaevade kasutamisel ei ole takistuseks ei veose laius ega pikkus, küll aga kõrgus, kus iga cm on teatud juhtudel arvel. Sellel põhjusel ei olnud mõistlik vaadeldaval projektil näiteks koostetehases paigaldada katusemoodulitele katuse tuulutuskorstna läbiviike, olgugi et katusele sai paigaldada juba püsiva katusekatte. Moodulile kõrgusele lisamine oleks tähendanud, et tava platvormhaagise asemel oleks tulnud kasutada madalat platvormhaagist. Tava platvormhaagisele mahub kaks moodulit, madalale platvormhaagisele ainult üks, mis muudaks nende katusemoodulite transpordikulu üle kahe korra suuremaks.

Peale Kapellskäris laevast väljumist tegid edasise transpordi sujuva planeerimise keerukamaks antud projektis kasutatavad puitmoodulite laiused, sest enamikel juhtudel oli veose kogulaius koos moodulite ja transpordiaegse pakendiga kuni 4,1 m. Sellise laiusega veose autotranspordiks tuleb taotleda Rootsi transpordiametilt eraldi veoluba, sest ühest küljest on sadam Stockholmi maakonnas, kus kehtivad juba teatud veopiirangud ning teisest küljest asub ehitusplats tiheasustusega Järfälla omavalitsuse keskuses, kus kehtivad omakorda rangemad veopiirangud. Ootuspäraselt toimus veoloa väljastamine tõrgeteta, sest veose laius ei olnud ebamõistlikult suur, küll aga märgiti veoloa tingimustes [9] ära hulk tingimusi ja piiranguid, milledest üks osa mõjutab otseselt ka moodulite paigaldustööde planeerimist. Esimene piirang on saateauto nõue, mis tähendab, et lai veos ei tohi ilma kaasliiklejaid hoiatava saateautota iseseisvalt liigelda. Ühe saateauto järele on lubatud moodustada kuni kolme veoauto pikkune kolonn. Selline nõue takistab autode hajutatud sadamast väljumist ja ehitusplatsile jõudmist, mistõttu tekivad autodel ooteajad kolonni moodustamisel. Teine veoloa piirang mõjutab transporti veelgi rohkem, tegemist on kellaajaliste veokeeldudega, mis välistavad transpordi tiptundidel ja teatud osas nädalavahetustel. Esmalt tuleb arvestada laevast väljumisel Järfälla omavalitsuse piirini jõudmiseks Stockholmi maakonna veokeeluaegadega, mis on järgnevad:

- E-N 7.00...9.00 ning 15.00...19.00
- R 7.00...9.00 ning 13.00...15.00

Järfälla omavalitsuse piirile jõudes hakkavad kehtima veelgi rangemad piirangud:

- E-N 6.00...9.00 ja 15.00...20.00
- R 6.00...9.00 ja 13.00...24.00
- L 10.00...18.00
- P 12.00...20.00

Need saateautode nõuded ja veoautode veokeelud tekitavad suure riski, et mõne ootamatu transporditõrke tõttu võib tekkida moodulite paigaldusel seisak, mis päädib kas paigaldusmeeskonna ja kraana ooteajaga või ka hoone veekahjuga. Ootamatud seisakud võivad tekkida ka muudel põhjustel, näiteks tekitasid vaadeldaval projektil rasked ilmastikuolud transpordiseisaku, kui 12. - 13. detsembril 2022 tühistati tormi tõttu laevade väljumised ja katkestati sadama töstetööd.

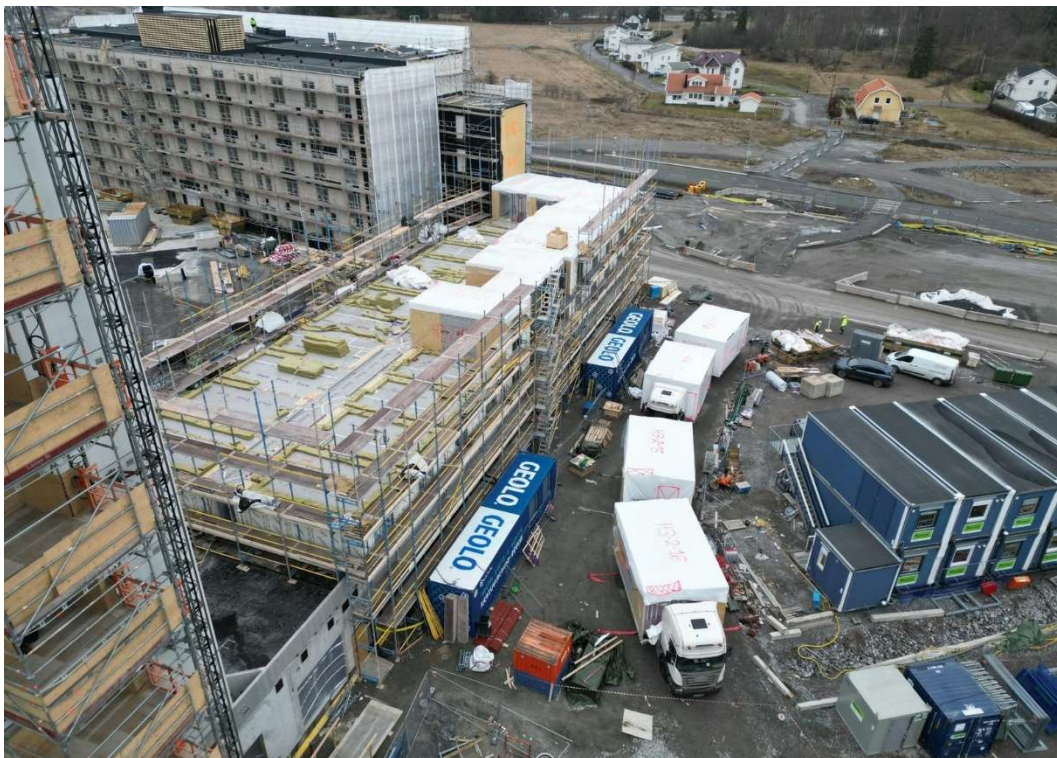
2.2.3 Moodulite paigaldus

Ehitusplats asub endisel lennuvälja territooriumil, kus erinevad peatöövõtjad ehitavad samaaegselt mitmeid erinevad uusarendusprojekte. Tegemist on linnaosa hõlmava ehitusterritooriumiga, mis koosneb mitmetest ehituskvartalitest, ja millele ligipääs on kohaliku omavalitsuse poolt rangelt reguleeritud. Ehitusterritooriumi ümbritseb piirdeaed ning sissepääs inimestele ja autodele on ette nähtud selleks määratud läbipääsupunktidest eraldi väljastatud lubadega. Sellega hoitakse territooriumi siseselt võimalikult väikest transportkoormust, sest vastasel juhul poleks võimalik sujuv planeeritud transport ja tekiks ootamatuid seisakuid, kui erinevatel ehitusobjektidel suuremad transpordiajad kattuvad. Protseduuriliselt tähendab see näiteks materjalide veol territooriumi sissepääsu haldava kontrollpunkti varasemalt teavitamist veoauto saabumise kuupäevast, kellaajast ja auto ning haagise numbrist. Kui küsitud aeg on vaba, siis väljastab kontrollpunkt territooriumile saabumise loa, broneerib mahalaadimiseks töstetehnika ning eskordib veoki saabumisel selle õige ehitusplatsi juurde. Seejuures kehtib veel reegel, et territooriumile lubatakse veoseid, mille kaubaruumist on vähemalt $\frac{3}{4}$ täidetud ja kogu kaup kuulub vastavale objektile. Kui kaubaruumist on täidetud väikesem maht siis suunatakse auto territooriumist väljaspool asuvasse vahelattu. Sellisel juhul tuleb vahelattu koguda piisav kogus materjali, et see täis haagisega ehitusobjektile saata.

Moodulite vedu on juba lepingu sõlmimisel tellija ja kontrollpunktiga kokku lepitud, sest tegemist on intensiivse veoperioodiga, kus majade montaažil peab igapäevaselt 8 platvormhaagist õigeaegselt ehitusplatsile pääsema. Kokku 340 haagist 680-ne mooduliga.

Ehitusplatsi võib pidada tüüpiliseks tiheasustusega piirkonnas asuvaks territooriumiks, kus iga ruutmeeter on arvel, kinnistule projekteeritud hoone on maksimaalse ehitusaluse pinnaga ning sellest tulenevalt on ehituskontori, -olmeruumide, parkimise ja laoplatsidele ala minimaalse suurusega. Antud juhul lõppeb krundi piir hoone välisseinaga ning kõik ehituse teenindamiseks vajalikud alad tuleb eraldi kokkuleppega kohalikul omavalitsuselt rentida. Kohalik omavalitsus jaotab erinevate kvartalite ehitust teenindavad alad erinevate objektide ja töövõtjate vahel, mille lõpptulemusel saavad kõik objektid minimaalse vajaliku ehitust teenindava ala.

Eelnevast tulenevalt ei ole ehitusplatsil ruumi, et mooduleid paigalduse alguseks juba varasemalt kraana tõstetsooni ette vedada. Selline moodulite ettevedamine on igal võimalikul juhul eelistatud, et kiirendada paigalduspäeva alguses moodulite kättesaadavust kraana tõsteteks ja vähendada veokeeluaegade mõju paigaldusele. Puitmoodulmajade moodulite paigalduse aeg on alati planeeritud nii kiireks kui võimalik, sest sellel ajal on ehitatav hoone kõige kaitsetum ilmastikule. See seab transpordile täpse ja tõrgeteta kohalejõudmise nõude. Veoautode jõudmisel mahalaadimisalasse, joonis 2.6, tuleb moodulitelt eemaldada transpordikinnitused, ajutine transpordiaegne kilepakend, puidust kaitseprussid ning vabastada tõstetropid.



Joonis 2.6 Ehitusplatsi mahalaadimisalale jõudnud moodulid

Lähtudes asjaolust, et ehitusplatsil pole moodulite ajutiseks hoiustamiseks pinda, toimub moodulite montaaž otse platvormhaagistelt. Igal moodulil on kaks tõstetroppi, mis kinnitatakse kraana konksu küljes rippuvate tõstekettide külge, joonis 2.7. Traavesi kasutamine ei ole vajalik, sest moodulid on lühikesed ja tõsteketid piisavalt pikad.

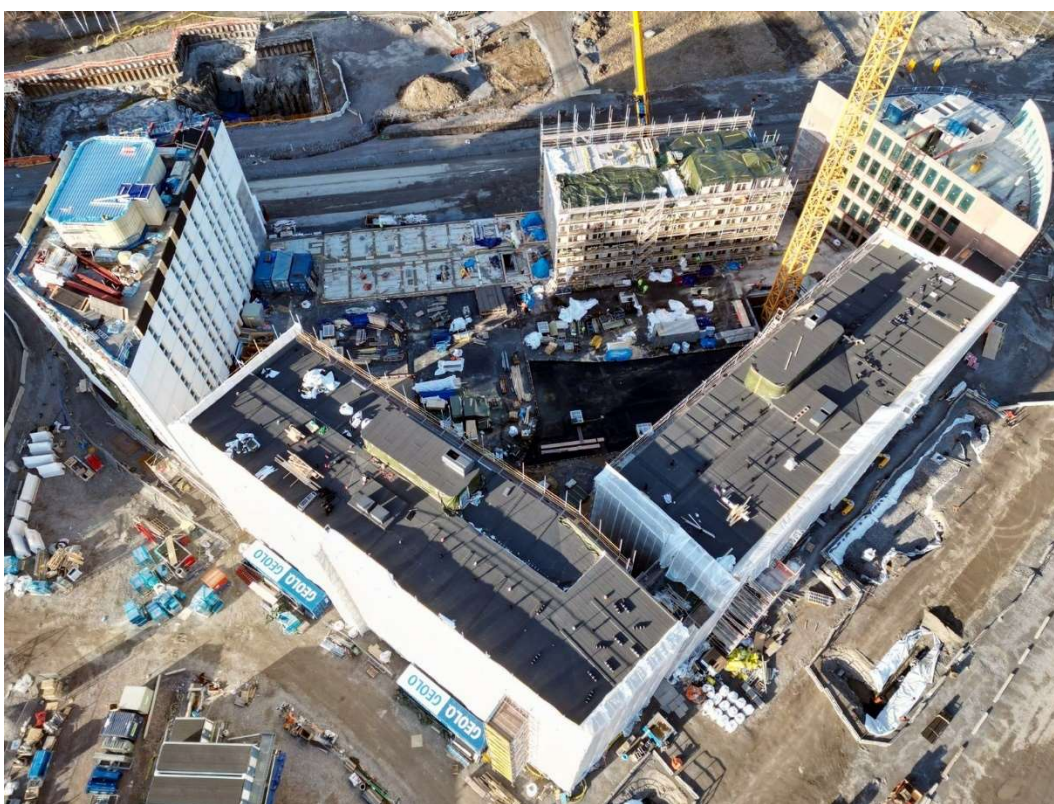


Joonis 2.7 Mooduli tõstmine tõstetroppide ja kettidega

Moodulite paigaldus toimub vastavalt paigaldusskeemile korruste kaupa. Alustatakse tänavapoolsetest moodulitest, joonis 2.6, ja hakatakse liikuma piki hoonet teisele poole. Tänavapoolt montaažiga alustamine on tingitud kraana paiknemisest hoonete sisehoovis, joonis 2.8. Seeläbi on kraanajuhil paigaldatavatele moodulitele otsene vaateväli. Kui esimene korrus on paigaldatud, jätkatakse sama skeemi järgi paigaldust järgnevatel korrustel. Korruste kaupa paigaldus tagab suurema ohutuse ja on lihtsasti teostatav, sest tornkraanade töösoonid katavad terve hoone pikkuse. Paralleelselt hoone korruselisuse kasvuga tuleb kõrgemaks ehitada ka tellinguid, et terve maja perimeetri ulatuses oleks töötajate ohutus tagatud ja kukkumisoht välistatud. Juba esimese moodulkorruse paigalduse kõrgus on 4,3 m kõrgusel tänavapinnast, iga tavakorrusega suureneb see 3,1 m võrra kuni katusel on kõrgus maapinnast ligi 24 m. Viimase korruse paigalduse eripäraks on katuse lahendus. Hoovipoolsetele korterimoodulitele on juba tehases ehitatud püsiv katus koos SBS katusekatttega, aga tänavapoolsetele korterimoodulitele tuleb täiendavalt paigaldada veel katusemoodul. See on tingitud transpordi valikutest, sest tänavapoolse korterimooduli kõrgus oleks koos katusega 4,6 m, mis oleks transporditav aga maksumus mooduli kohta oleks olnud enam kui kahekordne, sest kahe mooduli transportime nõuaks ühe tava platvormiga

treileri asemel kahte madalapõhjalist platvormtreilerit. Viimase korruse ja katuse moodulite montaaži käigus paigaldatakse katusele ka ventilatsiooniruumi moodul, mis on oma kaalult 17,8 t ja gabariitidelt 4,1x12,2 m üks projekti suurimatest. Viimase mooduli paigaldamise ja hoone ajutise ilmastikukindluse tagamisega on paigaldusetapp läbitud ja saab jätkata hoone lõpetamiseks vajalike üldehitus ja eritöödega.

Vahetult peale moodulite paigalduse lõppu on kõige olulisem tehases paigaldatud katusekatte moodulivaheliste ühenduste püsiv sulgemine, et saavutada katuse ilmastikukindlus. Paralleelselt moodulite paigaldusega algab alumistelt korrustelt moodulite horisontaalsete ja vertikaalsete fassaadiühenduste sulgemine välisseinte ilmastikukindluse tagamiseks.



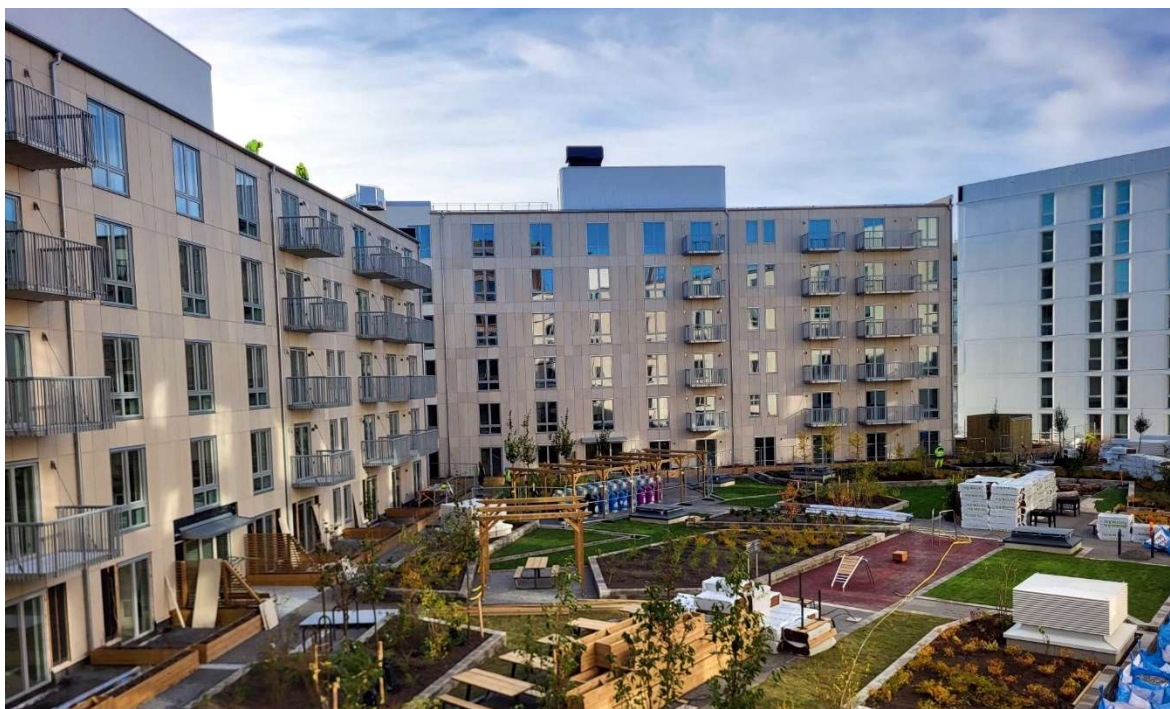
Joonis 2.8 Maja B moodulite paigaldus ning üldehitustööd ehitusplatsil

2.2.4 Üldehitus- ja eritööd ehitusobjektil

Ehitusplasti üldehitus- ja eritööde alla liigituvad kõik tööd, mida ei ole võimalik ega otstarbeks valmis teha tehase tingimustes ja mille tegemine eeldab, et tehases toodetud moodulitest on objektile maja kokku monteeritud. Nendeks töödeks on esmalt välimised ja sisemised moodulitevahelised ühendused ning ühendused alumise garaažikorruse ja kõrvalolevate hoonetega. Eriti oluline on tagada eelnevates kohtades

nõuetekohane tulepüsivus, helipidavus, õhutihedus, ilmastikukindlus ning seejärel teostada viimistlus. Ehitusplatsil teostatavate üldehitustööde alla kuuluvad ka väliskonstruktsioonide nagu rõdude, käiguteede, evakuatsioonitreppide ja nende piirete paigaldus. Samuti katuse lumetõkke, turvavarustuse, vihmaveesüsteemi ja muu seonduva paigaldus.

Ehitusplatsi eritööde alla kuuluvad kõik tehnilised kommunikatsioonid, moodulite vahelised elektri- ja nõrkvoolu ühendused, vee- ja kanalisatsiooni ühendused, küttesüsteemi ühendused ja ventilatsioonisüsteemi ühendused. Tehniliste kommunikatsioonide osas tuleb teostada korterimoodulite vahelised ühendused ühe korteri siseselt, ühendused ühel korrusel ja ühendused vertikaalselt korruste vahel, seda tehnoloogilistes šahtides. Lisaks moodulsektsioonis tööle kuulub töövõttu ka garaažikorruse lakke tehnoloogiliste kommunikatsioonide paigaldus, et šahtidest alla tulevad paigaldised jõuaksid ettenähtud tehnoruumi. Tarbe- ja küttevete torud koonduvad garaažikorrusel olevasse soojussõlme, ventilatsioonitorud koonduvad katusel asetsevasse ventilatsiooniagregaadi ruumi ning tugevvoolu kaablid garaažikorrusel asuvasse elektrikilbi ruumi. Objekti üldehitustööd lõppevad kõikide tööetappide valmimise, testimise, seadistamise, lõppkoristamise ja kliendile üleandmisega. Sisehoovi vaade lõppkliendile üleantud majast C ja lõpetamisjärgus majast A on kujutatud joonisel 2.9.



Joonis 2.9 Hoonekompleksi lõpetamisjärgus sisehoov

2.3 Tootmistsükli pikkus

Keskmiseks vaadeldava projekti mooduli tootmistsükli pikkuseks on alates materjalide komplekteerimisest kuni mooduli jõudmiseni Paldiski sadama laoplatsile on kuus nädalat ja see jagunes järgnevalt:

- Ühenädalane joonistega tutvumine, materjalide komplekteerimine ja ettevalmistamine.
- Keskmiselt kahe nädalane elementide valmistamine, komplekteerimine ja moodulite koostetehasese transportimine.
- Kolmenädalane moodulite koostamine koos sellega seonduvate üldehitustööde, tehnosüsteemide, viimistlustööde, kvaliteedikontrollide ja pakendamisega.

Suurim ooteaeg on moodulitel Paldiski sadama laoplatsil, sest tootmisel tuleb valmistada selline kogus mooduleid, et ehitusplatsil montaažitöödega alustades oleks tagatud igapäevane 16 mooduli saabumine paigaldusse. See teeb suurimaks mooduli ooteajaks laoplatsil 128 kalendripäeva.

Ehitusplatsi tööde alates on mooduli teekond laoplatsilt paigaldusse kiire, ühel tööpäeval Paldiski sadama laoplatsil haagisele laetud moodul jõuab sõltuvalt graafikust kas järgmisel või ülejärgmisel päeval paigaldusalasse ja saab samal päeval monteeritud.

3. SEINA- JA PÕRANDAELEMENDI KANDEVÕIME KONTROLL

Konstruksiooni osa eesmärk on leida mõjuvad koormused ja kontrollida kuuekorruselise puitkarkassil kortermaja esimese korruse tüüpkorteri korteritevahelise kandeseina ja põranda kandevõimet. Selleks on valitud hoones B asuv esimese korruse korterimoodul H.B-1-27. Tegemist on projekti kõige tüüpsema korteriga, milliseid on kokku 244 tk. Kontrollitavate seina- ja põrandaelementide tootejoonised on võetud konstruktiivsest tööprojektist Barkarby IV Kv.11, Hus 1-3-4, Järfälla kommun, Stockholm, Sweden. Töö nr 041/2023, Harmet Constructions OÜ, Tallinn 2023 [2]. Esitusjoonisel nr 3 on näidatud kontrollitavad elemendid ja nende paiknemine hoones.

3.1 Koormuste leidmine

3.1.1 Omakaalud

Konstruksioonide omakaalukoormused on leitud tüüpsetele seina-, põranda-, lae- ja katuseelementidele vastavalt projektis [2] kasutatud materjalidele. Materjali mahukaalude määramisel on kasutatud materjalide tootelehtede andmeid, nende puudumisel EVS-EN 1991-1-1:2002 [21] ning Ehituskonstruktori käsiraamatu [11] väärtuseid. Konstruksioonielementide materjalikihtide loetelu ja omakaalude arvutused on esitatud järgnevates tabelites:

- Tabel 3.1 põrandaelement P-203p
- Tabel 3.2 laeelement L-101p
- Tabel 3.3 seinaelement VS-101p
- Tabel 3.4 katuseelement KE-401

Tabel 3.1 Põrandaelemendi P-203p omakaalukoormuse g_k leidmine

Nr	Materjalikihi nimetus	Mahukaal γ		Omakaal
		kg/m ³	kN/m ³	kN/m ²
1	Parkett 13 mm	800	7,85	0,10
2	Sammumüra plaat 4 mm	250	2,45	0,01
3	Kipsplaat 13 mm - põrandaplaat	1 040	10,20	0,13
4	Kipsplaat 13 mm - põrandaplaat	1 040	10,20	0,13
5	Põrandaplaat PLP 22 mm	680	6,67	0,15
6	45*245 mm C24, hõövelpuit, s.400 mm		4,20	0,12
7	LVL-tala 2*45*245 mm, perimeetril	510	5,00	0,06
8	45*145 mm C24, hõövelpuit, perimeetril		4,20	0,01
9	Isolatsioon, kivivill 245 mm	38	0,37	0,09
	Kokku elemendi omakaal, kN/m ²			0,80

Tabel 3.2 Laelemendi L-101p omakaalu koormuse g_k leidmine

Nr	Materjalikihhi nimetus	Mahukaal γ		Omakaal kN/m ²
		kg/m ³	kN/m ³	
1	Tuuletõkkekangas, rullmaterjal, tava			0,00
2	OSB 12 mm puitplaat	650	6,38	0,08
3	2*45*120 mm C24, hõõvelpuu, s.600 mm		4,20	0,08
4	LVL-tala 45*120 mm perimeetril	510	5,00	0,06
5	Isolatsioon, kivivill 125 mm	38	0,37	0,04
6	28*70 mm hõõvelpuu roovid, s.300 mm		4,20	0,03
7	Aurutõkke kile	1 733	17,00	0,00
8	Kipsplaat 13 mm - standardplaat	680	6,67	0,09
9	Kipsplaat 15 mm - tuletõkkekipsplaat	853	8,37	0,13
10	Lae viimistlusplaat	876	8,59	0,09
Kokku elemendi omakaal, kN/m ²				0,59

Tabel 3.3 Seinalemendi VS-101p omakaalu koormuse g_k leidmine

Nr	Materjalikihhi nimetus	Mahukaal γ		Omakaal kN/m ²
		kg/m ³	kN/m ³	
1	2*45*95 mm C24, hõõvelpuu, s.600 mm		4,20	0,06
2	45*95 mm C24, hõõvelpuu, vööd		4,20	0,01
3	12 mm vineer ülemisel-alumisel vööl	700	6,87	0,01
4	Jäik pinnakatteta isolatsiooniplaat 13 mm	114	1,12	0,01
5	Aurutõkke kile	1 733	17,00	0,001
6	Kipsplaat 15 mm - tuletõkke kipsplaat	853	8,37	0,13
7	Kipsplaat 15 mm - tuletõkke kipsplaat	853	8,37	0,13
8	Isolatsioon, kivivill 100 mm	38	0,37	0,04
9	Diagonaalsed metall-lindid 5*80 mm	700	6,87	0,002
Kokku elemendi omakaal, kN/m ²				0,39

Tabel 3.4 Katuseelemendi KE-401 omakaalu koormuse g_k leidmine

Nr	Materjalikihhi nimetus	Mahukaal γ		Omakaal kN/m ²
		kg/m ³	kN/m ³	
1	SBS katusekate, kahekihiline			0,15
2	OSB 18 mm puitplaat, faasiga	650	6,38	0,11
3	Hor. roovitus 28*70 mm, s.400 mm		4,20	0,02
4	45*70 mm C24, hõõvelpuu, s.600 mm		4,20	0,02
5	Hingav katuse aluskate			0,001
6	Isolatsioon, kivivill 350 mm	38	0,37	0,13
7	OSB 9 mm puitlaastplaat	650	6,38	0,06
8	45*245 mm C24, hõõvelpuu, s.600 mm		4,20	0,08
Kokku elemendi omakaal, kN/m ²				0,57

3.1.2 Kasuskoormused

Katuse lumekoormus

Hoone asub Rootsis, Stockholmi maakonnas, Järfälla omavalitsuses ning vastavalt standardile SS-EN 1991-1-1 ja selle Rootsi rahvuslikus lisas BFS 2019:1 EKS 11 [12] toodud lumekaardile on normatiivne lumekoormuse väärtus hoone asukohas

maapinnal: $s_k=2,0$ kN/m². Vastavale koormusele kehtivad allolevad kombinatsioonitegurid:

$s_k = 2,0$	kN/m ²	(Joonis C-2)
$\psi_0 = 0,7$		(Tabel B-1)
$\psi_1 = 0,4$		(Tabel B-1)
$\psi_2 = 0,2$		(Tabel B-1)

Katuse lumekoormuse normsuurus $s = \mu_i \cdot s_k$

μ_i – lumekoormuse kujutegur;

s_k – lumekoormuse normsuurus maapinnal (kN/m²).

Lumekoormuse normsuurus maapinnal: $s_k=2,0$ kN/m²

Katuse kaldest sõltuv kujutegur: $\mu_i = 0,8$

Katuse kaldenurk: $\alpha = 2^\circ$

Normatiivne lumekoormus katusel: $s = 0,8 \cdot 2,0 = 1,6$ kN/m²

Vahelae kasuskoormus

Vastavalt standardile SS-EN 1991-1-1 ja selle Rootsi rahvuslikule lisale BFS 2019:1 EKS 11 [12] on seelses tabelis C-1 toodud elamute vahelagedele mõjuvaks kasuskoormuseks $q_k=2,0$ kN/m²

3.1.3 Seinale mõjuv koormus

Hoone esimese korruse seinale mõjuva koormuse leidmiseks on esmalt leitud korruselisusest tingitud kasuskoormust vähendav tegur α_n vastavalt EVS-EN 1991-1-1 [3.2] valemile (6.2)

$$\alpha_n = \frac{2 + (n - 2)\psi_0}{n} = \frac{2 + (5 - 2) \cdot 0,7}{5} = 0,82$$

$n = 5$ korrust - korruste arv ülevalpool koormatavat seinat

$\psi_0 = 0,7$ – kombinatsioonitegur vastavalt tabelile B-1 [12]

Esimese korruse seinatugevuse kontrollimiseks kandepiiriseisundis on kasutatud koormuskombinatsiooni 6.10b vastavalt BFS 2022:4 EKS 12 [12] tabelile B-3

$$F_{Ed} = \gamma_d * 0,89 * 1,35 * G_{kj,sup} + \gamma_d * 1,5 * Q_{k,1} + \gamma_d * 1,5 * \psi_0 * Q_{k,2}$$

Riskiklass 2: $\gamma_d=0,91$ vastavalt BFS 2022:4 EKS 12 §14 [12]

Esimese korruse seinale mõjuva alaliskoormuse osa koormuskombinatsioonis:

$$\begin{aligned} F_{Ed,G} &= \gamma_d * 0,89 * 1,35 * G_{kj,sup} = \\ &= 0,91 * 0,89 * 1,35 * \left(6 * 0,59 * \frac{3,95}{2} + 5 * 0,80 * \frac{3,95}{2} + 0,571 * \frac{3,95}{2} + 6 * 0,39 * 2,61 \right) = \\ &= 20,87 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Esimese korruse seinale mõjuva kasuskoormuse osa koormuskombinatsioonist arvestades korruselisust:

$$F_{Ed,Q1} = \gamma_d * 1,5 * Q_{k,1} * \alpha_n = 0,91 * 1,5 * 2,0 * \frac{3,7}{2} * 5 * 0,82 = 20,71 \text{ kN/m}$$

Esimese korruse seinale mõjuva lumekoormuse osa koormuskombinatsioonis:

$$F_{Ed,Q2} = \gamma_d * 1,5 * \psi_0 * Q_{k,2} = 0,91 * 1,5 * 0,7 * 1,6 * \frac{4}{2} = 3,06 \text{ kN/m}$$

Kokku arvutuslik koormus 1.korruse seinale

$$F_{Ed} = 20,87 + 20,71 + 3,06 = 44,64 \text{ kN/m}$$

3.2 Vaheseina posti kandevõime kontroll

Kontrollitavaks postiks on hoone B, esimese moodulkorruse korteritevahelise seinavahe kandev post. Sein on konstrueeritud C24 45x95 mm kolmekordsetest postidest, mis asetsevad sammuga 600 mm ja mille keskel, üksteise vahel on nõtkeklotsid mõõduga 45*95*465 mm. Sein on kaetud ühelt poolt kahekihilise 15 mm tuletõkke kipsplaadiga, kuid seda ei ole posti kandevõime kontrollis nõtket vähendava asjaoluna arvestatud. Kontroll teostatakse ühele 45*95 mm postile, arvestusega et kolmekordsel postil jaguneb koormus võrdselt kolme posti vahel. Kandevõime kontroll teostatakse vastavalt standardile EVS-EN 1995-1-1 [10].

Kontrollitava posti C24 45x95 mm parameetrid:

b =	45	mm	I _y =	3215156,25	mm ⁴
h =	95	mm	I _z =	721406,25	mm ⁴
A =b*h =	4275	mm ²			
samm =	600	mm			
pikkus =	2496	mm			

Arvutustes kasutatavad monoliitpuidu C24 45x95 mm tugevusomadused vastavalt T. Masso Ehituskonstruktori käsiraamatu [11] tabelile 14.5:

Kasutuskl.:	1				
Koormus:	keskkestev				
γ _M	1,3		β _c =	0,2	(6.29)
k _{mod} =	0,8		k _{def} =	0,6	
f _{m,k} =	24,0	N/mm ²	f _{m,d} =	14,769	N/mm ²
f _{c,90,k} =	2,5	N/mm ²	f _{c,90,d} =	1,538	N/mm ²
f _{c,0,k} =	21	N/mm ²	f _{c,0,d} =	12,923	N/mm ²
f _{v,k} =	2,5	N/mm ²	f _{v,d} =	1,538	N/mm ²
E _{0,05} =	7400	N/mm ²	E _d =	8461,54	N/mm ²
E _{0,mean} =	11000	N/mm ²			

Ristlõike parameetrite arvutused:

Ristlõike pindala:

$$A = h * b = 45 * 95 = 4275mm^2$$

Ristlõike inertsimomendid:

$$I_y = \frac{b * h^3}{12} = \frac{45 * 95^3}{12} = 3215156,25mm^4$$

$$I_z = \frac{h * b^3}{12} = \frac{95 * 45^3}{12} = 721406,25mm^4$$

Ristlõike inertsiraadius:

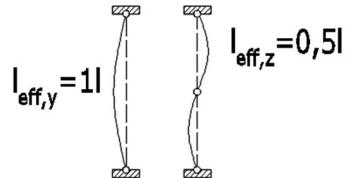
$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{3215156,25}{4275}} = 27,424 \text{ mm}$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{721406,25}{4275}} = 12,990 \text{ mm}$$

Nõtkepikkus:

$$l_{eff,y} = 1 * l = 1 * 2490 = 2490 \text{ mm}$$

$$l_{eff,z} = 0,5 * l = 0,5 * 2490 = 1245 \text{ mm}$$



Posti paindesaledus y-telje suhtes:

$$\lambda_y = \frac{l_{eff,y}}{i_y} = \frac{2496}{27,424} = 91,015$$

Posti paindesaledus z-telje suhtes:

$$\lambda_z = \frac{l_{eff,z}}{i_z} = \frac{2496}{12,99} = 96,07$$

Koormus ühele postile:

$$F_{Ed} = 44,64 \frac{kN}{m} * \frac{0,6}{3} = 8,93 kN$$

Arvutuslik survepinge pikikiudu:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{8,93 * 10^3}{4275} = 2,09 \frac{N}{mm^2}$$

Arvutuslik survetugevus pikikiudu:

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} * f_{c,0,k}}{\gamma_M} = \frac{0,8 * 21}{1,3} = 12,923 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{c,0,d} < f_{c,0,d} \quad 2,09 \frac{N}{mm^2} < 12,923 \frac{N}{mm^2}$$

Posti survetugevus on tagatud. Survetugevusest on kasutatud 16%.

Posti nõtketeguri $k_{c,y}$ leidmine

Suhteline saledus y telje suhtes (surutud või surutud ja painutatud postile) (6.21)

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{91,015}{3,1415} \sqrt{\frac{21}{7400}} = 1,543$$

Ebastabiilsust arvestav tegur: (6.27)

$$k_y = 0,5 * (1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3)) + \lambda_{rel,y}^2 = 0,5 * (1 + 0,2 * (1,543 - 0,3)) + 1,543^2 = 1,815$$

$$\beta_c = 0,2 \text{ saepuidul} \quad (6.29)$$

Ebastabiilsust arvestav tegur: (6.25)

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{1,815 + \sqrt{1,815^2 - 1,543^2}} = 0,361$$

Posti nõtketeguri $k_{c,z}$ leidmine

Suhteline saledus z telje suhtes (surutud või surutud ja painutatud postile) (6.22)

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{96,07}{3,1415} \sqrt{\frac{21}{7400}} = 1,629$$

Ebastabiilsust arvestav tegur: (6.28)

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0,3)) + \lambda_{rel,z}^2 = 0,5 * (1 + 0,2 * (1,629 - 0,3)) + 1,629^2 = 1,960$$

Ebastabiilsust arvestav tegur: (6.26)

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{1,960 + \sqrt{1,960^2 - 1,629^2}} = 0,328$$

Stabiilsuskontroll

Põikumine ümber y-telje (6.23)

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1 \quad \frac{2,09}{0,361 * 12,923} = 0,45 \leq 1$$

Põikumine ümber z-telje (6.24)

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1 \quad \frac{2,09}{0,328 \cdot 12,923} = 0,49 \leq 1$$

Posti stabiilsus on tagatud, määravaks on põikumine ümber z-telje, kus vastupidavusest on ära kasutatud 49%.

3.3 Põrandatala kandevõime kontroll

Kontrollitavaks talaks on hoone B tüüpkorteri vahelae põrandatala. Põrandaelement on konstrueeritud 45x245 mm ristlõikega C24 taladest, mis paiknevad sammuga 400 mm, ning mille pikkus on 3770 mm. Põrandatalade vahel paiknevad 45x245x355 mm mõõduga nõtkeklotsid, mis takistavad talade kiivet. Põrandaelemendi pealiskihitideks on 22 mm PLP plaat ja kaks 12,5 mm põranda kipsplaati. Talade vaheline ala on soojustatud kivivillaga, mis on alt fikseeritud terastraadiga. Talade alla ümber perimeetri on kinnitatud vööprussid ning mõlemale poole tala ava viiendikule transpordiprussid. Tala kandevõime kontroll teostatakse vastavalt standardile EVS-EN 1995-1-1 [10].

Kontrollitava põrandatala C24 45x245 mm parameetrid:

b =	45 mm	I _y =	5514,79*10 ⁴ mm ⁴
h =	245 mm	W _y =	4501,87*10 ² mm ³
A = b*h =	11025 mm ²		
samm =	400 mm		
ava pikkus =	3770 mm		

Arvutustes kasutatavad monoliitpuidu C24 45x245 mm tugevusomadused vastavalt T. Masso Ehituskonstruktori käsiraamatu [11] tabelile 14.5:

Kasutusklass:	1		
Koormus:	keskkestev		
Y _M	1,3		
k _{mod} =	0,8	k _{def} =	0,6
f _{m,k} =	24,0 N/mm ²	f _{m,d} =	14,769 N/mm ²
f _{c,90,k} =	2,5 N/mm ²	f _{c,90,d} =	1,538 N/mm ²
f _{v,k} =	2,5 N/mm ²	f _{v,d} =	1,538 N/mm ²
E _{0,05} =	7400 N/mm ²	E _d =	8461,54 N/mm ²
E _{0,mean} =	11000 N/mm ²		

Vastavalt EVS-EN 1995-1-1:2005:

- Peatükile 2.3.1.3 asub põrandatala kasutusklassis 1
- Tabelile 3.1, keskkestev koormus, k_{mod}=0,8
- Tabelile 3.2 saepuidul, kasutusklass 1, k_{def}=0,6

Põrandale mõjuvad koormused:

Alaline koormus, põrandaelemendi omakaal:

$$g_k = 0,80 * \frac{kN}{m^2}$$

Muutuvkoormused, põranda kasuskoormus:

$$q_k = 2,0 \frac{kN}{m^2}$$

Arvutuslik joonkoormus põrandatalale:

$$p_d = 0,4 * (1,2 * 0,821 + 1,5 * 2,0) = 1,594 \frac{kN}{m}$$

Talale mõjuv paindemoment:

$$M_{y,d} = \frac{p_d * L^2}{8} = \frac{1,594 * 3,77^2}{8} = 2,832 kNm$$

Talale mõjuv põikjõud:

$$V_d = \frac{p_d * L}{2} = \frac{1,594 * 3,77}{2} = 3,01 kNm$$

Arvutuslikud pinged

Arvutuslik paindepinge:

$$W_y = \frac{a * h^2}{6} = \frac{45 * 245^2}{6} = 450187,5 mm^3$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{2,832 * 10^6}{450187,5} = 6,25 \frac{N}{mm^2}$$

Arvutuslik nihkepinge:

$$\tau_d = \frac{1,5 * V_d}{A} = \frac{1,5 * 3,005 * 10^3}{45 * 245} = 0,41 \frac{N}{mm^2}$$

Tala kontroll kandepiir seisundis

Tala kandevõime kontroll paindele:

(6.11)

$$f_{m,d} = \frac{k_{mod} * f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{0,8 * 24}{1,3} = 14,77 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \quad \sigma_{m,y,d} = \frac{6,25}{14,77} = 0,426 \leq 1$$

Arvutuslik nihketugevus: (2.14)

$$f_{v,d} = \frac{k_{mod} * f_{v,k}}{\gamma_M} = \frac{0,8 * 2,5}{1,3} = 1,54 \frac{N}{mm^2}$$

Tala kandevõime kontroll põikjõule: (6.13)

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad 0,41 \leq 1,54$$

Arvutuslik survetugevus risti kiudu: (2.14)

$$f_{c,90,d} = \frac{k_{mod} * f_{c,90,k}}{\gamma_M} = \frac{0,8 * 2,5}{1,3} = 1,54 \frac{N}{mm^2}$$

Arvutuslik survepinge (6.4)

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{V_d}{A_{eff}} = \frac{3,01 * 10^3}{45 * (55 + 30)} = 0,79 \frac{N}{mm^2}$$

Tala kandevõime kontroll muljumisele, surve risti kiudu: (6.3)

$$\sigma_{c,90,d} \leq k_{c,90} * f_{c,90,d} \quad 0,79 \leq 1 * 1,54$$

Tala kandevõime on tagatud.

Tala kiive

Tala kiivet ei kontrollita käesolevas töös, sest tala on pealt seotud 22 mm PLP plaadiga, talade keskel on 45*245*355 mm vaheklotsid ning tala on alumisest pinnast seotud kahe 45x70 mm transpordiprussiga.

Tala läbipaine

Läbipainde lubatud suurus kasutuspiirseisundis, hetkeline muutuvast koormusest, (tabel NA 7.2)

$$w_{inst} \leq \frac{L}{400} = \frac{3770}{400} = 9,43mm$$

Läbipainde lõplik lubatud suurus alalisest ja muutuvast koormusest (tabel NA 7.2)

$$w_{net,fin} \leq \frac{L}{300} = \frac{3770}{300} = 12,57mm$$

Maksimaalne läbipaine ühtlaselt jaotunud alalisest ja muutuvast koormusest. T.Masso Ehituskonstruktori käsiraamat [11] tabel 4.1

$$w_{inst,G} = \frac{5 * g_k * L^4}{385 * E_d * I_y} = \frac{5 * (0,4 * 0,821) * 3770^4}{385 * 8461,54 * 5514,79 * 10^4} = 1,85mm$$

$$w_{inst,Q} = \frac{5 * q_k * L^4}{385 * E_d * I_y} = \frac{5 * (0,4 * 2,0) * 3770^4}{385 * 8461,54 * 5514,79 * 10^4} = 4,51mm$$

Läbipained arvestades roomedeformatsioone

$\psi_0 = 0,7$ – muutuvkoormuse kombinatsioonitegur

$\psi_1 = 0,5$ – muutuvkoormuse tavaväärtuse kombinatsioonitegur

$\psi_2 = 0,3$ – muutuvkoormuse tõenäolise väärtuse kombinatsioonitegur

Lõplik deformatsioon alalisest koormusest: (2.3)

$$w_{fin,G} = w_{inst,G} * (1 + k_{def}) = 1,82 * (1 + 0,6) = 2,96mm$$

Lõplik deformatsioon domineerivast muutuvast koormusest: (2.4)

$$w_{fin,Q} = w_{inst,Q} * (1 + \psi_2 * k_{def}) = 4,51 * (1 + 0,3 * 0,6) = 5,32mm$$

Tala lõplik läbipaine algolukorras ja lõppolukorras: (2.2)

$$w_{net,inst} = w_{inst,G} + \psi_1 * w_{inst,Q} - w_0 = 1,85 + 0,5 * 4,51 - 0 = 4,1mm < 9,4mm$$

Tala lõplik läbipaine lõppolukorras: (2.2)

$$w_{net,fin} = w_{fin,G} + \psi_1 * w_{fin,Q} - w_0 = 2,96 + 0,5 * 5,32 - 0 = 5,6mm < 12,6mm$$

Tala lõplik läbipaine on lubatud piirides.

3.4 Kokkuvõte

Kontrollitud tüüpse esimese korruse kortermooduli sein ja vahelaekonstruktsioonile mõjuvad alalis-, kasus- ja lumekoormus ei ületa projekteeritud konstruktsioonielementide kandevõimet ning seega on vaadeldavas osas hoone kandevõime tagatud.

4. EHITUSPLATSI ÜLDPLAAN

Ehitusplatsi üldplaani on koostatud eesmärgiga võimalda puitkarkass korterimoodulite paigaldus, aga on arvestatud ka sellega, et paralleelselt toimub betoonkarkass hoonete ehitus. Üldplaani koostamisel on seatud tähtsaimaks puitkarkass moodulite autotranspordi ligipääs kraana töötsooni ja sealt hilisem väljapääs. Sama oluline on tagada kraana tõstejõud nii mooduli tõste kui paika panemise asukohtades.

4.1 Kraana valik

Kraana valikul tuli arvestada, et lisaks puitkarkass konstruktsioonil korterimoodulite paigaldusele toimub kraanaga ka garaažikorruse, hoone D ja hoone E betoonkonstruktsioonide paigaldus. Betoonkonstruktsioonide monteerimist ei käsitleta käesolevas töös lähemalt, aga arvestatakse et kraanade töötsoon kataks ära ka need alad.

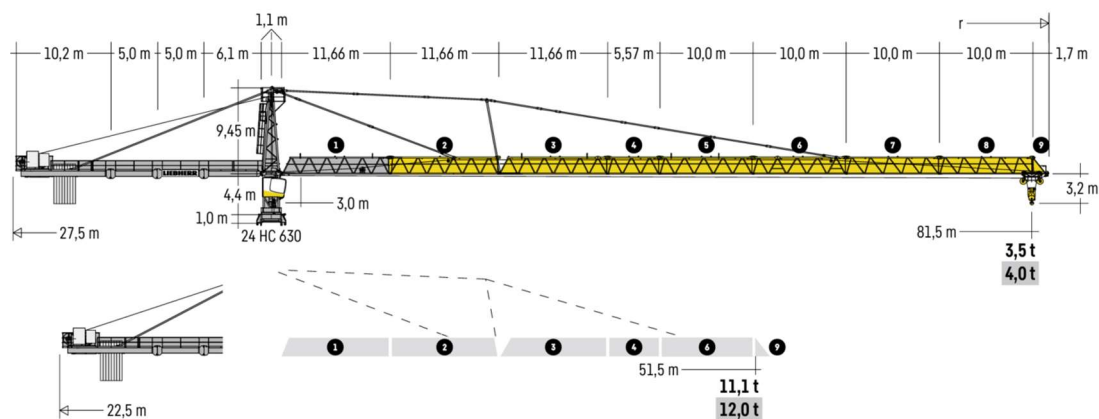
Objekti mõõtmete poolest oleks võimalik valida üks tornkraana, näiteks Liebherr 1000 EC-H 40 ($r=70$ m), sest see kataks ära nii kaugemal asuvate kuni 13,7-tonniste betoonelementide kui ka lähemal asuvate kuni 19-tonniste puitkarkass moodulite monteerimise. Lähtudes objekti graafikust on otstarbekam valida kaks kraanat, et hajutada töid ja teostada erinevate majade monteerimist paralleelselt.

Võttes aluseks tabel 4.1 moodulite montaažiparameetrid ja kõrvutades neid joonisel 4.1 toodud kraana tõsteraadiuse ja tõstejõuga osutus sobivaks kaks tornkraanat Liebherr 550 EC-H20 Litronic LM2 [13]. Nende kraanadega on võimalik monteerida betoonelemente kuni kaaluga 13,0 tonni raadiusel 47,8 m ja kõige ebasoodsamas asukohas paikneva moodulid. Kraana A puhul on selleks moodul H.A-4-36 montaažimassiga 12,8 tonni raadiusel 48,6 m ning kraana B puhul on selleks moodul H.C-6-16 montaažimassiga 12,6 tonni raadiusel 47,3 m. Projekti raskeima 17,8 tonnise mooduli tõstmine on samuti võimalik, sest valitud kraana maksimaalne tõstejõud on 20 tonni ja see on tagatud vajamineval kaugusel 24,8 m. Lähtudes hoonete kõrgusest on kraana B madalam, konksu kõrgusega 39,7 m, mis tuleneb paigaldatavate moodulite kõrgusest. Kraana A kõrguse valikul on silmas peetud, et kahe kraana vaheline paigalduskaugus on 56,2 m ning tuleb tagada nendevaheline ohutu kõrgus. Kraana A konksu minimaalne montaaži kogukõrgus peab vastavalt tabelile 4.1 olema 39,3 m, mis aga ei taga kahe kraana noolte ohutut vahekõrgust. Seetõttu on suurendatud kraana A kõrgust täiendava kahe torni vahelüli ehk $2 \cdot 5,8 = 11,6$ m võrra ja saadud kraana A konksu kõrguseks 51,3 m.

Tabel 4.1 Moodulite montaažiparameetrid

Mooduli nr	Montaažimass, [t]			Montaažikõrgus, [m]					Montaaži raadius, [m]
	Mooduli mass, g ₁	Haarde - seade, g ₂	Kokku, G _{max}	Paigaldus-kõrgus, h ₁	Ohutus-vahe, h ₂	Mooduli kõrgus, h ₃	Haarde-seade, h ₄	Kokku, H _{max}	
Kraana A									
H.A-4-36	12,6	0,2	12,8	13,6	0,7	3,6	6,0	23,9	48,6
H.A-5-16	11,6	0,2	11,8	16,7	0,7	3,1	6,0	26,5	43,0
H.A-4-37	17,8	0,2	18,0	13,6	0,7	3,6	6,0	23,9	24,8
H.B-4-47	16,3	0,2	16,5	13,6	0,7	3,6	6,0	23,9	29,3
H.E-RB.elem.	10,0	0,4	10,4	32,6	0,5	3,7	2,5	39,3	47,8
Kraana B									
H.B-4-48	15,1	0,2	15,3	13,6	0,7	3,6	6,0	23,9	33,8
H.C-6-24	8,7	0,2	8,9	19,7	0,7	3,1	6,0	29,5	49,5
H.C-6-26	11,4	1,2	12,6	19,7	0,7	3,1	6,0	29,5	47,3
H.B-7-02	17,0	0,2	17,2	23,2	0,7	3,9	6,0	33,8	24,5
H.B-4-L2	13,0	0,2	13,2	19,7	0,7	10,2	6,0	36,6	40,3
H.D-RB.elem.	10,0	0,4	10,4	26,1	0,5	4,1	2,5	33,2	45,4

Ausladung und Tragfähigkeit · Radius and capacity · Portée et charge · Sbraccio e portata
 Alcances y cargas · Alcance e capacidade de carga · Вылет и грузоподъемность



LM 2

m	r	m	t	m													
				21,0	25,0	29,0	33,0	37,0	41,5	47,0	51,5	57,5	61,5	67,0	71,5	77,0	81,5
81,5	(r=83,7)	3,0 - 21,5	20	20,00	16,90	14,42	12,52	11,00	9,64	8,31	7,43	6,54	5,93	5,28	4,83	4,35	4,00
71,5	(r=73,7)	3,0 - 24,2	20	20,00	19,29	16,50	14,35	12,65	11,11	9,62	8,63	7,62	6,93	6,21	5,70		
61,5	(r=63,7)	3,0 - 28,1	20	20,00		19,32	16,85	14,89	13,11	11,40	10,25	9,10	8,30				
51,5	(r=53,7)	3,0 - 32,3	20		20,00		19,53	17,29	15,27	13,30	12,00						
41,5	(r=43,7)	3,0 - 37,6	20			20,00		18,00									

Joonis 4.1 Tornkraana Liebherr 550 EC-H20 Litronic LM2 tõsteraadius ja -jõud.

4.2 Kraanade mõjualad

Kraana tööala on valitud selline, et see kataks ära nii puitkonstruktsioonil korterimoodulite kui ka betoonkarkassil hoonete betoonelementide paigutuse. Kraana tööala jääb ehitusplatsi ümbritseva piirde sisse.

Kraana ohualaks nimetatakse ala, mille piires teisaldatav last võib maapinnale kukkuda [14]. Vastavalt [14] peatükk 5.1.3 toodule leitakse kraana ohuala alloleva valemiga:

$$R_{ohu} = R_t + 0,5 * l_{max} + l_{haj}$$

- R_t = noole suurim väljaulatus kraana töötamisel, m
- $0,5l_{max}$ – pool suurima gabariidiga teisaldatava ruumelemendi pikkusest
- l_{haj} – montaažitööde kõrgusest sõltuv täiendava ohuala laius vastavalt [4.2] tabelile 5.3

Teades, et mooduleid transportiva haagise tsenter saab seista hoonest 5,5 m kaugusel ning maksimaalse ruumelemendi pikkus on 12 m, saab välja arvutada, et hooneid ümbritsev kraana ohuala peab olema hoone välisseinast kaugusel $5,5+0,5*12+10=21,5$ m. Selliste mõõtmetega kraana ohuala eraldamine püsiva piirdeaiaga ei ole võimalik, sest ehitusplatsist mööduvad teisi ehitusplatse teenindavad ajutised transporditeed. Sellest tulenevalt on ehitusplats ümbritsetud maksimaalses kauguses piirdega, keskmiselt 10 m hoonete välisseinast, ning moodulite paigalduse ajal on ette nähtud inimene, kes tähistab ohuala ja peatab liikluse tõstete ajal ning laseb liiklusel liikuda tõstete vahelisel ajal.

Montaažiala all mõistetakse ehitist ümbritsevat maad, mille piires võivad paigaldatavad ning kinnitatavad detailid alla kukkuda [14]. Vastavalt [14] tabelile 5.3 on selle ala laiuseks 7 m hoone väliskontuurist, kui hoone kõrgus on vahemikus 20...70 m. See ala jääb piirdega ümbritsetud ehitusterritooriumi sisse ja ei ole ohuks kõrvalistele isikutele.

4.3 Kraanade üheaegne töötamine

Kraanade positsioneerimise ja kõrguste valikuga on välistatud olukord, kus kraana nooled võiksid omavahel põrkuda või ühe kraana nool võiks teise kraana tugiraamiga põrkuda. Erinev on olukord siis, kui kraana noole otsas on last ja seetõttu ei tohi kraanad üheaegselt töötada samal või vahetult kõrvuti asetsevatel haardealadel. Teine kraana peab kas seisma või töötama kaugemal asetseval haardealal. Ohutuse tagamise

vastutus lasub kõrgemalasuva kraana juhil, kes peab tõstetel veenduma et ei ohusta madalamasuvat kraanat. Puitkarkassil korterimoodulite montaaž on jaotatud haardealadeks nii, et selline kahe kraana üheaegne töö samal või kõrvuti asetsevatel haardealadel ei oleks vajalik. Kui üks kraana teostab moodulite montaaži, on teine kraana ehitusplatsi teises servas betoonkonstruktsioonil hoone monteerimiseks kasutusel.

4.4 Ajutised hooned

Ehitustööde organiseerimiseks ja teenindamiseks vajalikud sanitaar- ja olmeruumid on paigutatud ehitatavate hoonete kõrvale, ehitusplatsi edela nurka. Tegemist on kahe ehitussoojakute plokiga, kus mõlemas on üheksa soojakut kahel korrusel. Esimeses plokis on ehitusplatsi kontorid, nõupidamisruumid ja söögiala, teises plokis on tööliste olme- ja pesuruumid. Territooriumi edelanurgas on ka konteiner laod tööriistade hoidmiseks ning ohtlike jäätmete konteiner. Ehitusplatsi kinnised laod asuvad ehitatavate hoonete garaažikorrusel ning on kasutatavad puitkarkassil korterimoodulite platsitööde algusajaks.

4.5 Ajutised teed ja platsid

Ehitusplatsi-sisesed ja seda ümbritsevad ajutised teed ja platsid on rajatud samale kohale, kuhu on planeeritud lõplikud tänavad ja väljakud. Ajutised autoteed on killustik kattega 6 m laiused teed, mille lõplik kattekiht paigaldatakse peale hoonete üldehitustööde valmimist. Ajutistel teedel on ettenähtud kahesuunaline liiklus, lubatud sõidukiirus 10 km/h.

Ajutised platsid ja avatud laopinnad asuvad hoone C ees Safirvägen tänaval, kuna see on ainukene ala, mida saab ehitusperioodil väljapool krundipiiri omavalitsuse nõusolekul kasutada. Tegemist on kruuskattega pinnaga, millele rajatakse hiljem kvartalite vaheline väljak. Avatud laopinnaga plats ei ole ette nähtud puitkarkass moodulite ajutiseks ladustamiseks, sest sealne ruum on piiratud ja see asub kraana A tõsteulatusest väljas. See avatud ala on kasutatav üldehitusmaterjalide ja seadmete hoiustamiseks ehitusterritooriumil.

4.6 Jäätmed

Ehitusmaterjali jäätmetele kehtib ehitusplatsil sorteerimisnõue ja selleks ettenähtud jäätmete konteinerid on paigutatud hoonete sisehoovi, ohtlike jäätmete konteiner ehituskontorisse sisspääsuvärava kõrvale. Allolevad jäätmed kuuluvad sorteerimisele:

- põletatav materjal;
- puit;
- kips;
- isolatsioonimaterjal;
- vanaraud ja metall;
- ohtlikud jäätmed;
- puistetäitematerjal.

Jäätmekonteinerite tühjendamine tellitakse jooksvalt vastavalt konteinerite täituvusele.

5. KOONDKALENDERPLAAN

5.1 Üldandmed

Koondkalenderplaani on koostatud Barkarby Kv.11 ehitusprojekti puitkarkass korterimoodulite osale alates montaažiks vajaminevate sidepuude paigaldamisest kuni korterite üleandmise alguseni lõppklientidele. See tähendab, et vaadeldava etapi alguseks on varasemalt kohaliku töövõtja poolt teostatud vundamendi ja garaažikorruse betoonitööd, mis pole tavapäraselt puitmajatootja lepingu osa. Samuti on selleks hetkeks teostatud projekteerimine, puitkarkass elementide ja moodulite tootmine, pakendamine, transport ajutisele laoplatsile ja ladustamine, mis moodustavad 2/3 kogu ajalisest kestusest alates lepingu sõlmimisest kuni ehitusplatsi tööde lõpuni. Koondkalenderplaani ajagraafik on koostatud antud lõputöös koostatud tehnoloogiliste kaartide, Ratu uusehituste ehitustööde kestuse kuluandmete [15] ja ehitusobjekti teostatud otsekulude põhjal, lisa 1, ehitusmaksumuse hinnatabel. Koondkalenderplaani on esitatud esitlusjoonisel nr 8.

5.2 Ehitustööd ehitusplatsil

Planeeritud ehitustööde kestus on 138 tööpäeva, keskmine tööliste arv 42 inimest ja maksimaalne 74 inimest. Ehitusplatsi tööde esimeses faasis on kõige suuremat koordineerimist vajavad tööd, milleks on moodulite transport ja paigaldus. See on etapp mis vajab suurt täpsust ja tähelepanu sujuvaks tõrgeteta moodulite montaažiks. Peale moodulite paigaldust on kriitiline saada katus ja fassaadid veekindlaks ning seejärel saavad jätkuda paralleelselt nii sisemised, välimised, kui ka tehnosüsteemide tööd, et kõik ühel ajal valmis saaksid. Vältitöödel on vaja lisaks katusetöödele viimistleda fassaadid, paigaldada vihmaveesüsteemid, rõdud, postid-talad, käiguteed, evakuatsioonitrepid ja piirded. Sisetööde kõige väikesem maht on korterimoodulite vahelised tihendused ja viimistlustööd. Sisetööde suurim maht on koridorides, sest lisaks mooduliühendustele tuleb paigaldada tehnosüsteemid, korterite ukSED, sulgeda šahtiavad ja teostada viimistlustööd. Väga suure töömahuga on ka tehnosüsteemid, sest alates korteri ühenduspunktist tuleb kõik trassid viia kuni hoone tehnoruumideni, trassid survestada, testida ja isoleerida. Elekter, vee- ja küttevõrkustus garaažikorrusel asuvasse tehnoruumidesse, kanalisatsioonitorud garaažikorruse ühenduspunktidest ning ventilatsioonitorud katusel asuvasse ventilatsioonikabrisse, kuhu tuleb paigaldada ka ventilatsiooniagregaat. Ehitustööde lõppedes toimuvad süsteemide seadistamised, testimised, lõppkoristus ja üleandmine tellijale.

5.3 Ehitusmaksumuse koondtabel

Järgnevalt on välja toodud ehitusmaksumuse koondtabel Tabel 5.1, kus on eraldatud projekteerimine, ettevalmistamine ja tehasealine tootmine ehitusplatsi töödest. Koostatud ehitusmaksumuse tabel tugineb ettevõttes Harmet Constructions OÜ kasutusel olnud prognooseelarve hinnatabelil [17], mis on ümber jaotatud selliselt, et välja tuua ehitusplatsil teostatavad tööd ja paigaldatavad materjalid. Tabeli koostamisel on autor korrutanud hinnatabeli läbi temale teadaolevate koefitsientidega, selleks et jätta projekti finantstulemus ettevõtte-siseseks, aga säilitada huvipakkuvate positsioonide suhtarvud.

Nii nagu ajagraafikust, nii selgub ka ehitusmaksumuse koondtabelist, et 2/3 kogu kuludest on teostatud enne transporti ja ehitusplatsi töid, mis on oodatud tulemus, sest tehaseajajade tootmise eesmärk on teostada võimalikult suur hulk töödest tehases, mitte ehitusplatsil. Ehitusmaksumuse koondtabelis on iga positsiooni real toodud nii materjali kui tööjõu kulu nimetatud töö teostamiseks.

Tabel 5.1 Ehitusmaksumuse koondtabel

Jrk nr	Positsioon	Positsiooni	
		Maksumus [EUR]	Osakaal [%]
1	Ehitusplatsi töödele eelnev projekteerimine ja tehasealine tootmine		
2	Projekteerimine ja ettevalmistamine	348 463	1,74%
3	Tehasevalmiduses moodulite tootmine	12 633 373	63,17%
4	Moodulite montaaž ehitusplatsil		
5	Ettevalmistustööd	8 376	0,04%
6	Telgede mahamärkimine	4 188	0,02%
7	Sidepuude paigaldus	8 376	0,04%
8	Tellingute paigaldus	197 880	0,99%
9	Moodulite transport	706 476	3,53%
10	Moodulite montaaž - HA.1 - Maja A	20 940	0,10%
11	Moodulite montaaž - HA.2 ja HA.3 - Maja B	31 409	0,16%
12	Moodulite montaaž - HA.4 - Maja C	22 684	0,11%
13	Maja ehitustööd: välimised		
14	Katusekatte tööd	116 880	0,58%
15	Fassaadide ühendused	47 213	0,24%
16	Katuse turvavarustuse paigaldus	42 125	0,21%
17	Murukatuse paigaldus	15 212	0,08%
18	Aknapekkide paigaldus	2 792	0,01%
19	Fassaadide viimistlemine, krohv	563 752	2,82%
20	Fassaadide viimistlemine, kiudtsementplaat	130 415	0,65%
21	Fassaadide viimistlemine, plekkfassaadid ja soklid	110 732	0,55%

Tabeli 5.1 järg 1 Ehitusmaksumuse koondtabel

Jrk nr	Positsioon	Positsiooni	
		Maksumus [EUR]	Osakaal [%]
22	Vihmaveesüsteemi paigaldus	4 188	0,02%
23	Pööninglae täiendav soojusisolatsioon	6 980	0,03%
24	Tellingute eemaldamine	165 773	0,83%
25	Evakuatsiooniplatvormide, postide-talade, treppide paigaldus	234 643	1,17%
26	Rõdude ja piirete paigaldus hoovi pool	184 489	0,92%
27	Rõdude ja piirete paigaldus tänava pool	116 034	0,58%
28	Maja ehitustööd: sisemised		
29	Moodulivaheliste ühenduste tihendamine ja sulgemine	141 449	0,71%
30	Maalritöö parandused ja lõpetamised korterites	129 808	0,65%
31	Korterisisesed parketi lõpetamised ühenduskohtades	136 530	0,68%
32	Korteri ja koridori välisuste paigaldus	476 558	2,38%
33	Korteri ja koridori välisustele suluste paigaldus	24 636	0,12%
34	Mööblitööd, reguleerimised, lõpetamised	27 221	0,14%
35	Šahtide seinte sulgemised	18 846	0,09%
36	Maalritöö koridorides	27 790	0,14%
37	Koridori ripplae paigaldus	57 344	0,29%
38	Šahti teenindusluukide paigaldus	74 536	0,37%
39	Koridori vaiba paigaldus	36 084	0,18%
40	Koridori põranda liistutööd	10 921	0,05%
41	Uste ja akende reguleerimine	8 725	0,04%
42	Lõppkoristus	64 912	0,32%
43	Akende pesu	7 678	0,04%
44	Maja ehitustööd: tehnosüsteemid		
45	Veevarustus, kanalisatsioon, küttesüsteem	589 571	2,95%
46	Ventilatsioon, põhi ja harukanalid	531 353	2,66%
47	Elektripaigaldis	439 877	2,20%
48	Torude isoleerimine	79 570	0,40%
49	Liftide paigaldus	290 626	1,45%
50	Sprinklersüsteem koos keskusega	29 025	0,15%
51	Süsteemide seadistamised ja testimised	35 690	0,18%
52	Tehnilised ülevaatused	17 450	0,09%
53	Ülevaatuste mittevastavuste parandused	34 899	0,17%
54	Juhtimis- ja korralduskulud		
55	Tornkraana A	112 137	0,56%
56	Tornkraana B	112 137	0,56%
57	Tööliste majutus ja transport	300 276	1,50%
58	Kindlustus ja finantskulud	82 472	0,41%
59	Juhtimis ja administratsioonikulud	378 488	1,89%
60	KOKKU	20 000 000	100%

6. TEHNOLOOGILISED KAARDID

Lõputöös on koostatud järgnevad tehnoloogilised kaardid

1. Moodulite montaaž ehitusplatsil
2. Logistika korraldus koostetehasest ehitusplatsile

Tehnoloogiliste kaartide koostamise alusdokumentideks on ehitustööde kirjeldused ja tööjõu ajakulud RATU 0425 puidust ruumelemendi paigalduse normkaardis [18] ning konstruktiivne tööprojekt [2]

6.1 Puitmoodulite montaaž

Puitmoodulite montaaži tehnoloogiline kaart käsitleb ehitusplatsil teostatavaid töid alates autotranspordi objektile jõudmisest kuni moodulite paikatõstmise ja kinnitamiseni.

6.1.1 Puitmoodulite montaažile eelnevad tööd

Enne puitmoodulite montaaži on vaja teostada puidust alusvööde ehk sidepuude paigaldus. Tegemist on C24 tugevussorteeritud hõvelprussiga, välisseinte all ristlõikega 45*145 mm ning moodulivaheliste kandeseinte all 45*95 mm ristlõikega, mis paigaldatakse aluskonstruktsiooni külge. Sidepuu seob mooduleid aluskonstruktsiooniga ja selle külge kinnitatakse omakorda monteeritavad moodulid. Enne alusvöö paigaldamist tuleb maha märkida teljed, kontrollida aluspinnatase ja paigaldada aluskonstruktsiooni ja puitu eraldav hüdroisolatsioonikiht, SBS rullmaterjal. Korruselisuse kasvuga tõusevad aluspinnale esitatavad nõuded ning antud projektis [2] on antud vertikaalseks tolerantsiks +/-2 mm iga korruse tasapinnas ning horisontaalseks tolerantsiks +/- 5 mm hoone pikkusel. Peale hüdroisolatsioonikihti tuleb paigaldada ja kinnitada hõvelprussid projektis nimetatud kinnitusvahenditega ettemääratud asukohtades. Vahetult enne moodulite paikatõstmist tuleb lisada külmasildade ärahoidmiseks hoone välisperimeetrile, sidepuust sissepoole ning ümber šahti avade, 300 mm laiune kivivilla riba. Montaažile eelnevalt tuleb paigaldada ka esimese või esimese kahe korruse tellingud ja paigalduse edenedes tõsta tellinguid koos maja korruselisuse kasvuga selliselt, et paigaldatud mooduli lael töötades puuduks kukkumisoht.

6.1.2 Puitmoodulite montaaži kirjeldus ja vajaminevad materjalid

Moodulite montaaž toimub otse haagistelt vastavalt paigaldusplaanile. Mooduli jõudmisel laadimisalasse eemaldatakse esmalt koorma kinnitusrihmad ning seejärel mooduli seintelt transpordiaegne kilepakend ja selle kinnitus ning tugevduslatid ning prussid. Sellega on moodul valmis troppimiseks, seejuures kasutatakse samu tõstetroppe, millega on moodulit tõstetud alates koostetehases autole laadimisest. Peale mooduli troppimist toimub mooduli tõste ja paigaldus ettenähtud asukohta. Igal moodulil on oma unikaalne nimi ja asukoht, mis on tingitud kas konstruktiivsetest nõuetest või viimistluse erisustest. Enne mooduli tõstet peab olema veendunud, et aluspind on sile ja loodis, sõltumata sellest kas tõste toimub sidepuule või juba varasemalt paigaldatud moodulkorrusele. Mooduli langetamise käigus tuleb garanteerida selle laskumine plaaniliselt täpsesse asukohta, et tagada nii hoone konstruktiivsed nõuded kui sa sisemised ja välimised mõõtmed. Peale mooduli paikarihtimist ja lõplikku langetamist eemaldatakse esmalt tõstetropid, kraana tõstab need maapinnale, ning seejärel jätkatakse mooduli projektijärgse kinnitamisega. Hoone keskmiste moodulite puhul tähendab see kahest või kolmest küljest paikatõstetud mooduli kinnitamist montaažikruvidega, kas sidepuu või alumise mooduli külge. Täiendavalt on tarvilik esimesel korrusel tõmbeankrute kinnitamine moodulite seinte ja vundamendi külge ning järgnevatel korrustel korrustevaheliste naelutusplaatide kinnitamine. Peale korruse moodulite montaaži tuleb paigaldada ja kinni naelutada kõrvutiasetsevate moodulite horisontaalseks ühendamiseks OSB/3 12 mm plaadid. Samal ajal saab alustada ka vertikaalsete ja horisontaalsete fassaadiühenduste teostamisega, kus tuleb paika kruvida mooduleid ühendavad tuuletõkkeplaadid ning teipida kinni tuuletõkkekanga ühendused, et saavutada võimalikult kiiresti hoone ilmastikukindlus. Enne uue korruse esimeste moodulite tõsteid tuleb paigaldada ka mooduli perimeetri sisene ja šahti perimeetrite väline 100 mm paksune kivivill 300 mm laiuselt.

Peamised vajaminevad moodulite montaažimaterjalid on loetletud allolevas nimekirjas

- Puitkarkass moodulid;
- Kivivill, paksus 100 mm, laius 300 mm;
- Kruvid 6x160 samm 300 mm;
- OSB plaadid 12*250*250 mm samm 600 mm ja nael 2,5x50 mm cc.100 mm;
- Montaažidetailid hilisemaks käigutee konstruktsiooni kinnitamiseks;
- Tugevdatud nurgikud koridorimoodulite ühendamiseks korterimoodulitega ABR10525 + CNA 4+4 4x40;

- Tõmbeankrud Simpson AH49050;
- Naelutusplaadid NP20/40/1200 8+8 CNA 4,0*50;

6.1.3 Puitmoodulite montaaži tehnoloogilised arvutused

Puitkarkass korterimoodulite montaaž toimub üks haaval järjest kokku neljal haardealal. Arvestatud on sellega, et autotranspordil oleks tagatud nii juurdepääs tornkraana tõstetsooni kui ka väljapääs ehitusterritooriumilt. Igal haardealal on tagatud kraana tõstejõud autotranspordi mahalaadimisel ja mooduli paikatõstmise punktis. Puitmoodulite montaaži kohta on koostatud esitlusjoonised 5 ja 6.

Haardealade, majade ja kraanade jagunemine montaažijärjestuses:

- HA.1: Maja A paigaldus tornkraanaga A
- HA.2: Maja B osaline paigaldus tornkraanaga A
- HA.3: Maja B osaline paigaldus tornkraanaga B
- HA.4: Maja C paigaldus tornkraanaga B

Normatiivsed tööjõukulud on arvatud Tabelis 6.1 lähtudes ajanormidest, mis on toodud allolevatel RATU kaartidel:

- RATU HAN342 Fassaadi-, räästa- ja raamtellingute püstitamine [15]
- RATU 0425 Puitelementide ehitus, ruumilised elemendid, 2014 [18]

Tabelis 6.2 on toodud moodulite montaaži tehnoloogilised arvutused ja valitud sobiv inimeste arv tööde graafikujärgseks läbiviimiseks. Tellingu paigaldajaid on 4 tk, et hoida moodulite paigalduse tempot. Moodulite paigaldusega on hõivatud 5 paigaldajat, et vastu võtta autotranspordi ettetoodavad moodulid ja hoida kraanat pidevalt töös.

Tabelisse 6.3 kokku koondatud ja graafiliselt kujutatud tabelite 6.1 ja 6.2 arvutustulemused.

Tabel 6.1 Moodulite montaaži normatiivne tööjõu- ja masinakulu

Jrk nr	Töö nimetus	Ühik	AN, T3	Normatiivne tööjõukulu moodulite paigaldusel									
				1. HA (Hoone A)		2. HA (Hoone B)		3. HA (Hoone B)		4. HA (Hoone C)		Σ	
				in-h	ih-h	in-h	ih-h	in-h	ih-h	in-h	ih-h	in-h	ih-h
				mas-h	ühikuid	mas-h	ühikuid	mas-h	ühikuid	mas-h	ühikuid	mas-h	ühikuid
1. TELLINGUTE EHITAMINE													
1.1	Fassaaditellingu püstitamine, kõrgus 16...26m, sügavus 1,1m	m2	0,09	3 228,0	290,5	2 130,9	191,8	2 336,1	210,3	2 993,0	269,4	10 688,0	961,9
1.2	Tellingute ilmastikukaitse: talvine	m2	0,03	3 228,0	96,8	2 130,9	63,9	2 336,1	70,1	2 993,0	89,8	10 688,0	320,6
1.3	KOKKU	in-h			387,4		255,7		280,3		359,2		1 282,6
		mas-h											
		in-vah			48,4		32,0		35,0		44,9		160,3
		mas-vah											
2. MOODULITE VASTUVÕTMINE													
2.1	Vastuvõtmine	tk	0,01	186,0	1,9	137,0	1,4	151,0	1,5	206,0	2,1	680,0	6,8
2.2	Aluste kontrollmõõtmine	tk	0,04	186,0	7,4	137,0	5,5	151,0	6,0	206,0	8,2	680,0	27,2
2.3	Kraana ettevalmistamine	tk	12,00	1,0	12,0			1,0	12,0			2,0	24,0
2.4	Transpordipakendi eemaldamine	tk	1,00	186,0	186,0	137,0	137,0	151,0	151,0	206,0	206,0	680,0	680,0
2.5	KOKKU	in-h			207,3		143,9		170,6		216,3		738,0
		mas-h											
		in-vah			25,9		18,0		21,3		27,0		92,3
		mas-vah											
3. MOODULITE MONTAAŽ													
3.1	Ruumelementide paigaldamine ja kinnitamine	tk	1,50	186,0	279,0	137,0	205,5	151,0	226,5	206,0	309,0	680,0	1 020,0
		tk	0,50	186,0	93,0	137,0	68,5	151,0	75,5	206,0	103,0	680,0	340,0
3.2	Kaitse ja puhastamine	tk	0,01	186,0	1,9	137,0	1,4	151,0	1,5	206,0	2,1	680,0	6,8
3.3	KOKKU	in-h			280,9		206,9		228,0		311,1		1 026,8
		mas-h			93,0		68,5		75,5		103,0		340,0
		in-vah			35,1		25,9		28,5		38,9		128,4
		mas-vah			11,6		8,6		9,4		12,9		42,5

Tabel 6.2 Moodulite montaaži tehnoloogilised arvutused

Töö nimetus	Töölise eriala	arv	1. HA (Hoone A)				2. HA (Hoone B)			
			Normatiivne		α	Valitud	Normatiivne		α	Valitud
	T ⁿ		P ⁿ	T ⁿ			P ⁿ			
	in-vah		vah	P ^{pl}		in-vah	vah	P ^{pl}		
	mas-vah			vah		mas-vah		vah		
Tellingute ehitamine	Tellingute paigaldaja	4	48,4	12,1	1,01	12	32,0	8,0	0,89	9
Moodulite vastuvõtmine	Moodulite paigaldaja	2	25,9	13,0	1,08	12	18,0	9,0	1,00	9
Moodulite paigaldus	Moodulite paigaldaja	3	35,1	11,7	0,98	12	25,9	8,6	0,96	9
	Kraana A	1	11,6	11,6	0,97	12	8,6	8,6	0,95	9

Töö nimetus	Töölise eriala	arv	3. HA (Hoone B)				4. HA (Hoone C)			
			Normatiivne		α	Valitud	Normatiivne		α	Valitud
	T ⁿ		P ⁿ	T ⁿ			P ⁿ			
	in-vah		vah	P ^{pl}		in-vah	vah	P ^{pl}		
	mas-vah			vah		mas-vah		vah		
Tellingute ehitamine	Tellingute paigaldaja	4	35,04	8,8	0,97	9	44,90	11,2	0,86	13
Moodulite vastuvõtmine	Moodulite paigaldaja	2	21,32	10,7	1,18	9	27,04	13,5	1,04	13
Moodulite paigaldus	Moodulite paigaldaja	3	28,50	9,5	1,06	9	38,88	13,0	1,00	13
	Kraana B	1	9,44	9,4	1,05	9	12,88	12,9	0,99	13

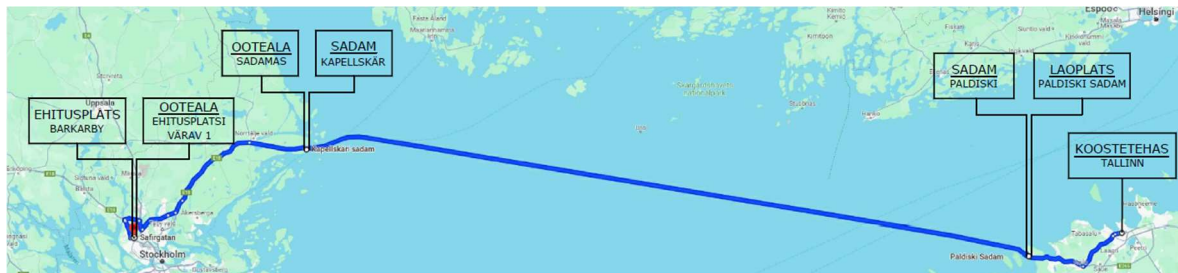
Tⁿ - tööjõu kulu

Pⁿ - kestus

α - normi täitmise tegur

6.2 Logistika korraldus

Logistika korralduse tehnoloogiline kaart käsitleb koostetehases valminud korterimoodulite transporti ja vaheladustamisi tehasest väljumisest kuni ehitusplatsile jõudmiseni vastavalt joonisele 6.1. Terve transporditsükli kohta on koostatud esitlusjoonis nr 7.



Joonis 6.1 Transpordi teekond ja vahepeatused koostetehasesest ehitusplatsini

Koostetehases koostatakse viis moodulit päevas ning mooduli üldehitustööde tsükkel on kolm nädalat alates elementide kokkupanemisest kuni pakendatud mooduli väljaveoni. See tähendab, et kolm nädalat peale koostamise algust tuleb alustada regulaarse moodulite väljaveoga, kuna selleks ajaks koostatud 75 mooduliga on tehase vaba tootmispind täidetud ja see on vaja vabastada uute moodulite koostamiseks. Valmis moodulite ärasaatmine toimub paarikaupa, sest antud projekti tüüpmoduleid mahub platvormhaagisele 2 tk. Moodulite laadimine platvormhaagisele toimub tehase hoone sees kahe 10 t telfriga.

Transpordiks on planeeritud üks platvormhaagisega sadulveok, mis teeb päevas graafiku järgselt kas kaks või kolm sõitu, viies selliselt vastavalt neli või kuus moodulit laoplatsile. Tabelis 2.1 toodud mõõtmete kohaselt on pakendatud korterimooduli transpordilaius 4,1 m, mis liigatab veose suurveoseks ja see nõuab saateauto kasutamist. Eelnevast tulenevalt saadab kõikidel vedudel laetud haagisega veokit saateauto. Nii veoauto, haagis kui ka saateauto peavad olema tähistatud vastavalt majandus- ja taristuministri määruse eriveo tingimustele [8] ja see on nähtav esitlusjoonisel nr 7.

Laoplatsina on kasutusel Paldiski Põhjasadama avatud kõvakattega laoplatsid, mille distants Tallinna koostetehasest on 46 km ja sõiduaeg suurveosele 1 h. Veose laoplatsile jõudes on ette nähtud mahalaadimine Paldiski sadama tõstetehnikaga, milleks on konteinerite tõstmiseks kasutatav teleskooplaadur. Mahalaadimiseks on vaja

kahte abitöölist, kes aitavad koorma lahtivõtmise, tõstetroppide kinnitamise ning maapinnale asetatavate alusklotside paigaldamise ja rihtimisega.

Laoplatsi suuruse vajadus kasvab ajas, sest arvestuslikult viiakse sinna päevas keskmiselt viis moodulit ja nii 92 järjestikusel tööpäeval. Kui ehitusplatsil saabub graafikujärgne moodulite montaaži aeg, saab hakata lisaks moodulite transportimisele Paldiski sadama laoplatsile viima neid ka sealt edasi ehitusplatsile ning laopinna vajadus hakkab vähenema, sest ehitusplatsile viiakse 16 moodulit päevas. Suurimaks vajaminevaks laoplatsi suuruseks kujuneb 17 650 m², millele mahub 464 tüüpmodulit. Pikim ladustamisperiood ühele moodulile on 128 kalendripäeva ehk ligi neli kuud. See seab regulaarse kontrollinõude, veendumaks et laoplatsil olevate moodulite pakendid ei ole ilmastiku või muude mõjurite tõttu kahjustada saanud ning kaitsevad täielikult valmis korterimoduleid.

Laevatransport on ette nähtud Paldiski-Kapellskäri vahelise liinilaevaga, mis on piisavalt suur võtmaks peale vajaminev kogus projekti mõõtmetega korteri moduleid ning mis teeb piisavalt tihedalt väljumisi, et katta ära ehitusplatsi moodulite nõudluse vajadus, 16 moodulit päevas. Laevatranspordi esimesel päeval läheb kokku kolm sadulveokit koos platvormhaagiste ja nendele laetud kuue mooduliga otse ehitusplatsile, et võimaldada moodulite paigalduse algus montaažipäeva hommikust. Edasine moodulite laevaga üle mere saatmise tsükkel on koostatud igapäevaseks 16 mooduli ehitusplatsile jõudmiseks. Selle teostamiseks, alates Paldiski sadama laoplatsist, on vaja lisaks sadama tõste- ja veotehnikale kokku ühte saateautot, nelja sadulveokit ja 27 platvormhaagist, selle hulgas tehnika mis teostas esimese päeva moodulite etteveo.

Laevaveo tsükli kirjeldus on alljärgnev:

- 1) Paldiski sadamas laetakse tööpäeva jooksul 16 moodulit 8 platvormhaagisele ning päeva lõpus, laeva lastimise käigus, viib sadama veduk need haagised laeva.
- 2) Laev väljub hilisõhtul 22.00 Paldiski sadamast ja randub hommikul kohaliku aja järgi 07.30 Rootsisis Kapellskäri sadamas. Seal kasutatakse haagiste laevast väljavedamiseks sadama vedukit, mis viib haagised Kapellskäri sadama laoplatsiootealale.

- 3) Kapellskäri sadama ootealalt viib sadama veduk kaheksa tühja haagist laeva, et need 9.30 väljuva päevase laevasõiduga sama tööpäeva õhtul 20.00-ks tagasi Paldiski sadamasse jõuaksid.
- 4) Kui laev on tagasi Paldiski sadamasse jõudnud transpordib sadama veduk tühjad haagised sadama laoplatsile ning viib sealt päeva jooksul laetud moodulitega haagised laeva, et laeva järgmise päeva hommikuks jõuaksid uued 16 moodulit Kapellskäri.

Kapellskäri sadama ootealal haagivad sadulveokid moodulitega haagised endale järele ja moodustavad kolmest autost kolonni. Selline nõue on tingitud Rootsi transpordiameti väljastatud veoloa [9] tingimustest, mis nõuab ka kolonni ette saateautot. Sõitu sadamast ehitusplatsi ootealale saab alustada 9.00, sest siis lõppeb Stockholmi maakonna hommikune suurveose sõidukeeld. Vastavalt tabelile 6.3 on planeeritud hommikuse esimese veo jõudmine ehitusplatsi ootealale 10.30, et need moodulid jõuaksid 11.00-ks paigaldusalale. Selliseid kolonnis sõite tehakse sadamast ehitusplatsile päevas 3 tk, seejuures on ühe suuna distantis 101 km ja sõiduaeg 1,5 h. Tagasisõidul ehitusplatsi ootealalt tuuakse sadamasse ka varasemalt etteveetud ja nüüdseks tühjakslaetud haagised. Tagasisõidul pole kolonni moodustamine vajalik, sest tegemist ei ole erimõõdulise transpordiga ning saab kasutada lühemat teed, kus ühe suuna distantis on 90 km ja sõiduaeg 1 h 5 min. Täpne päevane autokolonnide liikumine ja moodulite paigaldusgraafik on toodud tabelis 6.4. See on aluseks nii autoveo kui montaaži graafikus püsimiseks.

Ehitusplatsi ootealalt ehitusplatsi montaažialale veab haagiseid üks sadulveok. Selle veoki ülesanne on ette vedada kraanale moodulitega haagised ja tuua tühjad haagised tagasi ehitusplatsi ootealale. Kapellskäri ja ehitusplatsi ooteala vahel sõitvad veokid viivad need tühjad haagised edasi sadama ootealale, kust need omakorda laevaga Paldiski sadamasse transporditakse.

Moodulite transporditsükkel lõppeb siis, kui tehasest ja laoplatsidelt on kõik moodulid jõudnud ehitusplatsile ja paika monteeritud. Sama veoskeemi kasutades jõuab kogu transporditehnika tagasi Eestisse.

Tabel 6.4 Päevane autotranspordi liikumine ja moodulite paigaldusrütm

Päevane moodulite paigaldusrütm		Kella- aeg	Päevane autotranspordi liikumine
Mooduli jrk nr	Mooduli ja autokolonnist seos		Kapellskär - ehitusplatsi ooteala - Kapellskär
		07.30	Laeva randumine
M-1	Moodul autokolonnist nr 3	08.00	Laeva lossimine
M-2	Moodul autokolonnist nr 3	08.30	Haagiste lahti ja kinni haakimine sadama ootealal
M-3	Moodul autokolonnist nr 3	09.00	Autokolonnist nr 1 liikumine ehitusplatsi ootealale 9.00...10.30 100 km 1,5 h
M-4	Moodul autokolonnist nr 3	09.30	
M-5	Moodul autokolonnist nr 3	10.00	
M-6	Moodul autokolonnist nr 3	10.30	Haagiste lahti ja kinni haakimine ehitusplatsi ootealal
M-7	Moodul autokolonnist nr 1	11.00	Autode liikumine tagasi sadamasse 11.00...12.00 90 km 1 h 5 min
	Moodul autokolonnist nr 1	11.30	
M-8	Lõuna 12.00...12.30	12.00	Haagiste lahti ja kinni haakimine sadama ootealal
M-9	Moodul autokolonnist nr 1	12.30	Autokolonnist nr 2 liikumine ehitusplatsi ootealale 12.30...14.00 100 km 1,5 h
M-10	Moodul autokolonnist nr 1	13.00	
M-11	Moodul autokolonnist nr 1	13.30	
M-12	Moodul autokolonnist nr 1	14.00	Haagiste lahti ja kinni haakimine ehitusplatsi ootealal
M-13	Moodul autokolonnist nr 2	14.30	Autode liikumine tagasi sadamasse 14.30...15.30 90 km 1,5 h
M-14	Moodul autokolonnist nr 2	15.00	
M-15	Moodul autokolonnist nr 2	15.30	Autode oote- ja puhkeaeg tulenevalt suurveose sõidukeelust Stockholmi maakonnas: 15.00...19.00
M-16	Moodul autokolonnist nr 2	16.00	
		16.30	
		17.00	
		17.30	Haagiste lahti ja kinni haakimine sadama ootealal
		18.00	
		18.30	Autokolonnist nr 3 liikumine ehitusplatsi ootealale 19.00...20.30 100 km 1,5 h
		19.00	
		19.30	
		20.00	Haagiste lahti ja kinni haakimine ehitusplatsi ootealal
		20.30	
		21.00	Autode liikumine tagasi sadamasse 21.00...22.00 90 km 1 h 5 min
		21.30	

Tähised:

	Autokolonn nr 1
	Autokolonn nr 2
	Autokolonn nr 3
	Suurveose sõidukeeld

7. EHITUSMAKSUMUSE JA EELARVE ANALÜÜS

7.1 Eesmärk

Majandus- ja uurimuslikus osas on eesmärk anda ülevaade projekti ajal väldanud üldisest majanduse olukorrast, hinnata selle mõju projekti teostamisele ja selgitada välja suurimad ülekulu ja alakulu positsioonid ning nende tekkepõhjused. Selle teostamiseks on koostatud projekti planeeritav eelarve ja tegelik maksumus üheks tabeliks, lisa 1 tabel 1, ning vaadeldud kolme suurema ülekulu ja ühe suurima alakulu peagrupi tekkepõhjuseid. Seejuures on üheks huvipunktiks üldehitus põhimaterjalide suure hinnakõikumise mõju projektile. Koostatud ehitusmaksumuse tabel tugineb ettevõttes Harmet Constructions OÜ kasutusel olnud hinnatabelil, mis on ümber tõstetud ja mugandatud EVS 885:2005 [19] ehituskulude liigitamise juhendi tabelisse, erisusega et tööjõukulud on välja toodud tabeli lõpus vastavate peatükkide all. Tabelis on toodud planeeritavad ja teostatud otsekulud. Planeeritavat kasumit, mis oli 6%, ei vaadelda antud töös. Tabeli koostamisel on autor korrutanud planeeritava ja tegeliku kulu läbi temale teadaolevate koefitsientidega, selleks et jätta projekti finantstulemus ettevõtte-siseseks, aga säilitada huvipakkuvate positsioonide suhtarvud.

7.2 Ülevaade majanduse olukorrast

Pärast 2020. aasta koroonapandeemiat oli aastaks 2021 saabunud majanduses stabiilsem periood, kus nähti uusi võimalusi pooleliolevate ja uute projektidega jätkamiseks. Üks sellistest ehitusprojektidest on vaatluse all käesolevas töös. Antud projekti ehitusmaksumuse hinnang oli koostatud 2021. aasta hilissügise materjalide sisseostuhindade ja valuutakursiga, mis oli Eesti Panga andmetel 1.dets.2021 1euro=10,23sek. Detsembris 2021 sõlmiti ehitus-projekterimise leping, millega nähti ette kuuekuuline projekterimise ja materjalitarnete planeerimise periood ning sellele järgnev üheksakuuline tehasealine tootmine ja üheksakuuline platsiehitus. Platsiehitus toimus osaliselt samaaegselt tootmise lõppfaasiga. Kaks kuud pärast lepingu sõlmimist, projekterimise algfaasis, 24. veebruaril 2022, alustas Venemaa Ukraina vastu agressiooni, millega muu hulgas kaasnes energiakriis, toorainete ja ehitusmaterjalide defitsiit ning hinnakasv. Eelneva tõttu kasvasid planeeritust suuremaks pea kõik projekti sisseostuhinnad, alates üldehitusmaterjalidest kuni sisustuse ja seadmeteni. Erandiks oli tugevussorteeritud hõõvelpuut, mille hinna tipp oli 2021. aastal, ja teatud tööd ning teenused, mis hangiti 2023. aastal Rootsis ehitusplatsi tööde käigus, sest valuutakurss oli selleks ajaks 1 euro=11,5 sek. See tähendas Rootsi kroonis ostude

puhul ligi 13%-list ostujõu kasvu võrdluses lepingu sõlmimisega 2021. aasta detsembris.

7.3 Ehitusmaksumuse analüüs

Ehitusmaksumuse analüüsiks parema ülevaate saamiseks on esitatud lisa 1 ehitusmaksumuse hinnatabeli pearühmad eraldi tabelina 7.1. Seejuures on pearühmad järjestatud pingeritta alustades suurima ülekuluga pearühmast. Üks aste detailsemas tabelis 7.2 on täpsemaks analüüsiks esitatud kulude pea- ja põhirühmad EVS 885:2005 järjestuses ilma kulurühmadeta. Tabelist 7.1 selgub, et suurimad ülekulud tekkisid ehitusplatsi korraldus- ja üldkuludest, tootmiskuludest ja projekteerimisest. Suurimad kokkuhoiukohad olid kandetarindite, ruumitarindite ja pinnakatete ning sisustusmaterjalide kulugrupid. Järgnevalt on analüüsitud kolme suurima ülekulu ja ühe suurima alakulu positsiooni tekkepõhjuseid.

Tabel 7.1 Ehitusmaksumuse pearühmade pingerida

Nr	Kulu kirjeldus	Eelarvestatud maksumus, [EUR]	Tegelik maksumus, [EUR]	Ülekulu (+) Alakulu (-) [tuh EUR]*
9	Ehitusplatsi üldkulud	2 313 964,44	2 685 318,89	+371,4
8	Ehitusplatsi korralduskulud	1 808 629,40	1 938 876,95	+130,2
10	Tootmiskulu	4 839 658,53	4 926 433,76	+86,8
0	Projekteerimine	268 373,72	348 462,72	+80,1
7	Tehnosüsteemid	1 993 780,31	2 058 957,49	+65,2
1	Välisrajatised	3 400,00	4 640,63	+1,2
2	Alused ja vundamendid	171 228,68	141 114,79	-30,1
4	Fassadielemendid ja katused	1 884 950,05	1 802 951,53	-82,0
6	Sisustus, inventar ja seadmed	2 069 352,61	1 958 303,36	-111,0
5	Ruumitarindid ja pinnakatted	1 565 175,77	1 414 356,64	-150,8
3	Kandetarindid	3 081 486,49	2 720 583,25	-360,9

*Tulemuste lihtsamaks vaatlemiseks on number ümardatud ja esitatud tuhandetes

Tabel 7.2 Planeeritava ja tegeliku ehitusmaksumuse koondtabel

Nr	Kulu kirjeldus	Eelarvestatud maksumus, [EUR]	Tegelik maksumus, [EUR]	Ülekulu (+) Alakulu (-) [tuh EUR]*
0	PROJEKTEERIMINE	268 373,72	348 462,72	+80,1
01	Töö- ja tootmisprojektid	268 373,72	348 462,72	+80,1
1	VÄLISRAJATISED	3 400,00	4 640,63	+1,2
14	Hoonevälised ehitised	3 400,00	4 640,63	+1,2
2	ALUSED JA VUNDAMENDID	171 228,68	141 114,79	-30,1
23	Aluspõrandad	171 228,68	141 114,79	-30,1
3	KANDEKATARINDID	3 081 486,49	2 720 583,25	-360,9
32	Kandvad ja välisseinad	1 718 420,51	1 507 367,26	-211,1
33	Vahe- ja katuslaed	1 240 562,29	1 101 741,63	-138,8
34	Trepielendid	122 503,69	111 474,35	-11,0
4	FASSADIELEMENDID JA KATUSED	1 884 950,05	1 802 951,53	-82,0
41	Klaasfassaadid ja eriaknad	54 148,18	35 038,41	-19,1
42	Aknad	660 256,40	663 058,98	+2,8
43	Välisüksed ja väravad	573 095,12	459 314,61	-113,8
46	Rõdud ja terrassid	306 493,35	333 113,01	+26,6
47	Piirded ja käiguteed	31 919,38	53 584,96	+21,7
48	Katusetarindid	259 037,63	258 841,56	-0,2
5	RUUMITARINDID JA PINNAKATTED	1 565 175,77	1 414 356,64	-150,8
51	Vaheseinad	66 860,46	80 801,99	+13,9
52	Siseüksed	149 392,59	124 415,34	-25,0
53	Siseseinte pinnakatted	610 600,04	479 461,59	-131,1
54	Lagede pinnakatted	222 684,14	233 904,08	+11,2
56	Põrandad ja pinnakatted	515 638,54	495 773,64	-19,9
6	SISUSTUS, INVENTAR ja SEADMED	2 069 352,61	1 958 303,36	-111,0
61	Sisustus ja mööbel	1 091 416,03	999 196,25	-92,2
63	Seadmed ja masinad	683 840,01	689 420,23	+5,6
66	Töste- ja teisaldusmasinad	294 096,57	269 686,88	-24,4
7	TEHNOSÜSTEEMID	1 993 780,31	2 058 957,49	+65,2
71	Küte, veevarustus ja kanalisatsioon	662 607,95	929 876,15	+267,3
72	Ventilatsioon ja jahutus	708 110,00	615 471,59	-92,6
73	Tuletõrjevee varustus	33 304,41	27 612,69	-5,7
74	Tugevvoolu paigaldis	589 757,96	485 997,07	-103,8
8	EHITUSPLATSI KORRALDUSKULUD	1 808 629,40	1 938 876,95	+130,2
81	Ajutised ehitised ehitusplatsil	208 640,88	272 915,37	+64,3
82	Ajutised tehnosüsteemid	5 890,47	5 890,47	+0,0
83	Masinad ja seadmed	100 753,48	192 805,21	+92,1
84	Tööriistad ja instrumendid	125 875,74	125 875,74	+0,0
85	Abimaterjalid	340 443,94	334 638,02	-5,8
87	Veod	1 027 024,90	1 006 752,14	-20,3
9	EHITUSPLATSI ÜLDKULUD	2 313 964,44	2 685 318,89	+371,4
91	Juhtimis- ja tööjõukulud ehitusplatsil	2 157 708,78	2 548 246,19	+390,5
92	Kulud abistavatele tegevustele	54 600,68	54 600,68	+0,0
96	Lepingu erikulud	101 654,98	82 472,03	-19,2
10	TOOTMISKULU	4 839 658,53	4 926 433,76	+86,8
101	Tootmiskulud	4 839 658,53	4 926 433,76	+86,8
	KÖIK KOKKU, EUR (0% km)	20 000 000,00	20 000 000,00	0,0

*Tulemuste lihtsamaks vaatlemiseks on number ümardatud ja esitatud tuhandetes

7.3.1 Kandetarindid ja põhimaterjalid

Kandetarindite kulu pearühma on koondatud põhilised kasutatavad üldehitusmaterjalid nagu hoone puitkarkass, kipskartong ehitusplaadid, puidupõhised ehitusplaadid ja isolatsioon, mis moodustavad vastavalt lisa 1 tabel 1 summadele kokku 10% ehituse kogumaksumusest. Just see materjalide kulugrupp, kus enamike materjalipositsioonide hinnad olid suures kallinemises, on andnud suurima kokkuhoiu, sest vastavalt tabelile 7.2 on projekti kandetarindite teostatud kulutused 11,7% väikesemad kui planeeritud kulutused.

Lisa 1 tabel 1 kuluridadest selgub, et peamisteks kokkuhoiukohtadeks on olnud tugevussorteeritud hõövelmaterjali, CLT ja sammumüra plaatide positsioonid. Kõikide nende materjalide planeeritust väikesem lõppmaksumus on tekkinud kahel põhjusel. Esiteks on vaadeldaval perioodil OSB puitlaastplaatide ja hõövelpuidu hinnalangus, tabel 7.3, ning teiseks on ehitusmaksumuse eelarve koostamine arhitektuursete jooniste põhjal. Projekteerimis- ja ehituslepinguga töövõtul tuleb materjalikulu ette hinnata, kuna reaalsed projektlahendused ja materjalide kogused selguvad alles projekteerimisfaasi lõpus, pärast tugevusarvutuste ja tootmisjooniste koostamist. Selline materjalikulu piisava täpsusega prognoosimine on teostatav varasemalt ehitatud sarnaste objektide põhjal, kuid kui arvutatakse uut tüüpi hooneid, antud juhul kõrgemaid kui varasemalt, siis võivad tekkida suuremad vahed planeeritava ja tegeliku vahel. Vaadeldav puidust kandekarkass on selle riski realiseerumise positiivne näide, sest peale tugevusarvutusi vähenesid ettenähtud materjalide kogused. Kõige äärmuslikumaks näiteks on hoone kandvates vaheseintes kasutatud ristlõikega 45*95 mm C24 tugevussorteeritud hõövelpuit, mille eelarvestatud kuluks oli 196 600 m, aga reaalseks kuluks jäi 156 900 m, see teeb 20%-lise kokkuhoiu. Eelnimetatud riski realiseerumise negatiivne näide on lisa 1 tabel 1 positsioonid 235-13 ja 336-13, puittaladest läbiviikude tugevdamiseks ettenähtud teraslehed, mille ülekulu on kokku 63 404 eurot, ehk 100%, kuna sellist kulurida ei olnud ette nähtud.

7.3.2 Ehitusplatsi üld- ja korralduskulud

Vastavalt tabelile 7.1 on tekkinud projekti suurimad ülekulud ehitusplatsi korraldus- ja üldkuludest. Lisa 1 tabelist 1 selgub, et nendest kõige suurema kaaluga on kolm järgnevat kulurida: juhtimis- ja üldehitustööde tööjõukulud, elektripaigaldise tööjõukulu ning tõsteseadmed, ülekulu kogumaksumusega 425 361,97 eurot, mis teeb nende kolme positsiooni hinnatõusuks 21%.

Kõige suurema kogukuluga on eelnimetatud positsioonidest juhtimis- ja üldehitustööde tööjõukulu. Arvestuslikult pidi objekti tööjõuajaks olema 84 630 tundi, kuid see suurenes 9700 tunni, 196 920 euro, ehk 11% võrra. Ehitusplatsi tööjõu ajakulu mittevastamisel planeeritule on kaks peamist põhjust. Esmalt puudusid prognoosi koostamisel analoogse võrdlusprojekti ajakulu andmed, teisalt olid materjalide tarneraskused, mis nõudsid ehitusplatsil ümberehitustöid ja raskendasid hilisemat ligipääsu tööalale. Üheks illustreerivaks näiteks on plekist fassaadikassettide tarne hilinemine, mistõttu ei saanud tööd teostada tellingutelt, vaid tuli kasutada korvtõstukeid. See tekitas üheaegselt nii täiendava tööjõu- kui ka tõstetehnika ajakulu.

Kogu ülekulult järgmine positsioon on ehitusplatsi elektripaigaldise tööjõukulu, mis ületas planeeritud maksumust kahekordselt, 136 400 euro võrra. Tegemist on positsiooniga, mis kuluprognosi koostamisel plaaniti teostada ettevõtte enda elektritööde juhi ja elektrikutega. Tegelikuses tuli tööd teostada alltöövõtu firmadega, mille tunnihind ületas 1,7-kordselt planeeritud. Lisades sinna juurde tunnipõhise arvestusega töövõtu ebaefektiivsuse ja võrdselt nii kogenenud kui ka kogenematu tööjõu kasutamise jõuab elektripaigaldise tööjõupositsioon kahekordse ülekuluni.

Viimaseks vaadeldavaks ülekulu positsiooniks on mobiilkraanad ja tõsteseadmed, mille ülekulu on võrreldes plaanituga 1,9-kordne, kokku 92 000 eurot. Selle ülekulu põhjused on samad mis ühel osal tööjõu ülekuludest. Nagu eelnevalt kirjeldatud, ei olnud hilinenud materjalide paigaldust võimalik teostada ei tellingutelt ega ka mitte tornkraanaga. Illustreerivaks näiteks on hoovis asetsevate käiguteede ja evakuatsioonitreppide paigaldus, mille montaaž oli ette nähtud teostada tornkraanadega, kuid reaalsuses toimus paigaldus mobiilkraanadega, sest materjalide ehitusplatsile jõudmise ajaks olid tornkraanad eemaldatud. Sama olukord oli hoovi- ja tänavapoolsete rõdude ja rõdupiirete paigaldamisega.

7.3.3 Tootmiskulud

Tootmiskulud on ülekulult kolmandal positsioonil 87 300 euro suuruse ülekuluga ning vastavalt lisa 1 tabelile 1 on seal peamiseks ülekulu positsiooniks elementide tootmiskulud. Positsiooni ülekulu on protsentuaalselt 9%, kuid kogusumma 217 714 eurot teeb sellest tähelepanuväärse kallinemise. Kallinemise põhjus on planeeritud tootmise erinevuses tegelikkusest, nimelt planeerimisfaasis oli hinnastatud elementide tootmine selliselt, et töö teostatakse ettevõtte-siseselt. Tegelikuses tuli projekti ajagraafikus püsimiseks osta 2/3 elementidest teistelt elemenditootjatelt. Põhjus seisnes selles, et ettevõtte enda elemenditootmine oli planeeritud kauem hõivatud

eelnevate projektide lõpetamisega. Selline elementide sissostmine teistelt tootjatelt tekitab täiendava transpordikulu, sest esmalt tuli toodetavate elementide materjalid tootjatele viia ning hiljem tuli tootjate juurest valmis elemendid tagasi tuua. Elemenditootmise allhankijate materjalidega varustamine oli mõistlik ja vajalik, sest elementide tootmise alguseks oli materjalitarnijatega kokku lepitud projektipõhised hinnad, tarnekogused ja tarnegraafikud. Sellises suuruses projekti puhul tagas see parima sisseostuhinna ja garanteeris materjalidefitsiidi ajal tarnekindluse. Käsitletavast elementide sisseostu ülekulust on tekkinud hinnanguliselt 1/3 täiendavatest transpordikuludest ning 2/3 elementide kallimast sisseostuhinnast võrreldes ettevõttesisese tootmisega.

7.3.4 Põhimaterjalide hinnakõikumise mõju projektile

Järgnevalt on analüüsitud, kuidas mõjutas kõikide väikesema osakaaluga materjalipositsioonide hinnatõus projekti põhimaterjalide kogukulu, samal ajal kui tugevussorteeritud höövelmaterjali ja OSB plaatide hind vaadeldaval perioodil langes. Analüüsimiseks on esmalt arvatud hinnamuutuse koefitsiendid planeeritud ja reaalselt projektis kasutatud materjalide kaalutud keskmiste ostuhindade vahel. Näitena on toodud konkreetsete materjalide hinnamuutuskoeffitsiendid tabelis 7.3, materjaligruppide kaalutud keskmised hinnamuutuskoeffitsiendid on esitatud tabelis 7.4.

Tabel 7.3 Materjalide hinnamuutuskoeffitsientide näited

Positsioon	Ehitustsükli faas	Lepingu sõlmimine: dets.2021	Tootmistsükli algus: aug.2022	Tootmistsükli lõpp: veebr.2023
Tuletõkke kips 15 mm		1,00	1,38	1,91
Isolatsioon, kivivill 250 mm		1,00	1,50	1,59
Kipsplaat 13 mm – põrandaplaat		1,00	1,05	1,43
Põrandaplaat PLP 22 mm, T&G		1,00	1,04	1,34
LVL-tala 45*245 mm, Kerto-S		1,00	1,08	1,23
CLT ristkihtpuut		1,00	1,03	1,06
OSB 12 mm puitplaat		1,00	0,67	0,72
45*245 mm C24, höövelpuut		1,00	1,02	0,66

Lisa 1 tabelist 1 on kokku koondatud tabelisse 7.4 seal nimetatud üldehitusmaterjaligruppide kogumaksumused ning selle jagamisel hinnamuutuse koefitsiendiga on saadud projekti üldehitusmaterjalide hinnamuutuse kogumõjaks ehk ülekuluks 160 133 eurot. See näitab, et projekti peamised üldehitusmaterjalid kallinesid keskmiselt 7,7% ja ilma hinnamuudatusteta oleks kandetarindite materjalide kokkuhoid olnud 160 133 euro võrra suurem.

Tabel 7.4 Materjaligruppide hinnamuutuse kogumõju projektile

Materjaligrupp	Protsent gruppide kogukulust	Projekti tegelik kulu [EUR]	Koef*	Maksumus kui hind ei oleks muutunud [EUR]	Ülekulu + Alakulu - [EUR]
Kipsplaadid	19,7%	410 332	1,66	247 486	+162 846
Isolatsioon	14,0%	291 525	1,32	220 697	+70 827
LVL-talad	12,7%	264 319	1,16	227 137	+37 182
PLP-plaadid	6,8%	141 925	1,30	109 418	+32 507
CLT-puit	3,6%	74 007	1,06	69 860	+4 147
OSB-plaadid	7,4%	153 232	0,74	208 053	-54 820
Höövelpuit	35,7%	742 848	0,89	835 404	-92 556
KOKKU		2 078 189		1 918 056	+160 133

*Materjaligruppide kaalutud keskmised hinnamuutuskoefitsiendid

7.4 Kuluanalüüsi järeldus

Ehitusmaksumuse analüüs näitas, et projekti erinevad kuluread olid suures muutumises.

- Esimeseks põhjuseks olid materjalide ja toodete sisseostuhindade muudatused, selle sees valuutakursi muutus.
- Teiseks põhjuseks olid projekteerimis-ehituslepingu sõlmimisega kaasnevad riskid, mis realiseerusid nii positiivses kui ka negatiivses võtmes.
- Kolmandaks põhjuseks olid ette planeerimata olukorrad, nagu elementide väljast hankimine ja objektile saabuvate materjalide tarneraskused, mis tekitasid ülekulusid.

Kokkuvõtteks saab järeldada, et ilma materjalide hinnatõusude ja tarneraskusteta oleksid projekti kulud olnud märkimisväärselt väikesemad.

8. TÖÖ- JA KESKKONNAKAITSE

Vastavalt üldistele tervisekaitse- ja ohutuseeskirjadele [20] on peatöövõtja vastutus, et kõigil töötajatel oleks turvaline ja tervislik töökeskkond. Seetõttu on väga oluline, et kõik ehitusobjektidel viibijad järgiksid Rootsi töökeskkonnaameti Arbetsmiljöverket kehtestatud tervisekaitse- ja ohutuseeskirju, konkreetse objekti tööohutuse ja turvalisuse plaani ning allolevaid nõudeid. Nimetatud reegleid on järgitud ehitusplatsi üldplaani koostamisel (vt esitlusjoonis 4).

8.1 Ohutusnõuetega tutvumine ja registreerimine

Kõik ehitusplatsil töid tegevad töötajad peavad esmalt ohutusnõuetega tutvuma ja end projektiga seoses registreerima. Igapäevane ehitusplatsile sisenemine ja kohaloleku registreerimine toimub Rootsis kehtiva ID06 kaardiga vahetult enne töövahetuse algust. Vahetuse lõpus on vajalik väljaregistreerimine. Objektis olles tuleb kanda ID06 kaarti hästi nähtaval kohal ja olema valmis näitama isikut tõendavat dokumenti.

Eripädevust nõudvate tööde (nt tuletööd, kraanajuhid, laadurijuhid, tellingute paigaldajad) puhul või teatud tööriistade (nt kettsaag/ketaslõikur) kasutamiseks on vajalik oskusi tõendav töökaart.

Kõrvalistel isikutel pole lubatud ehitusplatsil liikuda, selleks on territoorium piiratud aia ja väravatega. Objekti külastajad peavad ehitusplatsile saabumisel ohutusnõuetega tutvuma ja end registreerima. Külastused toimuvad alati objekti personalist saatjaga.

8.2 Isikukaitsevahendid

Isikukaitsevahendid, mis on ehitusplatsil kohustuslikud ja alati nõutavad:

- kinnitatud lõuarihmaga kaitsekiiver;
- läbitungimiskindla talla ja varbakaitsega turvajalatsid;
- keha ülaosas helkurriided.

Muud ohutusvahendid, mida töötajad peavad endaga kaasas kandma ja võimaliku ohu korral alati kandma:

- kindad;
- kaitseprillid;
- kõrvakaitsmed.

Teatud tööülesannete täitmisel võib vaja minna spetsiaalseid isikukaitsevahendeid nagu näomask, turvarakmed jmt. Spetsiaalseid ohutusvahendeid nõudvate tööde jaoks tuleb koostada tööplaan koos täiendava riskihindamisega, näiteks töö kõrgustes.

8.3 Esmaabi

Ehitusplatsi kontoris ja ehitatava hoone garaažikorrusel on töölistele kättesaadavad esmaabivahendid ja silmadušš, asukohad on märgitud ehitusplatsi üldplaani, esitusjoonisel 4. Täiendavalt paigaldatakse peale moodulite montaaži igale korrusele esmaabikapp. Nimetatud punktides on kirjas ka esmaabi andjate nimed ja kontaktandmed. Lähim vältimatu esmaabi andmise koht on 9 km kaugusel asuv Västerort Ambulansstation kiirabiijaam.

8.4 Ohutusmeetmed

Ehitusplatsil tuleb alati kinni pidada määratud liikumisteedest ja järgida ajutisi piiranguid. Teostades töid, millega kaasneb potentsiaalne oht teistele, tuleb üles seada ajutised ohutuspiiranguid. See kehtib ka tööde kohta, mida tehakse muust käimasolevast tööst kõrgemal. Piirangud peavad olema füüsilised tõkked, näiteks väravad või piirded, ajutise ohutuma töö ajal võib kasutada ka plastketti.

8.5 Tuleohutus

Tuletöid tegevatel isikutel peab olema kehtiv luba, mille on vastavalt kehtivatele reeglitele ja eeskirjadele välja andnud selleks volitatud isik.

Tuletõrje hüdrant asub ehitusplatsi kagu nurgas, Flygfältsvägen tänava ääres. Ehitusplatsil paiknevad nii objekti kontoris kui ka garaažikorrusel tähistatud asukohtades tulekustutid. Samuti paigaldatakse puitkarkassil kortermajade iga korruse koridori kaks 6 kg tulekustutit.

8.6 Materjalide taaskasutamine ja sorteerimine

Ehitusmaterjali sorteerimine toimub selleks ettenähtud kohas ja kõik töötajad on kohustatud järgima antud juhiseid. Kui peaks tekkima ebaselgus, vastutab jäätmete omanik välja selgitamise eest, millise kategooria alusel need sorteerida. Segajäätmed on lubatud minimaalses vältimatus mahus.

Järgmiste kategooriate jäätmete jaoks on ehitusplatsile paigaldatud vastavalt tähistatud konteinerid ja jäätmed tuleb alati vastavalt sorteerida:

- põlevmaterjal;
- puit;
- kips;
- isolatsioonimaterjal;
- vanaraud ja metall;
- segajäätmed;
- ohtlikud jäätmed.

8.7 Üldised töökorralduslikud reeglid ehitusplatsil

- Tavapärase tööaeg on tööpäevadel 06.30–16.00.
- Mõra tekitavaid tööd on lubatud ainult tööpäeviti 7.00–19.00.
- Suitsetamine on ehitusplatsil keelatud, välja arvatud selleks ettenähtud kohas.
- Mobiiltelefone tohib kasutada ainult ohutul ja vastutustundlikul viisil ning jälgides pidevalt olemasolevaid ohte.
- Ehitusplatsil, sealhulgas objekti kontorites, on keelatud viibida alkoholi- või narkojoobes. Mõju all olevad isikud eemaldatakse kohe ehitusplatsilt.
- Ehitusmaterjale ja tööriistu tuleb hoida ohutult ja selleks ettenähtud kohas, kus need ei saa ümber kukkuda, maha kukkuda, õhku paiskuda ega muul viisil vigastusi põhjustada.
- Koridorid, tuletõrjeväljapääsud, trepid jne tuleb alati hoida vabana. Koristamine peab toimuma pidevalt kogu päeva jooksul.

KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli töötada välja ja analüüsida elementide ning moodulite tootmis-logistika ning platsikorraldust puitmoodulitest korterhoonete ehituse näitel, milleks valiti Barkarby Kv.11 ehituskvartal. Magistritöö täpsemateks eesmärkideks oli anda ülevaate nimetatud ehitusobjektist, kirjeldada tehases toodetud elementide ja korterimoodulite tootmistsükli, koostada logistikakorralduse ja moodulite montaaži tehnoloogilised kaardid majade ja moodulite järjestikuseks montaažiks, kontrollida tüüp korteri põrandatala ja esimese korruse seinaposti kandevõimet, võrrelda objekti eelarvelisi kulusid tegelike kuludega, analüüsida erisuste põhjuseid ning esitleda tööohutus ja keskkonnakaitse meetmed ehitusplatsi töödele.

Arhitektuurses osas anti ülevaade ehitatava kvartali asukohast, üldkontseptsioonist, selgitati selle mahtu ja kasutusotstarvet, toodi välja mis osa on lahendatud puitkarkass korterimoodulitega ja kirjeldati taotletavat keskkonnasertifikaati. Lisaks eelnevale on antud ülevaade hoone arhitektuursest ja konstruktiivsest lahendusest, viimistlusest, tehnosüsteemidest ning arhitektuurse joonisena on esitatud ühe ehitatava hoone plaanid, vaated ja lõiked.

Puitmoodulite tootmistsükli ja logistikakorralduse osas on kirjeldatud tööetappe, mis tuleb teostada alates ehitus-projekteerimislepingu allkirjastamisest kuni objekti üleandmiseni. Lepinguperioodi kogupikkuseks on 20 kuud ja sinna sisse jääb kuuekuuline projekteerimisetapp, seitsmekuuline tehases tootmine ning seitsmekuuline ehitusplatsi üldehitustööde etapp.

Konstruksiooni osas kontrolliti, et projekteeritud puitkarkassil hooneosa esimese korruse kortermooduli seinale mõjuvad alalis-, kasus- ja lumekoormus ei ületaks konstruktsioonelemendi kandevõimet ning projekteeritud tüüpse korterimooduli põrandaelemendile mõjuvad alalis- ja kasuskoormus ei ületaks konstruktsioonelemendi kandevõimet. Mõlemal juhul oli kandevõime tagatud. Konstruktsiooni osa kohta on tehtud ka konstruktiivne joonis, millel on näidatud kontrollitavad elemendid.

Ehitusplatsi üldplaani on koostatud selliselt, et moodulite transport ja paigaldus saaksid sujuvalt toimida, selleks on ära määratud ajutised teed, laadimisalad, kraana seisukohad, ehitusplatsi ligipääsuvõimalused, ohualad ja kontori ning tööliste ruumid. Ehitusplatsi üldplaani kohta on koostatud detailne joonis, kus on esitatud kogu detailne informatsioon.

Koondkalenderplaan on koostatud alates korterimoodulite transportimisest laoplatsilt ehitusplatsile kuni valmis korterite üleandmiseni. Planeeritud ehitustööde kestus on 138 tööpäeva, keskmine tööliste arv 42 inimest ja maksimaalne 74 inimest. Viiepäevaste tööpäevadega nädalas on perioodi kogukestus 7 kuud.

Logistika tehnoloogilise kaardiga on ära lahendatud ehitusplatsi varustamine korterimoodulitega sujuvateks montaažitöödeks. Tagatakse 16 mooduli regulaarne ehitusplatsile jõudmine, mis vastab montaažitööde igapäevasele võimekusele. Kokku on keskmiselt kasutusel 5 sadulveokit, 28 platvormhaagist, kaks saateautot, 1 sadama teleskooplaadur ja 2 sadama vedukit. Kogu transporditsükli kestus on 137 tööpäeva, millest 44 päeval toimub transport Paldiski sadama laoplatsilt ehitusplatsile. Täpsem teekond ning peatused on esitatud esitlusjoonisel.

Puitmoodulite montaaži tehnoloogiline kaart käsitleb ehitusplatsile jõudnud korterimoodulite kraanaga paikatõstmist ja kinnitamist ning selle juures paralleelselt tellingute kõrgemaks ehitamist, et tagada paigaldustööde turvalisus. Montaažikaart on koostatud RATU ajanormide põhjal, millest tulenevalt toimub montaaž viie monteeri ja nelja tellingute paigaldajaga. Päevas paigaldatakse keskmiselt 16 moodulit. Hoonete järjestikuseks montaažitööde kestuseks on 45 tööpäeva. Puitmoodulite montaaži kohta on teostatud kaks esitlusjoonist.

Majandus- ja uurimuslikus osas selgus, et projekti erinevad kuluread olid suures muutumises. Esimeseks põhjuseks olid materjalide ja toodete sisseostuhindade muudatused. Teiseks põhjuseks olid projekteerimis-ehituslepingu sõlmimisega kaasnevad riskid, mis realiseerusid nii positiivses kui ka negatiivses võtmes. Kolmandaks põhjuseks olid ette planeerimata olukorrad, nagu elementide väljast hankimine ja objektile saabuvate materjalide tarneraskused, mis tekitasid ülekulusid. Kokkuvõtteks saab järeldada, et ilma materjalide hinnatõusude ja tarneraskusteta oleksid projekti kulud olnud märkimisväärselt väikesemad.

Töö ja keskkonnakaitse osas on kirjeldatud kohustuslikud töö- ja keskkonnaohutuse reeglid ning üldised töökorralduslikud nõuded, et tagada turvaline, tervislik ja efektiivne töökeskkond.

Lõputöö eesmärgid said täidetud ning tööst järeldus, et kolme maja, 393 korteri, 680 mooduli järjestikune transport ja logistika on võimalik korraldada sujuvalt ilma ehitusplatsil vaheladustamiseta. Negatiivseks aspektiks on pakendatud puitkarkass korterimoodulite pikk, kuni 128 kalendripäevane, ilmastikule avatud laoplatsil hoiustamine, mis võib tekitada niiskus- ja veekahjusid. Positiivne on kinnitus, et

puitkarkassil moodulitest saab ehitada tiheasustusega linnaaladel, minimaalse laopinnaga ehitusplatsidel, linnakeskkonda sobivaid korrushooneid, mis konkureerivad betoonehitusega aga võimaldavad ehitada madalama CO₂ jalajäljega.

Käsitletud projektil on mitmeid huvipakkuvaid ehitustehnilisi kitsaskohti, mille lahendamine ei olnud käesoleva lõputöö mahus, kuid millel on oluline roll hoone kestvusel ja uute sarnaste hoonete planeerimisel. Nendeks on tuulutusega Serporoc krohvfaasade süsteemi toimivus puitkarkass majadel; hoovi pinnasesse uputatud esimese korruse põrandaelemendi niiskustehniline toimivus; kuuekorruselise puitkarkass hoone tuulekoormuse vastuvõtmine ja jäikuse tagamine arvestades seejuures korrusmaja vajumitega; betoonpaneelide ning puidust põrandaelementide vahelise õhuvahetuse niiskustehniline toimimine. Tootmistsükkel, mis kestab seitse kuud, et selle ajaga toota 5537 tk tasapinnalist 2D elementi ja koostada 680 tk 3D ruumelementi, ehk moodulit, vajaks ka detailset tootmisefektiivsuse analüüsi leidmaks kiireim ja efektiivseim tehase tootmistsükkel.

SUMMARY

The aim of this master's thesis was to develop and analyze the production-logistics of elements and modules as well as site management in the construction of wooden modular apartment buildings, using the construction project Barkarby Kv.11 as an example. The more specific objectives of the thesis were to provide an overview of the mentioned project, describe the production cycle of factory produced elements and apartment modules, create logistical and assembly technological maps for the sequential assembly of buildings and modules, verify the load-bearing capacity of the standard apartment floor beams and first-floor wall column, compare the estimated costs of the project with the actual costs, analyze the reasons for differences, and provide environmental and health-safety protection measures for construction site works.

In the architectural part was an overview provided about the building quarter location, general concept, volume, and usage purpose. It was explained which part is built with wooden frame apartment modules and described the environmental certification what the quarter must achieve. Additionally, an overview was provided of the architectural and structural design, finishing solutions and technical systems. On architectural drawings were presented plans, views, and sections of building B.

The production cycle and logistics management of wooden modules described steps, which needed to be carried out from the signing of the construction-design contract until the handover of the object. The total duration of the contract period is 20 months, including a six-month design phase, a seven-month factory production phase, and a seven-month general construction phase on the construction site.

In structural part, it was verified that the designed wooden frame building's first-floor loadbearing wall would withstand the permanent, live, and snow loads without exceeding the load-bearing capacity. Similarly, the permanent and live loads on the designed typical apartment module's floor element were checked to ensure they do not exceed the load-bearing capacity. In both cases, the load-bearing capacity was ensured. A structural drawing is describing the controlled elements, beams and columns.

The general plan of the construction site is prepared to prioritize the transportation and installation of apartment modules. Temporary roads, loading areas, crane positions, construction site access points, hazard zones, and office and workforce facilities have been designated for this purpose. A detailed drawing of the construction site's general plan has been drawn, providing comprehensive information about all aspects.

A consolidated calendar plan is prepared, starting from the transportation of completed apartment modules from the storage yard to the construction site until the handover of finished apartments. The planned duration of construction works is 138 workdays, with an average of 42 workers and a maximum of 74 workers. With five-day work weeks, the total duration of the period is 7 months.

The logistics technological map has been used to organize a smooth supply of apartment modules to the construction site for continuous assembly work. A regular arrival of 16 modules is ensured to the construction site, which meets the daily capacity of assembly work. On average, 5 trucks, 28 flatbed trailers, 2 escort vehicles, 1 port telescopic loader, and 2 port tow trucks are used. The entire transport cycle duration lasts 137 working days, of which transportation from the port of Paldiski storage yard to the construction site lasts 44 days. The detailed logistics technological map is provided as a drawing.

The technological map for the assembly of wooden modules begins with the end of the transportation cycle, with the arrival of the modules to the lifting zone at the construction site. It involves unpacking the modules, lifting them with a crane, and making the permanent connections for assembled modules. Scaffolding erection is also taking place simultaneously to ensure the safety of the installation works. The assembly map is based on RATU time norms, which results in assembly being carried out with five assemblers and four scaffolding installers. On average, 16 modules are installed per day. The total assembly duration for buildings is 45 workdays. Two presentation drawings have been prepared for the assembly of modules.

In the economic and research part, it was found that many cost items in the project cost estimation had significant changes by the end of project. The first reason was the change in the purchase prices of materials and products. The second reason was the risk associated with signing the design-build contract. The third reason was unforeseen situations, such as difficulties in procuring elements and challenges with material deliveries to the site, which led to cost overruns. In summary, it can be concluded that without the price increases of materials and delivery challenges, the project costs would have been significantly lower.

In the work and environmental protection section, mandatory work and environmental safety rules have been described, along with general organizational requirements, to ensure a safe, healthy, and efficient work environment.

The objectives of the thesis have been achieved, concluding that the sequential transportation and logistics of three buildings, 393 apartments, and 680 modules can be organized smoothly without intermediate storage on the construction site. A negative aspect is the storage of packaged wooden frame apartment modules on an open-air warehouse for up to 128 calendar days. This long-term storage may lead to moisture and water damages. On the positive side, it's confirmed that wooden frame modules can be used to construct high-rise buildings suitable for densely populated urban areas, with minimal storage space on construction sites. These buildings enable lower carbon footprint compared to concrete buildings and support European Union's climate goals to lower greenhouse gas emissions.

The example project has several construction-technical issues, which were not within the scope of this thesis. However, investigating these issues is crucial for ensuring the durability of the construction and for planning similar structures in the future. Those issues are following: the functionality of not ventilated Serporoc plaster facade system on wooden frame buildings; the moisture-technical performance of the ground floor wooden floor element submerged into the courtyard soil level; accommodating wind loads and ensuring structural stability for a six-storey timber frame building, while considering the settling of the multi-storey structure; and the moisture technical functioning of the air gap between garage concrete hollow core slabs and wooden floor elements. The production cycle, lasting seven months, to produce 5537 pcs 2D elements and assemble 680 pcs 3D room elements, modules, would also require a detailed analysis of production efficiency to find the fastest and most effective factory production cycle.

KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] Utvändig kulör och materialbeskrivning Barkarbystaden kv.11, Bygghandling, DinellJohansson, Stockholm 29.04.2022
- [2] Konstruktivne tööprojekt, Barkarby IV Kv.11, Hus 1-3-4, Järfälla kommun, Stockholm, Sweden. Töö nr 041/2023, Harmet Constructions OÜ, Tallinn 2023.
- [3] Sweden Green Building Council, Miljöbyggnad 4.0 Metodik 2022
- [4] <http://www.liginull.info/tynn-category/materjal/> (23.02.2023)
- [5] Heidelberg Materials Produktblad BIO – klimaförbättrad betong 2023
- [6] Brandskyddsbeskrivning Bygglövshandling, Barkarby kv.11, Järfälla Nybyggnad bostäder inom Hus 1, 3 och 4. Briab Brand & Riskingenjörerna AB 2021-07-05
- [7] Boverkets byggregler (2011:6) – föreskrifter och allmänna råd, BBR § 5:22 Byggnadsklasser
- [8] Majandus- ja taristuminister, 4. septembri 2015. a määrus nr 114 „Eriveo tingimused ning eriveo teostamise ja erilubade väljaandmise kord ning tee omanikule tekitatud kulutuste hüvitamise, eriloa menetlustasu ja eritasu määrad, RT I, 01.06.2021, 3
<https://www.riigiteataja.ee/akt/101062022003>
- [9] Undantag från bestämmelserna om största tillåtna bredd, Trafikverket 30.11.2022
- [10] EVS-EN 1995-1-1:2005+A1+NA+A2. Eurokoodeks 5: Puitkonstruktsioonide projekteerimine. Osa 1-1: Üldist. Üldreegliid ja reegliid hoonete projekteerimiseks
- [11] Masso, T. Ehituskonstruktori käsiraamat. Tallinn, Ehitame Kirjastus, 2010
- [12] Boverket mandatory provisions amending the board’s mandatory provisions and general recommendations (2011:10) on the application of European design standards (Eurocodes), EKS. BFS 2011:10 with amendments up to BFS 2022:4 (EKS 12).
- [13] Tornkraana Liebherr 550 EC-H 20 Litronic tehniline andmeleht 10.2022.
- [14] O. Mürsepp, J.Sutt. Ehitusplatsi korralduse kavandamine. Tallinn, TTÜ kirjastus 2004.
- [15] Rakennustieto, Rakennustietosäätiö, Mittaviiva (firma), Talonrakennusteollisuus ry. Ehitustööde kulud 2020. Tööjõukulud ja tootlus – uusehitus ja remont. Tallinn: ET Infokeskuse AS 2020
- [16] tööprojekt, Barkarby IV Kv.11, Hus 1-3-4, Järfälla kommun, Stockholm, Sweden. Töö nr 041/2023, Harmet Constructions OÜ, Tallinn 2023.
- [17] Ehitusmaksumuse prognooselarve, Barkarby IV Kv.11, Hus 1-3-4, Järfälla kommun, Stockholm, Sweden. Töö nr 041/2023, Harmet Constructions OÜ, Tallinn 2022.
- [18] Ratu 0425 Puuelementtirakentaminen, tilaelementit, 2014, Rakennustieto Oy
- [19] EVS 885:2005 „Ehituskulude liigitamine“
- [20] Barkarby Kv 11 Allmäna skydds- och ordningsregler 2022-02-14
- [21] EVS-EN 1991-1-1:2002 Eurokoodeks 1: Ehituskonstruktioonide koormused. Osa 1-1: Üldkoormused . Mahukaalud, omakaalud, hoonete kasuskoormused

LISAD

Lisa 1 tabel 1. Planeeritava ja tegeliku ehitismaksumuse hinnatabel

Lisa 1. Tabel 1

No	Kulu kirjeldus	HOONE A	HOONE B	HOONE C	Maht kokku	Ühik	Ühikhind	Eelarvestatud maksumus, [EUR]	Tegelik maksumus, [EUR]	Ülekulu (+) Alakulu (-) [EUR]
0	PROJEKTEERIMINE							268 373,72	348 462,72	+80 089,00
01	Töö- ja tootmisprojektide koostamine							268 373,72	348 462,72	+80 089,00
01-1	Elektripaigaldise tööprojekt ja tootmisjoonised	1,00	1,00	1,00	3,00	hoonet	11 408,91	34 226,72	41 555,62	+7 328,90
01-2	Vee-, kanalisatsiooni-, küttesüsteemi tööprojekt ja tootmisjoonised	1,00	1,00	1,00	3,00	hoonet	7 631,12	22 893,37	27 955,60	+5 062,23
01-3	Tuletõkkelahenduste projekteerimine	1,00	1,00	1,00	3,00	hoonet	2 568,89	7 706,68	9 066,68	+1 360,00
01-4	Ventilatsioonisüsteemi tööprojekt ja tootmisjoonised	1,00	1,00	1,00	3,00	hoonet	18 208,92	54 626,75	64 977,87	+10 351,13
01-5	Sprinklersüsteemi tööprojekt ja tootmisjoonised		1,00		1,00	hoonet	9 746,68	9 746,68	11 711,13	+1 964,45
01-6	Hoone koormused, tugevus arvutused	1,00	1,00	1,00	3,00	hoonet	14 582,24	43 746,73	52 888,96	+9 142,24
01-7	Konstruktivne tööprojekt ja tootmisjoonised	1,00	1,00	1,00	3,00	hoonet	31 808,93	95 426,80	140 306,87	+44 880,06
1	VÄLISRAJATISED							3 400,00	4 640,63	+1 240,62
14	Hoonevälised ehitised							3 400,00	4 640,63	+1 240,62
144	Varikatused									
144-1	Hoovipoolse sissepääsuukse varikatus	1,00	1,00	1,00	3,00	kmpl	1 133,33	3 400,00	4 640,63	+1 240,62
2	ALUSED JA VUNDAMENDID							171 228,68	141 114,79	-30 113,89
23	Aluspõrandad							171 228,68	141 114,79	-30 113,89
235	Aluspõrandate puittarindid									
	<u>Põrandakonstruktsioon, 1.korrus</u>									
235-1	Kipsplaat 13 mm - põrandaplaat	921,41	1 183,90	781,35	2 886,66	m2	1,84	5 299,91	11 636,77	+6 336,86
235-2	Sammumüra plaat	921,41	1 183,90	781,35	2 886,66	m2	7,37	21 285,26	939,49	-20 345,77
235-3	Aurutõkke kile	921,41	1 183,90	781,35	2 886,66	m2	0,34	981,46	1 629,97	+648,50
235-4	Põrandaplaat PLP 22 mm, T&G	921,41	1 183,90	781,35	2 886,66	m2	5,33	15 376,28	25 375,33	+9 999,05
235-5	45*245 mm C24, tugevussorteeritud höövelpuit, max samm 600 mm	2 303,53	2 959,74	1 953,37	7 216,64	m	4,19	30 207,30	23 545,92	-6 661,37
235-6	LVL-tala 45*220/245 mm	2 672,10	3 433,30	2 265,91	8 371,30	m	4,72	39 538,64	29 557,39	-9 981,26
235-7	45*145 mm C24, tugevussorteeritud höövelpuit	1 382,12	1 775,84	1 172,02	4 329,98	m	2,46	10 632,53	3 021,86	-7 610,67
235-8	45*70 mm C24, tugevussorteeritud höövelpuit	1 382,12	1 775,84	1 172,02	4 329,98	m	1,22	5 267,19	2 695,73	-2 571,46
235-9	Isolatsioon, kivivill 250 mm	230,35	295,97	195,34	721,66	m3	17,13	12 361,00	19 084,94	+6 723,94
235-10	Terastraat soojustuse hoidmiseks	4 205,87	5 404,00	3 566,53	13 176,41	m	0,15	1 991,11	2 289,77	+298,67
235-11	Jäik pinnakatteta isolatsiooniplaat 13 mm	921,41	1 183,90	781,35	2 886,66	m2	2,43	7 022,92	3 957,63	-3 065,29
235-12	45*145 mm C24, tugevussorteeritud höövelpuit	2 764,24	3 551,69	2 344,04	8 659,97	m	2,46	21 265,07	6 043,73	-15 221,34
235-13	Teraslehed TL-SD läbiviikude tugevdamiseks							0,00	11 336,25	+11 336,25
3	KANDEKARINDID							3 081 486,49	2 720 583,25	-360 903,24
32	Kandvad ja välisseinad							1 718 420,51	1 507 367,26	-211 053,25
323	Metalltarindid									
323-1	Hoone C, 1.korruse metalltalad ja postid			1,00	1,00	kmpl	2 923,12	2 923,12	3 344,15	+421,03
326	Seinte puittarindid									
326-1	Liftišahti CLT konstruktsioon	59,00	66,00	66,00	191,00	m3	797,11	152 248,44	74 006,74	-78 241,70
326-2	Liftišahti kipsplaatkatted ja kruntvärv	318,20	335,40	335,40	989,00	m2	8,95	8 854,86	7 438,08	-1 416,78
	Välissein: tänavapoolsed küljed, krohvitud									
326-3	Kipsplaat 15 mm - tuletõkkekipsplaat	993,47	1 435,25	1 404,11	3 832,84	m2	1,75	6 718,54	6 857,39	+138,84
326-4	Kipsplaat 13 mm - standardplaat	993,47	1 435,25	1 404,11	3 832,84	m2	1,03	3 938,46	6 857,39	+2 918,93
326-5	Aurutõkke kile	1 069,89	1 545,66	1 512,12	4 127,67	m2	0,34	1 403,41	2 330,71	+927,30
326-6	45*220 mm C24, tugevussorteeritud höövelpuit	4 012,09	5 796,21	5 670,45	15 478,76	m	3,66	56 604,19	47 211,11	-9 393,08
326-7	LVL-tala 45*220 mm	764,21	1 104,04	1 080,09	2 948,34	m	4,24	12 504,38	10 091,18	-2 413,20

Lisa 1. Tabeli 1 järg 1

No	Kulu kirjeldus	HOONE A	HOONE B	HOONE C	Maht kokku	Ühik	Ühikhind	Eelarvestatud maksumus, [EUR]	Tegelik maksumus, [EUR]	Üleku (+) Alakulu (-) [EUR]
326-8	Isolatsioon, kivivill 220 mm	238,82	345,01	337,53	921,35	m3	22,67	20 884,07	24 365,91	+3 481,84
326-9	Kipsplaat 9 mm - tuuletõkke plaat krohvfaasadiile	1 174,62	1 696,95	1 660,13	4 531,70	m2	9,68	43 881,11	40 256,12	-3 624,99
326-10	Tuuletõkkeplaadi ühenduste teip	1 174,62	1 696,95	1 660,13	4 531,70	m2	3,58	16 230,00	15 105,53	-1 124,47
326-11	Fassaadi krohvimine koos materjali ja tööga alltöövötus	1 174,62	1 308,70	1 265,00	3 748,32	m2	95,96	359 672,26	304 351,95	-55 320,31
326-12	Fassaadi lisaplekid krohv faasadiile	1 174,62	1 308,70	1 265,00	3 748,32	m2	6,04	22 656,52	17 894,46	-4 762,06
	Välissein: sisehoovis, tsementkiudplaat									
326-13	Kipsplaat 15 mm - tuletõkkekipsplaat	844,55	1 221,03	516,69	2 582,27	m2	1,75	4 526,44	4 619,98	+93,54
326-14	Kipsplaat 13 mm - standardplaat	844,55	1 221,03	516,69	2 582,27	m2	1,03	2 653,43	4 619,98	+1 966,55
326-15	Aurutõkke kile	909,51	1 314,95	556,44	2 780,91	m2	0,34	945,51	1 570,25	+624,74
326-16	45*245 mm C24, tugevussorteeritud höövelpuit	3 410,66	4 931,08	2 086,65	10 428,40	m	4,19	43 651,01	34 025,00	-9 626,01
326-17	LVL-tala 45*245 mm	649,65	939,25	397,46	1 986,36	m	4,72	9 381,82	7 013,44	-2 368,37
326-18	Isolatsioon, kivivill 250 mm	203,02	293,52	124,21	620,74	m3	22,67	14 070,08	16 415,87	+2 345,79
326-19	45*45 mm höövelpuit	2 923,43	4 226,64	1 788,56	8 938,62	m	0,82	7 293,93	8 156,74	+862,81
326-20	Isolatsioon, kivivill 50 mm	40,60	58,70	24,84	124,15	m3	22,67	2 814,02	3 283,17	+469,16
326-21	Kipsplaat 9 mm - tuuletõkke plaat	1 071,92	1 549,77	655,80	3 277,50	m2	1,25	4 085,95	8 299,87	+4 213,92
326-22	Tuuletõkkekangas, rullmaterjal, B-s1,d0	1 071,92	1 549,77	655,80	3 277,50	m2	1,64	5 373,64	3 028,21	-2 345,43
326-23	Hiirevõrk, laius 300 mm	324,83	469,63	198,73	993,18	m	0,76	750,40	1 396,47	+646,06
326-24	30*100 mm höövelpuit, roovitus	2 923,43	4 226,64	1 788,56	8 938,62	m	1,13	10 130,46	9 109,90	-1 020,55
326-25	Fassaadi tsementkiudplaat Cembrit Patina koos paigaldustarvikutega	903,74	1 325,00	734,48	2 963,22	m2	25,69	76 122,05	69 058,60	-7 063,45
326-26	Fassaadi lisaplekid tsementkiudplaat fassaadile	903,74	1 325,00	734,48	2 963,22	m2	7,56	22 388,84	22 022,03	-366,81
	Välissein: plekist fassaadikassetid									
326-27	Kipsplaat 15 mm - tuletõkkekipsplaat	397,43	574,60	243,15	1 215,19	m2	1,75	2 130,09	2 174,11	+44,02
326-28	Kipsplaat 13 mm - standardplaat	397,43	574,60	243,15	1 215,19	m2	1,03	1 248,67	2 174,11	+925,43
326-29	Aurutõkke kile	428,00	618,80	261,85	1 308,66	m2	0,34	444,95	738,94	+294,00
326-30	45*245 mm C24, tugevussorteeritud höövelpuit	1 605,02	2 320,51	981,95	4 907,48	m	4,19	20 541,65	16 011,77	-4 529,89
326-31	LVL-tala 45*245 mm	305,72	442,00	187,04	934,76	m	4,72	4 414,97	3 300,44	-1 114,53
326-32	Isolatsioon, kivivill 250 mm	95,54	138,13	58,45	292,11	m3	22,67	6 621,21	7 725,12	+1 103,90
326-33	45*45 mm höövelpuit	1 375,73	1 989,01	841,67	4 206,41	m	0,82	3 432,44	3 838,47	+406,03
326-34	Isolatsioon, kivivill 50 mm	19,11	27,63	11,69	58,42	m3	22,67	1 324,24	1 545,02	+220,78
326-35	Kipsplaat 9 mm - tuuletõkke plaat	504,43	729,30	308,61	1 542,35	m2	1,25	1 922,80	3 905,82	+1 983,02
326-36	Tuuletõkkekangas, rullmaterjal, B-s1,d0	504,43	729,30	308,61	1 542,35	m2	1,64	2 528,77	1 425,04	-1 103,73
326-37	Hiirevõrk, laius 300 mm	152,86	221,00	93,52	467,38	m	0,76	353,13	657,16	+304,03
326-38	30*100 mm höövelpuit, roovitus	1 375,73	1 989,01	841,67	4 206,41	m	1,13	4 767,27	4 287,01	-480,26
326-39	Fassaadi kassetid Ruukki Liberta Original	624,84	808,75	104,01	1 537,61	m2	45,33	69 704,88	66 916,68	-2 788,20
	Sisemine, moodulitevaheline topeltsein									
326-40	3*45*95 mm C24, tugevussorteeritud höövelpuit	54 276,48	84 503,35	57 826,22	196 606,05	m	1,65	323 832,48	201 785,73	-122 046,75
326-41	LVL-tala 45*95 mm	6 030,72	9 389,26	6 425,14	21 845,12	m	1,83	40 007,42	16 400,26	-23 607,16
326-42	Jäik pinnakatteta isolatsiooniplaat 13 mm	4 673,81	7 276,68	4 979,48	16 929,97	m2	2,43	41 188,78	23 211,13	-17 977,65
326-43	Aurutõkke kile	8 348,08	12 997,17	8 894,05	30 239,31	m2	0,34	10 281,38	17 074,79	+6 793,41
326-44	Kipsplaat 15 mm - tuletõkkekipsplaat	7 839,94	12 206,04	8 352,68	28 398,65	m2	1,75	49 779,75	85 611,10	+35 831,34
326-45	Kipsplaat 15 mm - tuletõkkekipsplaat	7 839,94	12 206,04	8 352,68	28 398,65	m2	1,75	49 779,75	85 611,10	+35 831,34
326-46	Isolatsioon, kivivill 100 mm	904,61	1 408,39	963,77	3 276,77	m3	22,67	74 273,50	86 656,55	+12 383,04
326-47	Diagonaalsed metall-lindid 5*80 mm	7 236,86	11 267,11	7 710,16	26 214,14	m	2,24	58 824,62	18 510,96	-40 313,66
326-48	Vineerplaadid seinte tugedeks, vööde toetamiseks, liistutagusteks	8 348,08	12 997,17	8 894,05	30 239,31	m2	0,00	0,00	83 058,70	+83 058,70

Lisa 1. Tabeli 1 järg 2

No	Kulu kirjeldus	HOONE A	HOONE B	HOONE C	Maht kokku	Ühik	Ühikhind	Eelarvestatud maksumus, [EUR]	Tegelik maksumus, [EUR]	Üleku (+) Alaku (-) [EUR]
	Välissein, ventilatsiooni tehnoruum									
326-49	Kipsplaat 15 mm - tuletõkkekipsplaat	94,35	188,70	94,35	377,40	m2	1,75	661,53	675,20	+13,67
326-50	Kipsplaat 13 mm - standardplaat	94,35	188,70	94,35	377,40	m2	1,03	387,80	675,20	+287,41
326-51	Aurutõkke kile	101,61	203,21	101,61	406,43	m2	0,34	138,18	229,49	+91,31
326-52	45*245 mm C24, tugevussorteeritud hõvelpuuit	381,02	762,05	381,02	1 524,10	m	4,19	6 379,54	4 972,71	-1 406,83
326-53	LVL-tala 45*245 mm	72,58	145,15	72,58	290,30	m	4,72	1 371,14	1 025,01	-346,13
326-54	Isolatsioon, kivivill 250 mm	22,68	45,36	22,68	90,72	m3	22,67	2 056,32	2 399,16	+342,83
326-55	45*45 mm hõvelpuuit	326,59	653,18	326,59	1 306,37	m	0,82	1 066,00	1 192,10	+126,10
326-56	Isolatsioon, kivivill 50 mm	4,54	9,07	4,54	18,14	m3	22,67	411,26	479,83	+68,57
326-57	Kipsplaat 9 mm - tuuletõkke plaat	119,75	239,50	119,75	479,00	m2	1,25	597,16	1 213,02	+615,86
326-58	Tuuletõkkekangas, rullmaterjal, B-s1,d0	119,75	239,50	119,75	479,00	m2	1,64	785,35	442,57	-342,78
326-59	Hiire- ja putukavõrk, laius 300 mm	36,29	72,58	36,29	145,15	m	0,76	109,67	204,09	+94,42
326-60	30*100 mm hõvelpuuit, roovitus	326,59	653,18	326,59	1 306,37	m	1,13	1 480,55	1 331,40	-149,15
326-61	Fassaadiplekk, laineprofiil	123,38	254,02	127,01	504,40	m2	45,33	22 866,31	7 177,26	-15 689,05
33	Vahe- ja katuslaed							1 240 562,29	1 101 741,63	-138 820,66
335	Lagede elemendid									
335-1	Moodulitevahelised sammumüra ja vibratsioonimatid	3 967,60	5 870,30	4 230,00	14 067,90	m	5,67	79 718,21	38 516,77	-41 201,45
336	Puitarindid									
	Põrandaelemendid, korrustele 2,3,4,5,6									
336-1	Kipsplaat 13 mm - põrandaplaat	3 605,97	5 745,82	3 906,74	13 258,52	m2	1,84	24 342,68	53 448,11	+29 105,43
336-2	Sammumüra plaat	3 605,97	5 745,82	3 906,74	13 258,52	m2	7,37	97 764,01	4 315,11	-93 448,91
336-3	Aurutõkke kile	3 739,52	5 958,62	4 051,43	13 749,58	m2	0,34	4 674,86	7 763,77	+3 088,91
336-4	Põrandaplaat PLP 22 mm, T&G	3 605,97	5 745,82	3 906,74	13 258,52	m2	5,33	70 623,83	116 549,86	+45 926,03
336-5	45*245 mm C24, tugevussorteeritud hõvelpuuit, max samm 600 mm	9 014,92	14 364,54	9 766,85	33 146,31	m	4,19	138 743,27	108 147,33	-30 595,95
336-6	LVL-tala 45*220/245 mm	10 457,31	16 662,87	11 329,54	38 449,72	m	4,72	181 602,50	135 758,21	-45 844,29
336-7	45*145 mm C24, tugevussorteeritud hõvelpuuit	5 408,95	8 618,72	5 860,11	19 887,78	m	2,46	48 835,63	14 678,63	-34 157,00
336-8	45*70 mm C24, tugevussorteeritud hõvelpuuit	5 408,95	8 618,72	5 860,11	19 887,78	m	1,22	24 192,42	12 381,58	-11 810,83
336-9	Isolatsioon, kivivill 125 mm	450,75	718,23	488,34	1 657,32	m3	17,13	28 387,27	43 828,93	+15 441,66
336-10	Terasraat soojustuse hoidmiseks	16 459,78	26 227,31	17 832,67	60 519,76	m	0,15	9 145,22	6 767,46	-2 377,76
336-11	Jäik pinnakatteta isolatsiooniplaat 13 mm	3 605,97	5 745,82	3 906,74	13 258,52	m2	2,43	32 256,56	18 177,55	-14 079,01
336-12	Õhuava isoleerimine ümber perimeetri, paksusega kuni 55 mm	168,58	268,62	182,64	619,84	m3	17,13	10 616,84	7 856,46	-2 760,38
336-13	Teraslehed TL-SD läbiviikude tugevdamiseks	3 605,97	5 745,82	3 906,74	13 258,52	m2	0,00	0,00	52 067,83	+52 067,83
	Laelemendid, korrustele 1,2,3,4,5									
336-15	45*145 mm C24, tugevussorteeritud hõvelpuuit	5 408,95	8 618,72	5 860,11	19 887,78	m	2,46	48 835,63	14 678,63	-34 157,00
336-16	Tuuletõkkekangas, rullmaterjal, tava	3 839,69	6 118,23	4 159,95	14 117,87	m2	0,45	6 400,11	3 606,66	-2 793,45
336-17	OSB 12 mm puitplaat	3 605,97	5 745,82	3 906,74	13 258,52	m2	5,63	74 630,86	61 440,00	-13 190,86
336-18	2*45*120 mm C24, tugevussorteeritud hõvelpuuit	10 817,91	17 237,45	11 720,21	39 775,57	m	2,05	81 442,80	100 289,57	+18 846,77
336-19	LVL-tala 45*120 mm	7 211,94	11 491,63	7 813,48	26 517,05	m	2,31	61 343,56	42 715,54	-18 628,02
336-20	Isolatsioon, kivivill 125 mm	450,75	718,23	488,34	1 657,32	m3	17,13	28 387,27	43 828,93	+15 441,66
336-21	28*70 mm hõvelpuuit, samm 300 mm	14 423,88	22 983,26	15 626,95	53 034,09	m	0,76	40 070,26	34 767,34	-5 302,92
336-22	Aurutõkke kile	3 839,69	6 118,23	4 159,95	14 117,87	m2	0,34	4 800,08	7 971,73	+3 171,65
336-23	Kipsplaat 13 mm - standardplaat	3 605,97	5 745,82	3 906,74	13 258,52	m2	1,03	13 623,89	23 721,03	+10 097,14
336-24	Kipsplaat 15 mm - tuletõkkekipsplaat	3 605,97	5 745,82	3 906,74	13 258,52	m2	1,75	23 240,75	39 969,39	+16 728,64

Lisa 1. Tabeli 1 järg 3

No	Kulu kirjeldus	HOONE A	HOONE B	HOONE C	Maht kokku	Ühik	Ühikhind	Eelarvestatud maksumus, [EUR]	Tegelik maksumus, [EUR]	Üleku (+) Alaku (-) [EUR]
Laelemendid, 6.korrusele ja ventilatsiooni tehnruumile										
336-25	Isolatsioon, kivivill 200mm	265,88	344,53	228,81	839,21	m3	17,13	14 374,43	16 770,97	+2 396,54
336-26	45*145 mm C24, tugevussorteeritud hõõvelpuit	1 506,86	1 952,62	1 296,76	4 756,24	m	2,46	11 679,23	3 319,34	-8 359,88
336-27	Tuuletõkkekangas, ruilmaterjal, tava	1 004,57	1 301,75	864,51	3 170,83	m2	0,45	1 437,44	810,04	-627,40
336-28	OSB 12 mm puitplaat	1 004,57	1 301,75	864,51	3 170,83	m2	5,63	17 848,25	14 693,61	-3 154,64
336-29	45*120 mm C24, tugevussorteeritud hõõvelpuit	2 009,15	2 603,49	1 729,02	6 341,65	m	2,46	15 572,30	15 989,75	+417,45
336-30	LVL-tala 45*145 mm	2 009,15	2 603,49	1 729,02	6 341,65	m	2,80	17 726,91	18 457,36	+730,45
336-31	Isolatsioon, kivivill 150 mm	150,69	195,26	129,68	475,62	m3	17,13	8 146,71	12 578,23	+4 431,52
336-32	28*70 mm hõõvelpuit, samm 300 mm	4 278,74	5 544,47	3 682,16	13 505,37	m	0,76	10 204,07	8 853,66	-1 350,41
336-33	Aurutõkke kile	1 004,57	1 301,75	864,51	3 170,83	m2	0,34	1 078,08	1 790,42	+712,34
336-34	Kipsplaat 13 mm - standardplaat	1 004,57	1 301,75	864,51	3 170,83	m2	1,03	3 258,20	5 672,97	+2 414,77
336-35	Kipsplaat 15 mm - tuletõkkekipsplaat	1 004,57	1 301,75	864,51	3 170,83	m2	1,75	5 558,11	9 558,83	+4 000,72
34 Trepielemendid								122 503,69	111 474,35	-11 029,34
343	Metalltarindid									
343-1	Metallist evakuatsioonitrepp (trepp nr.1)		1,00		1,00	kmpl	21 766,53	21 766,53	19 531,14	-2 235,39
343-2	Metallist evakuatsioonitrepp (trepp nr.2)		1,00		1,00	kmpl	21 766,53	21 766,53	17 370,25	-4 396,28
343-3	Metallist evakuatsioonitrepp (trepp nr.3)	1,00			1,00	kmpl	15 187,14	15 187,14	17 740,47	+2 553,33
343-4	Metallist evakuatsioonitrepp (trepp nr.4)	1,00			1,00	kmpl	18 783,59	18 783,59	17 468,47	-1 315,12
343-5	Metallist evakuatsioonitrepp (trepp nr.5)			1,00	1,00	kmpl	21 766,53	21 766,53	14 703,13	-7 063,40
343-6	Evakuatsioonitrepi katusele pääsu ukсед	1,00	1,00	1,00	3,00	kmpl	2 606,67	7 820,01	3 286,67	-4 533,34
343-7	Tugevdatud nurgikut, naelutusplaadid, talakingad	2,00	2,00	1,00	5,00	mdl	3 082,67	15 413,36	21 374,22	+5 960,87
								0,00	0,00	+0,00
4 FASSADIELEMENID JA KATUSED								1 884 950,05	1 802 951,53	-81 998,51
41 Klaasfassaadid ja eriaknad								54 148,18	35 038,41	-19 109,77
413	Terasfassaadid									
413-1	Sokliplekk, roostevaba, sisehoov	89,20	117,50	61,50	268,20	jm	21,16	5 673,93	5 673,93	+0,00
413-2	Lillekastid, kergkonstruktsioonil, kaetud plekiga	81,00	80,00		161,00	jm	118,62	19 098,21	19 098,21	+0,00
413-3	Tugi- ja kinnituspunktid hoone B välimistele aknalaukidele	139,00	90,00		229,00	kmpl	90,67	20 762,70	4 191,60	-16 571,09
415	Suitsuluugid ja katuseaknad									
415-1	Liftišahti suitsuärastusluuk koos juhtimiskeskuse automatikaga	2,00	2,00	2,00	6,00	kmpl	1 095,56	6 573,34	6 074,68	-498,67
415-2	Liftišahti ventilatsioon	2,00	2,00	2,00	6,00	kmpl	340,00	2 040,00	0,00	-2 040,00
42 Aknad								660 256,40	663 058,98	+2 802,58
421	Akna laud									
421-1	Akna laud, MDF	80,76	94,10	13,60	188,46	jm	6,04	1 139,14	2 026,04	+886,90
421-2	Sisemiste avapalede MDF paneelid	910,25	1 381,58	957,75	3 249,57	jm	6,04	19 641,87	34 934,49	+15 292,61
421-3	Akende tihendamine	1,00	1,00	1,00	3,00	obj	3 012,00	9 036,00	12 903,86	+3 867,87
421-4	Akende sisemine ja välimine tihendamine/teipimine	2 375,78	1 779,04	1 208,99	5 363,81	jm	0,83	4 457,93	6 366,15	+1 908,22
421-5	Ülemised ja alumised avatäidete veeplekid	354,39	548,73	392,50	1 295,62	jm	5,10	6 607,67	4 855,57	-1 752,10
421-6	Tsementkiud fassaadi avatäidete välimiste palede vormistamine plekiga	75,00	120,00	59,00	254,00	kmpl	98,55	25 032,92	18 395,15	-6 637,77
426	Puit- ja puit-alumiiniumaknad									
426-1	Puitalumiiniumaknad majale nr 4	568,00			568,00	m2	306,30	173 978,88	169 472,95	-4 505,93
426-2	Puitalumiiniumaknad majale nr 3			552,30	552,30	m2	305,15	168 532,45	164 788,58	-3 743,87
426-3	Puitalumiiniumaknad majale nr 1		835,60		835,60	m2	301,38	251 829,54	249 316,20	-2 513,35

Lisa 1. Tabeli 1 järg 4

No	Kulu kirjeldus	HOONE A	HOONE B	HOONE C	Maht kokku	Ühik	Ühikhind	Eelarvestatud maksumus, [EUR]	Tegelik maksumus, [EUR]	Ülekulu (+) Alakulu (-) [EUR]
43	Välisüksed ja väravad							573 095,12	459 314,61	-113 780,51
431	Lukustus ja varustus									
431-1	Evakuatsiooni käändukse avamise ja sulgemise automaatika	10,00	12,00	12,00	34,00	kmpl	3 626,67	123 306,84	90 498,28	-32 808,57
431-2	Korterite ja välisuste lingid	123,00	181,00	123,00	427,00	kmpl	41,56	17 744,25	7 884,23	-9 860,01
433	Terasüksed ja -väravad									
433-1	Terasest evakuatsiooniüksed, EI30, sh lukukorpus, erivärv	10,00	12,00	12,00	34,00	kmpl	600,58	20 419,87	33 410,71	+12 990,84
433-2	Terasest korteritesse sissepääsuksed: LSS ala, EI30, lukukorpus			8,00	8,00	kmpl	865,11	6 920,90	4 019,56	-2 901,34
433-3	Terasest ventilatsiooni tehno ruumi ukseid, EI30, sh lukustus ja sulgur	1,00	3,00	1,00	5,00	kmpl	1 206,30	6 031,50	2 421,56	-3 609,94
433-4	Elektri jaotuskilpide ruumide terasest ukseid korrustel, EI30	5,00	6,00	6,00	17,00	kmpl	492,62	8 374,46	12 022,42	+3 647,96
433-5	Terasest uks LSS alale sissepääsuks, sisemine, EI30			3,00	3,00	kmpl	1 888,89	5 666,67	6 208,41	+541,73
434	Täisklaasüksed									
434-1	Täisklaas profiilüksed hoovipoolsele peasissepääsule	1,00	1,00	1,00	3,00	kmpl	1 771,02	5 313,07	10 052,68	+4 739,61
436	Puitüksed ja -väravad									
436-1	Korteritesse sissepääsuksed, EI30, lukukorpus, erivärv, ukseilmad	104,00	167,00	104,00	375,00	kmpl	961,15	360 431,69	260 775,84	-99 655,84
436-2	Korteritesse sissepääsuksed, EI30, lukukorpus, erivärv, sissepääs välimiselt käiguteelt, ukseilmad	9,00	8,00		17,00	kmpl	1 110,93	18 885,86	14 513,49	-4 372,37
436-3	Puitliistud avade vormistamiseks	112,00	175,00	106,00	393,00	krt	0,00	0,00	17 507,43	+17 507,43
46	Rõdud ja terrassid							306 493,35	333 113,01	+26 619,66
461	Pinnakatted									
463	Metalltarindid									
463-1	Rõdude alumiinium platvormid, laius=4 m, sh kinnitusdetailid ja riputustõmbid	8,00	10,00	5,00	23,00	kmpl	1 520,86	34 979,78	45 486,48	+10 506,70
463-2	Rõdude alumiinium platvormid, laius=2,5 m, sh kinnitusdetailid ja riputustõmbid	16,00	30,00	10,00	56,00	kmpl	878,64	49 203,66	63 982,72	+14 779,06
463-3	Rõdude alumiiniumpiirded (hoovipoolsed alumiiniumrõdud ja tänavapoolsed keskmised konsoolsed rõdud)	189,40	290,60	143,10	623,10	m	83,11	51 786,61	67 341,49	+15 554,89
463-4	Hispaania rõdud, terasest, koos piiretega, 500 mm sügavusega	44,00	0,00	15,00	59,00	kmpl	755,56	44 577,84	34 898,41	-9 679,44
463-5	Hispaania rõdud, terasest, koos piiretega, 750 mm sügavusega			50,00	50,00	kmpl	1 140,17	57 008,26	38 492,59	-18 515,67
466-1	Välimised käiguteed ja evakuatsiooniplatvormid: J ja L kujulised metall kandurid. Hoone külge fikseeritavad	2,00	2,00	1,00	5,00	kmpl	817,67	4 088,37	4 677,23	+588,86
466-2	Välimised käiguteed ja evakuatsiooniplatvormid: Montaažidetailid "MD134" moodulite külge	2,00	2,00	1,00	5,00	kmpl	828,24	4 141,19	4 737,67	+596,47
466-3	Välimised käiguteed ja evakuatsiooniplatvormid: Terasalad ja postid käiguteedele	2,00	2,00	1,00	5,00	kmpl	5 787,25	28 936,23	33 104,02	+4 167,79
466-4	Välimised käiguteed ja evakuatsiooniplatvormid: Kinnitusvahendid, keermelatid, poldid, mutrid	2,00	2,00	1,00	5,00	kmpl	689,64	3 448,18	3 944,83	+496,65
466	Puittarindid									
466-1	Välimised käiguteed ja evakuatsiooniplatvormid: Komposiit terrassilauad evakuatsiooniteedele, tumehallid, Bfl, 25*150*4200 mm	1 313,00	1 137,50	329,30	2 779,80	m	6,57	18 251,58	27 548,53	+9 296,96
466-2	Välimised käiguteed ja evakuatsiooniplatvormid: Evakuatsiooniteede elementide tsementkiudplaat laekate Cembrit Multiforce	296,30	256,69	74,31	627,30	m2	16,06	10 071,66	8 899,04	-1 172,62

Lisa 1. Tabeli 1 järg 5

No	Kulu kirjeldus	HOONE A	HOONE B	HOONE C	Maht kokku	Ühik	Ühikhind	Eelarvestatud maksumus, [EUR]	Tegelik maksumus, [EUR]	Ülekulu (+) Alakulu (-) [EUR]
47	Piirded ja käiguteed							31 919,38	53 584,96	+21 665,59
473	Metallist piirded									
473-1	Metallist piire evakuatsiooniplatvormile (trepp nr.1)		34,00		34,00	m	102,79	3 494,72	4 216,01	+721,28
473-2	Metallist piire evakuatsiooniplatvormile (trepp nr.2)		34,00		34,00	m	102,79	3 494,72	4 216,01	+721,28
473-3	Metallist piire evakuatsiooniplatvormile (trepp nr.3)	42,15			42,15	m	102,79	4 332,43	3 513,34	-819,09
473-4	Metallist piire evakuatsiooniplatvormile (trepp nr.4)	42,15			42,15	m	102,79	4 332,43	9 127,12	+4 794,70
473-5	Metallist piire evakuatsiooniplatvormile (trepp nr.5)			17,00	17,00	m	102,79	1 747,36	2 432,89	+685,53
473-6	Prantsuse rõdude terasest piirded	11,00	0,00	13,00	24,00	kmpl	158,67	3 808,01	5 258,67	+1 450,67
473-7	Konsoolsete rõdude terasest piirded	37,90	45,48	45,48	128,86	m	83,11	10 709,71	24 820,92	+14 111,21
48	Katuseetarindid							259 037,63	258 841,56	-196,07
485	Elemendid									
485-1	Katuse parapetiplekid	853,16	1 096,20	723,47	2 672,83	m	3,78	10 097,37	2 828,20	-7 269,17
485-2	Katuse turvatooted, lumetõkked, ohutusliinid, käiguteed, vihmaveesüsteem	853,16	1 096,20	723,47	2 672,83	m ²	17,06	45 599,73	36 541,46	-9 058,27
485-3	<i>Katuse tuletõkkeliint tuulutusvahedesse</i>	25,00	40,20	19,50	84,70	m	170,00	14 399,02	12 920,60	-1 478,42
486	Puittarindid									
	<u>Katusekonstruktsioon:</u>									
486-1	SBS katusekate, kahekihiline	1 116,19	1 446,38	960,56	3 523,14	m ²	14,03	49 432,07	45 933,87	-3 498,20
486-2	OSB 18 mm puitplaat, faasiga	1 004,57	1 301,75	864,51	3 170,83	m ²	7,71	24 436,53	17 587,98	-6 848,55
486-3	Horizontaalne roovitus 28*70 mm hõõvelmaterjalist, samm 400 mm	3 013,72	3 905,24	2 593,52	9 512,48	m	0,76	7 187,22	6 236,06	-951,16
486-4	45*70 mm C24, tugevussorteeritud hõõvelpuit	3 013,72	3 905,24	2 593,52	9 512,48	m	1,22	11 571,42	5 922,21	-5 649,21
486-5	Hingav katuse aluskate	1 069,68	1 386,12	920,54	3 376,34	m ²	1,62	5 484,69	7 438,41	+1 953,72
486-6	OSB 9 mm puitlaastplaat	1 004,57	1 301,75	864,51	3 170,83	m ²	5,29	16 770,17	59 510,86	+42 740,69
486-7	45*245 mm C24, tugevussorteeritud hõõvelpuit	4 018,29	5 206,98	3 458,03	12 683,30	m	4,19	53 089,57	41 382,15	-11 707,42
488	Katusekatted									
488-1	Katuse lisamaterjalid, tuulutuskorstnad jmt	853,16	1 096,20	723,47	2 672,83	m ²	4,53	12 116,85	11 515,44	-601,41
488-2	Murukatus koos drenmatiga	200,00			200,00	m ²	44,26	8 852,99	11 024,33	+2 171,34
5	RUUMITARINDID JA PINNAKATTE							1 565 175,77	1 414 356,64	-150 819,13
51	Vaheseinad							66 860,46	80 801,99	+13 941,53
516	Puit- ja kipsplaatvaheseinad									
	<u>Korterisisene sisesein, duširuum:</u>									
516-1	Kipsplaat 13 mm - niiskuskindlam plaat	4 007,86	5 992,78	4 114,06	14 114,69	m ²	1,03	14 503,65	27 778,10	+13 274,44
516-2	45*70 mm C24, tugevussorteeritud hõõvelpuit	6 936,68	10 372,11	7 120,48	24 429,28	m	1,22	29 716,90	15 208,99	-14 507,91
516-3	Isolatsioon, kivivill 70mm	134,88	201,68	138,45	475,01	m ³	17,13	8 136,26	12 562,09	+4 425,83
516-4	Kipsplaat 13 mm - standardplaat	4 007,86	5 992,78	4 114,06	14 114,69	m ²	1,03	14 503,65	25 252,81	+10 749,16
52	Siseuksed							149 392,59	124 415,34	-24 977,25
525	Puituksed							0,00	0,00	+0,00
525-1	Siseuks, kergkonstruktsioonil sileuks	10,00	12,00	12,00	34,00	kmpl	86,89	2 954,23	3 337,39	+383,16
525-2	Duširuumi siseuks, valge, kergkonstruktsioonil	112,00	175,00	111,00	398,00	kmpl	94,44	37 588,94	39 067,09	+1 478,14
525-3	Käepidemed, lukud, luku katteplaadid, pöördnupud WC's	122,00	187,00	127,00	436,00	kmpl	42,16	18 381,79	6 556,44	-11 825,35
525-4	Šahti teenindusluugid, erivärv	142,00	223,00	147,00	512,00	kmpl	125,95	64 487,06	51 502,13	-12 984,93
525-5	Korteritüübi "1.5ROK" seinasisene lükanduks koos konstruktsiooni tugevdustega	20,00	36,00	10,00	66,00	kmpl	393,65	25 980,57	23 952,29	-2 028,28
53	Siseseinte pinnakatted							610 600,04	479 461,59	-131 138,45

Lisa 1. Tabeli 1 järg 6

No	Kulu kirjeldus	HOONE A	HOONE B	HOONE C	Maht kokku	Ühik	Ühikhind	Eelarvestatud maksumus, [EUR]	Tegelik maksumus, [EUR]	Ülekulu (+) Alakulu (-) [EUR]
531	Värvkatted									
531-1	Korterisesteste seinte värvi, ühte tooni	12 222,30	18 606,92	12 728,69	43 557,91	m2	4,53	197 462,83	69 743,04	-127 719,78
531-2	Koridoride seinte värv, kaks toonni kuni kõrguseni 0,8 m tume, edasi hele	1 410,00	2 180,00	1 430,00	5 020,00	m2	7,56	37 928,94	4 058,10	-33 870,85
535	Plaatkatted									
535-1	Keraamiliste plaatide paigaldus, sein, alltöövõtu kulu	2 046,00	3 186,00	2 077,50	7 309,50	m2	17,73	129 591,12	151 758,71	+22 167,59
535-2	Keraamilised seinaplaadid, materjal	2 291,52	3 568,32	2 326,80	8 186,64	m2	4,53	37 112,82	30 407,38	-6 705,44
536	Puitvoorderus									
536-1	Liist: Moodulite ühenduste seinaliistud	147,40	672,54	471,70	1 291,64	jm	6,04	7 807,27	13 885,79	+6 078,52
536-2	Liist: Puidust sisenuurga ja välisnurga liistud, värvitud	2 376,40	3 655,60	2 454,40	8 486,40	jm	0,83	7 053,15	2 588,70	-4 464,45
537	Sooja-, heli- ja hüdroisolatsioon									
537-1	Hüdroisolatsiooni töö alltöövõtus	2 055,27	3 198,97	2 097,83	7 352,07	m2	13,04	95 905,39	109 552,01	+13 646,62
537-2	Hüdroisolatsiooni materjal, seinad	2 363,56	3 678,81	2 412,51	8 454,88	m2	11,56	97 738,51	97 467,86	-270,66
54	Lagede pinnakatted							222 684,14	233 904,08	+11 219,94
543	Lagede metall- ja plekk-katted, ripplaed									
543-1	Duširuumide ripplaed	352,80	551,25	333,90	1 237,95	m2	12,86	15 919,51	26 963,93	+11 044,43
543-2	Üldkoridoride ripplaed	400,00	615,00	400,00	1 415,00	m2	12,86	18 196,30	30 820,28	+12 623,98
546	Puidust laed, kipsplaatlaed									
546-1	Laeplaat, puitkiud, eelviimistletud	3 857,74	5 881,31	4 037,35	13 776,40	m2	12,86	177 158,62	164 713,80	-12 444,82
546-2	Laeliist, puit, tehaseviimistlus valge	3 869,16	5 972,23	3 886,85	13 728,24	jm	0,83	11 409,71	11 406,06	-3,65
56	Põrandad ja pinnakatted							515 638,54	495 773,64	-19 864,90
562	Põrandatasandus									
562-1	Kalletega betoonpõranda valamine duširuumides	849,46	1 317,99	878,64	3 046,09	m2	41,56	126 582,14	50 250,36	-76 331,78
564	Põranda katteplaadid, restid, vuugid jm									
564-1	Plaatvaip üldkoridoridesse	400,00	615,00	400,00	1 415,00	m2	17,85	25 263,13	19 332,43	-5 930,70
565	Plaatpõrandad									
565-1	Keraamiline plaat, põrand, duširuum, paigaldus alltöövõtus	371,96	577,49	390,54	1 339,99	m2	15,71	21 048,59	26 356,42	+5 307,83
565-2	Keraamiline plaat, põrand, esik, paigaldus alltöövõtus	477,50	740,50	488,10	1 706,10	m2	15,71	26 799,46	33 557,48	+6 758,02
565-3	Keraamilised põrandaplaadid, materjal	951,40	1 476,15	984,08	3 411,62	m2	14,72	50 213,07	41 140,06	-9 073,01
566	Puitpõrandad									
566-1	Puitparkett, kolmelipiline, tamm	3 221,91	4 928,77	3 350,47	11 501,14	m2	17,85	205 333,50	226 000,30	+20 666,80
566-2	Puitparketi kinnikamine papiga	3 221,91	4 928,77	3 350,47	11 501,14	m2	0,41	4 692,46	10 038,74	+5 346,28
566-3	Põrandate ühenduslävapakud ukseavades, õlitatud, moodulitevahelised	643,94	191,40	133,34	968,68	jm	9,09	8 803,22	20 222,29	+11 419,07
566-4	Põrandate ühendusliistud Kährs							0,00	3 353,92	+3 353,92
566-5	Põranda puitliistud, värvitud, valged	2 904,22	4 434,65	2 898,39	10 237,26	m	0,94	9 668,54	11 822,93	+2 154,40
566-6	Põranda puitliistud, erivärv, üldkoridorid	616,00	959,00	629,00	2 204,00	m	0,60	1 332,20	2 545,38	+1 213,19
537	Sooja-, heli- ja hüdroisolatsioon									
537-1	Hüdroisolatsiooni töö alltöövõtus	362,69	564,52	370,21	1 297,42	m2	11,90	15 439,36	19 332,71	+3 893,35
537-2	Hüdroisolatsiooni materjal, põrandad	417,10	649,20	425,74	1 492,04	m2	11,56	17 247,97	17 200,21	-47,76
568	Rullmaterjalist põrandakatted, vaibad									
568-1	LVT põrandakate LSS üldaladel			185,00	185,00	kmpl	17,38	3 214,89	5 851,79	+2 636,89
568-2	PVC põrandakate, tehno ruumid ja köögialused							0,00	8 768,62	+8 768,62

Lisa 1. Tabeli 1 järg 7

No	Kulu kirjeldus	HOONE A	HOONE B	HOONE C	Maht kokku	Ühik	Ühikhind	Eelarvestatud maksumus, [EUR]	Tegelik maksumus, [EUR]	Ülekulu (+) Alakulu (-) [EUR]
6	SISUSTUS, INVENTAR ja SEADMED							2 069 352,61	1 958 303,36	-111 049,25
61	Sisustus ja mööbel							1 091 416,03	999 196,25	-92 219,78
	Köögimööbel:									
61-1	Köögimööbli komplekt korteritüübile: 1ROK	82,00	127,00	73,00	282,00	kmpl	1 615,01	455 432,01	405 648,35	-49 783,66
61-2	Köögimööbli komplekt korteritüübile: 1.5ROK	20,00	36,00	10,00	66,00	kmpl	1 352,98	89 296,87	79 535,75	-9 761,12
61-3	Köögimööbli komplekt korteritüübile: 2ROK	10,00	12,00	16,00	38,00	kmpl	1 553,27	59 024,39	52 572,38	-6 452,01
61-4	Köögimööbli komplekt korteritüübile: LSS			6,00	6,00	kmpl	1 492,78	8 956,66	7 977,60	-979,06
61-5	Köögimööbli komplekt korteritüübile: LSS üldala			1,00	1,00	kmpl	2 051,08	2 051,08	1 826,87	-224,21
61-6	Valamu jäätmepurustaja paigaldamiseks tarvilikud mööblimuudatused	82,00	127,00	79,00	288,00	kmpl	104,27	30 028,84	26 746,36	-3 282,48
61-7	Köögi kivitasapinnad (Laminaattasapinnad hinnast maha võetud)	112,00	175,00	106,00	393,00	kmpl	447,29	175 784,79	169 793,98	-5 990,81
61-8	Köögivalamu	112,00	175,00	106,00	393,00	kmpl	115,86	45 531,23	47 246,57	+1 715,34
61-9	Köögimööbli ja garderoobikappide paigaldus, sh köögitehnika paigaldus	112	175	106	393	kmpl	324,36	127 473,66	112 834,83	-14 638,83
61-10	Köögimööbli alune lekettuvastussüsteem	112,00	175,00	106,00	393,00	kmpl	46,77	18 380,20	18 224,78	-155,42
61-11	Köögimööbli lapselukud	112,00	175,00	106,00	393,00	kmpl	0,00	0,00	1 867,21	+1 867,21
61-12	Köögimööbli torude läbiviigid	112,00	175,00	106,00	393,00	kmpl	0,00	0,00	4 719,01	+4 719,01
	Garderoobikapid:									
61-13	Garderoobikapid (600x600x2100 mm, valged, tavakapid)	106,00	148,00	104,00	358,00	kmpl	83,11	29 753,82	35 888,94	+6 135,12
61-14	Eraldiseisvad lükandustega garderoobikapid korteritüüpides "1.5ROK" ja "2ROK", eritelimus	36,00	20,00	10,00	66,00	kmpl	745,48	49 201,85	33 975,12	-15 226,73
61-15	Metallist riietuskapid LSS alasse			1,00	1,00	kmpl	500,63	500,63	338,49	-162,14
63	Seadmed ja masinad							683 840,01	689 420,23	+5 580,22
	Köögivalamu jäätmepurustaja:									
63-1	Köögivalamu jäätmepurustaja Franke Turbo Elite Waste Disposal Unit TE-50	112,00	175,00	106,00	393,00	kmpl	136,76	53 745,01	28 945,10	-24 799,91
	Korterite köögitehnika:									
63-2	Kompaktahi	112,00	175,00	105,00	392,00	tk	335,24	131 414,27	137 109,23	+5 694,96
63-3	Ahju lapselukud	112,00	175,00	105,00	392,00	tk		0,00	3 074,36	+3 074,36
63-4	Jahekapp koos sügavkülma osaga	112,00	175,00	105,00	392,00	tk	207,31	81 265,38	84 787,09	+3 521,71
63-5	Integreeritud nõudepesumasin 45/60	112,00	175,00	105,00	392,00	tk	181,88	71 296,02	74 385,70	+3 089,68
63-6	Pliidiplaat 2 keedualaga induktsioon	112,00	119,00	82,00	313,00	tk	129,47	40 524,79	42 280,97	+1 756,18
63-7	Pliidiplaat 4 keedualaga induktsioon		56,00	23,00	79,00	tk	194,21	15 342,45	16 007,33	+664,88
63-8	Integreeritav õhupuhasti	112,00	175,00	105,00	392,00	tk	228,12	89 422,12	93 297,32	+3 875,19
63-9	Köögikubu tsirkulatsiooni komplekt	112,00	175,00	105,00	392,00	tk	160,20	62 797,08	65 518,45	+2 721,37
63-10	Integreeritud pesumasin-kuivati	112,00	175,00	105,00	392,00	tk	346,80	135 945,80	141 837,14	+5 891,34
	Ühisköögi köögitehnika:									
63-11	Kompaktahi			1,00	1,00	tk	328,67	328,67	342,91	+14,24
63-12	Jahekapp 600*2000 mm			1,00	1,00	tk	290,89	290,89	303,50	+12,61
63-13	Sügavkülmik 600*2000 mm			1,00	1,00	tk	347,56	347,56	362,62	+15,06
63-14	Nõudepesumasin, integreeritav, 60 cm			1,00	1,00	tk	201,73	201,73	210,48	+8,74
63-15	Pliidiplaat 4 keedualaga induktsioon			1,00	1,00	tk	190,40	190,40	198,65	+8,25
63-16	Integreeritav õhupuhasti			1,00	1,00	tk	223,64	223,64	233,34	+9,69
63-17	Köögikubu tsirkulatsiooni komplekt			1,00	1,00	tk	157,40	157,40	164,22	+6,82
63-18	Integreeritud pesumasin-kuivati			1,00	1,00	tk	346,80	346,80	361,83	+15,03

Lisa 1. Tabeli 1 järg 8

No	Kulu kirjeldus	HOONE A	HOONE B	HOONE C	Maht kokku	Ühik	Ühikhind	Eelarvestatud maksumus, [EUR]	Tegelik maksumus, [EUR]	Ülekulu (+) Alakulu (-) [EUR]
66	Töste- ja teisaldusmasinad							294 096,57	269 686,88	-24 409,70
661	Liftid									
661-1	Lift KONE Monospace, standardvarustus, 7 peatust, 2-suunaline väljumine alumisel korrusel, Hoone 4	2,00			2,00	kmpl	47 342,86	94 685,72	87 006,88	-7 678,84
661-2	Lift KONE Monospace, standardvarustus, 8 peatust, 2-suunaline väljumine alumisel korrusel, Hooned 1 ja 3.		2,00	2,00	4,00	kmpl	49 852,71	199 410,85	182 680,00	-16 730,85
7	TEHNOSÜSTEEMID							1 993 780,31	2 058 957,49	+65 177,18
71	Küte, veevarustus ja kanalisatsioon							662 607,95	929 876,15	+267 268,20
711	Veevarustus ja kanalisatsioon									
711-1	Kütte-vee-kanalisatsioonisüsteemide materjalikulu	112,00	175,00	106,00	393,00	krt	725,44	285 097,98	539 840,16	+254 742,18
711-2	Radiaatorid, Purmo, VKO	112,00	175,00	106,00	393,00	krt	83,11	32 662,71	37 057,03	+4 394,32
713	Sanitaartehnika seadmed									
713-1	Dušikomplekt, sh segisti, dušilift	112,00	175,00	106,00	393,00	kmpl	102,76	40 382,99	35 890,87	-4 492,12
713-2	Duši klaasist pendelseinad	112,00	175,00	106,00	393,00	kmpl	209,29	82 250,65	79 870,60	-2 380,05
713-3	Duširuumi valamu segisti	112,00	175,00	106,00	393,00	kmpl	37,02	14 549,75	13 861,14	-688,61
713-4	Duširuumi valamu 56x44 cm valge	112,00	175,00	106,00	393,00	kmpl	75,56	29 693,38	30 466,20	+772,83
713-5	Duširuumi valamu kapp, 56 cm valge/valge	112,00	175,00	106,00	393,00	kmpl	82,36	32 365,78	29 120,24	-3 245,54
713-6	Valgustusega peegel, laius 500 mm, valge	112,00	175,00	106,00	393,00	kmpl	48,61	19 104,72	31 884,95	+12 780,23
713-7	WC pott	112,00	175,00	106,00	393,00	kmpl	82,57	32 448,92	37 995,60	+5 546,68
713-8	Köögivalamu segisti	112,00	175,00	106,00	393,00	kmpl	66,42	26 103,45	24 793,08	-1 310,37
713-9	Duširuumi töötasapind pesumasina kohale	30,00	48,00	27,00	105,00	kmpl	136,00	14 280,02	11 285,18	-2 994,84
713-10	Käterätikuivati, kroom, kuuma vee toimel	175,00	112,00	99,00	386,00	kmpl	134,37	51 866,12	55 237,24	+3 371,11
713-11	Koristajaruumi roostevaba valamu koos segistiga			1,00	1,00	kmpl	1 209,12	1 209,12	1 286,92	+77,81
713-12	Pesuruumi valamukapp koos valamu ja segistiga			1,00	1,00	kmpl	592,36	592,36	1 286,92	+694,57
72	Ventilatsioon ja jahutus							708 110,00	615 471,59	-92 638,41
724	Ventilatsiooniseadmed									
724-1	Ventilatsiooniagregaadid, koos paigalduse ja ventilatsiooniruumi torustiku väljaehitamise, alltöövõtt	112,00	175,00	106,00	393,00	krt	517,74	203 470,89	193 439,88	-10 031,01
724-2	Ventilatsioonisüsteemi seadistamine ja kontrollmöödistamine	112,00	175,00	106,00	393,00	krt	36,91	14 505,21	0,00	-14 505,21
724-3	Ventilatsioonisüsteemi nõrkvoolutööd ja tuleklappide programmeerimine	112,00	175,00	106,00	393,00	krt	86,53	34 005,04	8 469,03	-25 536,00
725	Ventilatsioonitorustikud									
725-1	Ventilatsioonisüsteemi materjalid ja töö moodulites, šahtides, magistraaltrass	112,00	175,00	106,00	393,00	krt	1 160,63	456 128,86	413 562,68	-42 566,18
									0,00	+0,00
73	Tuletõrjervee varustus							33 304,41	27 612,69	-5 691,72
731	Sprinkleri torustikud ja armatuur									
731-1	Sprinklersüsteem LSS alal, materjal			575,00	575,00	m2	10,18	5 856,32	4 748,79	-1 107,53
732	Sprinklerseadmed									
732-1	Sprinklerikeskus LSS alal			1,00	1,00	obj	10 527,40	10 527,40	13 806,29	+3 278,89

Lisa 1. Tabeli 1 järg 9

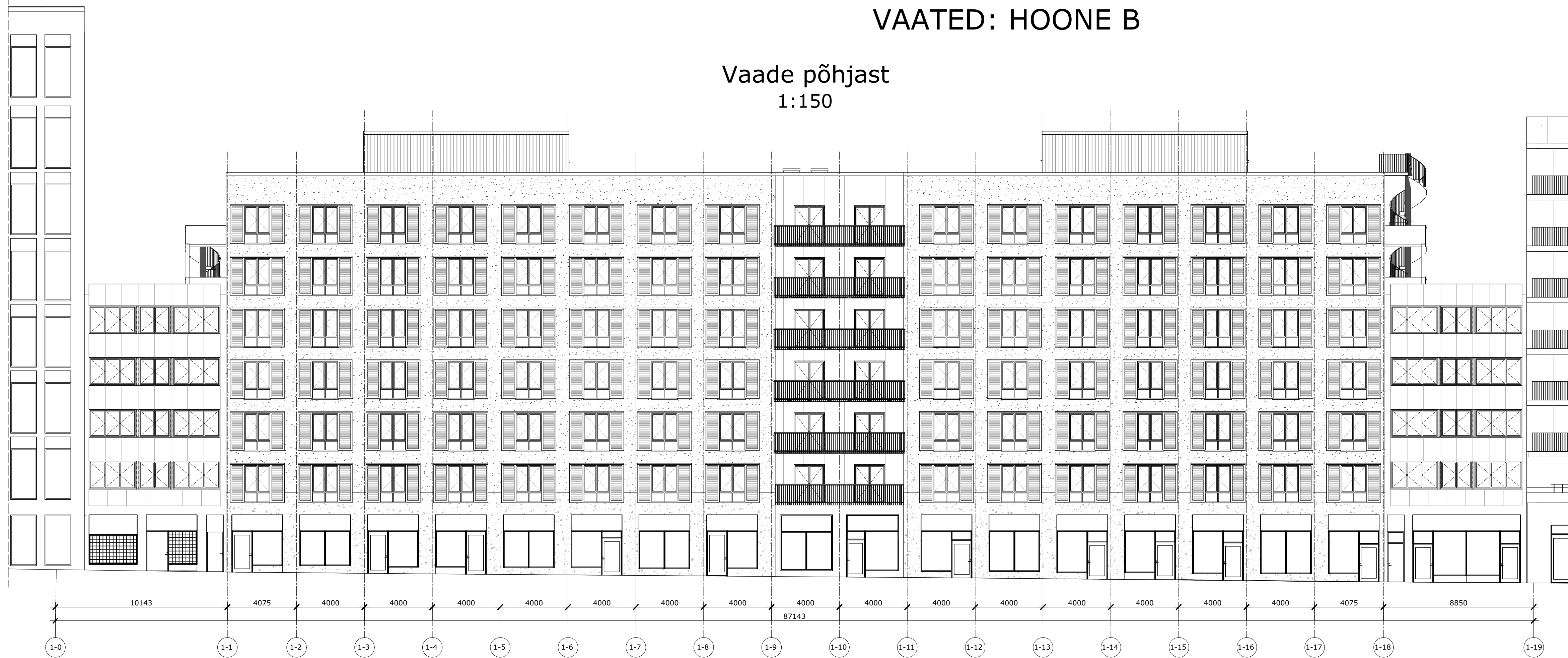
No	Kulu kirjeldus	HOONE A	HOONE B	HOONE C	Maht kokku	Ühik	Ühikhind	Eelarvestatud maksumus, [EUR]	Tegelik maksumus, [EUR]	Ülekulu (+) Alakulu (-) [EUR]
734	Tulekustutusseadmed									
734-1	Optiline suitsuandur, 10 a patarei eluiga	296,00	461,00	303,00	1 060,00	tk	13,60	14 416,02	7 208,01	-7 208,01
734-2	Käsi tulekustutid, 6 kg, 3 tk korrusele, sh seinakinnitus	15,00	18,00	18,00	51,00	tk	49,11	2 504,67	1 849,60	-655,07
74	Tugevoolu paigaldis							589 757,96	485 997,07	-103 760,89
741	Elektri peajaotussüsteemid									
741-1	Elektripaigaldise materjalid	112,00	175,00	106,00	393,00	krt	1 500,66	589 757,96	485 997,07	-103 760,89
8	EHITUSPLATSI KORRALDUSKULUD							1 808 629,40	1 938 876,95	+130 247,55
81	Ajutised ehitised ehituplatsil							208 640,88	272 915,37	+64 274,49
818	Tellingud, töölavad ja tõstukid									
818-1	Tellingud koos paigalduse, mahavõtmise ja ehitusaegse liftiga	3 125,96	4 753,80	2 927,52	10 807,28	m2	18,89	204 137,74	272 915,37	+68 777,63
818-2	Akende ja uste ajutine kinnikatmine fassaadi krohvitoodeks	345,56	511,00	335,45	1 192,00	m2	3,78	4 503,13	0,00	-4 503,13
82	Ajutised tehnosüsteemid							5 890,47	5 890,47	+0,00
822	Elektripaigaldis									
822-1	Ajutiste elektrikilpide paigaldus korrustele	5,00	6,00	6,00	17,00	tk	134,04	2 278,61	2 278,61	+0,00
823	Valgustus									
823-1	Ajutine valgustus korrustele	5,00	6,00	6,00	17,00	tk	212,46	3 611,86	3 611,86	+0,00
									0,00	+0,00
83	Masinad ja seadmed							100 753,48	192 805,21	+92 051,73
83-1	Mobiilkraanad ja muud tõsteseadmed	3,00	4,50	3,00	10,50	kuu	9 595,57	100 753,48	192 805,21	+92 051,73
84	Tööriistad ja instrumendid							125 875,74	125 875,74	+0,00
84-1	Tööriistade ja instrumentide kulu	186,00	288,00	206,00	680,00	mdl	185,11	125 875,74	125 875,74	+0,00
85	Abimaterjalid							340 443,94	334 638,02	-5 805,92
861	Kinnitusvahendid, silikoonid, teibid jmt									
862	Kinnitusvahendid, kruvid, naelad, klambrid, poldid, seibid	186,00	288,00	206,00	680,00	mdl	259,16	176 226,03	166 437,80	-9 788,23
863	Tulesilikoon, tihendusvaht, liimid	186,00	288,00	206,00	680,00	mdl	108,61	73 857,93	90 803,35	+16 945,42
864	Moodulite transpordiaegne pakkekile ja teip	186,00	288,00	206,00	680,00	mdl	132,88	90 359,98	77 396,87	-12 963,11
87	Veod							1 027 024,90	1 006 752,14	-20 272,76
871	Materjalide vedu									
871-1	Transpordikulu moodulitele	186,00	288,00	206,00	680,00	mdl	949,24	645 480,50	657 243,23	+11 762,73
871-2	Transpordikulu materjaliveole: täiskooremtransport	15,00	20,00	15,00	50,00	tk	1 133,33	56 666,75	49 232,50	-7 434,25
873	Töötajate vedu ja majutus									
873-1	Tööliste majutuskulu objektil	3 939,08	4 788,00	3 939,08	12 666,15	ööd	22,67	287 099,81	259 937,86	-27 161,95
873-2	Tööliste transpordikulu	1,00	1,33	1,00	3,33	kmpl	11 333,35	37 777,83	40 338,54	+2 560,71

Lisa 1. Tabeli 1 järg 10

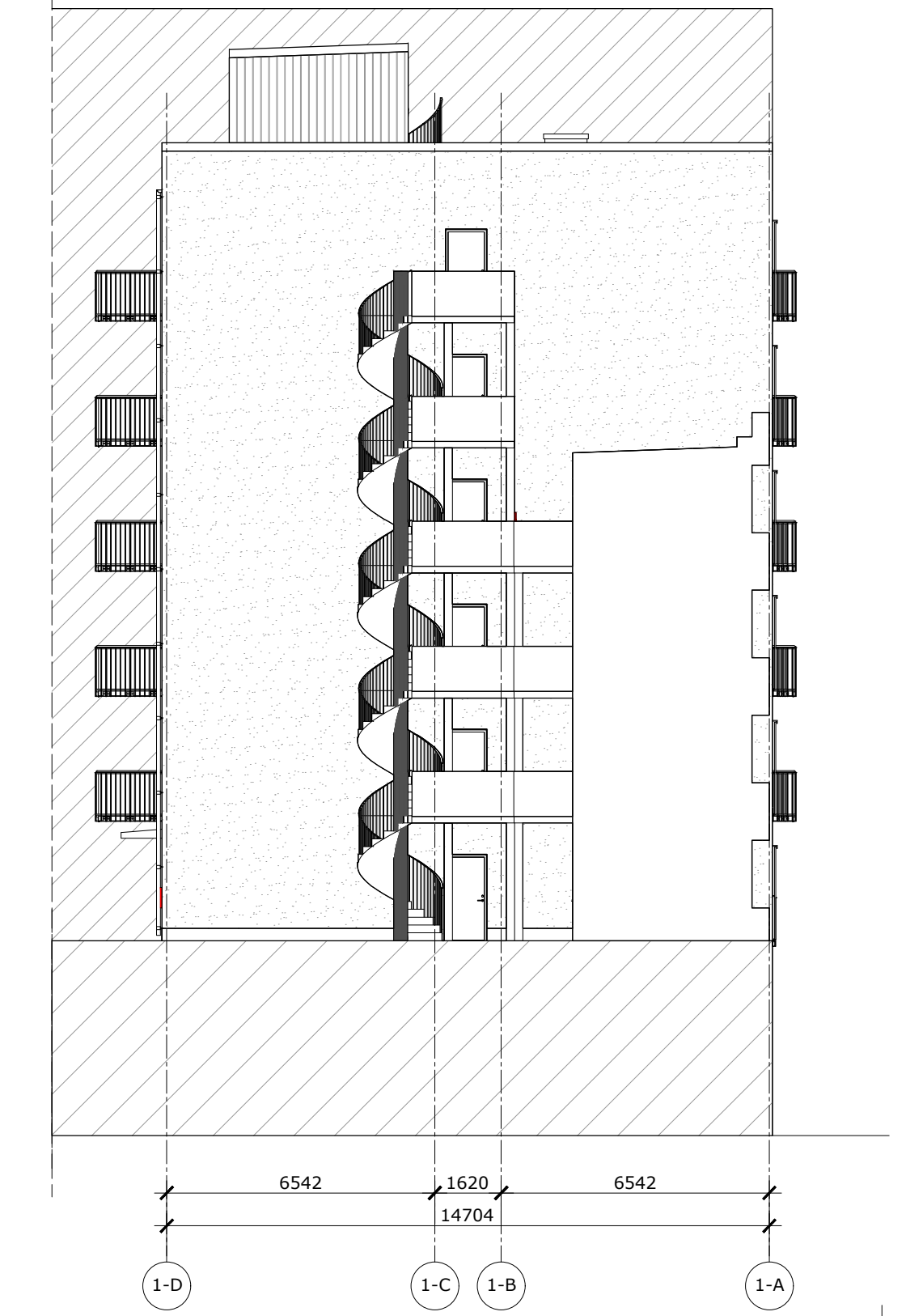
No	Kulu kirjeldus	HOONE A	HOONE B	HOONE C	Maht kokku	Ühik	Ühikhind	Eelarvestatud maksumus, [EUR]	Tegelik maksumus, [EUR]	Ülekulu (+) Alakulu (-) [EUR]
9	EHITUSPLATSI ÜLDKULUD							2 313 964,44	2 685 318,89	+371 354,46
91	Juhtimis- ja tööjõukulud ehitusplatsil							2 157 708,78	2 548 246,19	+390 537,40
911	Juhtimise ja üldehituse tööjõukulud ehitusplatsil	23 835,19	37 072,51	23 723,81	84 631,51	h	21,16	1 790 429,14	1 987 349,65	+196 920,51
911-1	Elektripaigaldise tööjõukulud objektil	112,00	175,00	106,00	393,00	krt	330,99	130 080,74	266 470,47	+136 389,73
911-2	Kütte-vee-kanalisatsioonisüsteemide töökuulu objektil	112,00	175,00	106,00	393,00	krt	567,59	223 062,58	240 229,99	+17 167,41
911-3	Katusekatte paigalduse tööjõukulud objektil alltöövõtus	853,16	1 096,20	723,47	2 672,83	m2	5,29	14 136,32	54 196,08	+40 059,76
92	Kulud abistavatele tegevustele							54 600,68	54 600,68	+0,00
925	Lõplik koristamine									
925-1	Lõppkoristus, sh aknad	4 192,02	6 416,40	4 341,00	14 949,42	m2	3,65	54 600,68	54 600,68	+0,00
96	Lepingu erikulud							101 654,98	82 472,03	-19 182,95
961	Ehitustööde kindlustus									
961-1	Kindlustus ja finantskulud	4 192,02	6 416,40	4 340,82	14 949,24	m2	6,80	101 654,98	82 472,03	-19 182,95
10	TOOTMISKULU							4 839 658,53	4 926 433,76	+86 775,23
101	Tootmiskulud							4 839 658,53	4 926 433,76	+86 775,23
1011-1	Juhtimis- ja admin kulud (Kontorikulud, personal, projektijuhtimine, ostud jm tugiteenused)	186,00	288,00	206,00	680,00	mdl	486,74	330 979,87	378 487,55	+47 507,68
1011-2	Elementide tootmiskulud, sh juhtimis ja korralduskulud	186,00	288,00	206,00	680,00	mdl	3 509,57	2 386 510,37	2 604 224,78	+217 714,41
1011-3	Moodulite tootmiskulud, sh juhtimis ja korralduskulud	186,00	288,00	206,00	680,00	mdl	2 136,59	1 452 883,96	1 353 268,42	-99 615,53
1011-4	Kütte-vee-kanalisatsioonisüsteemide töökuulu tootmises	112,00	175,00	106,00	393,00	krt	1 101,81	433 009,59	385 909,62	-47 099,97
1011-5	Elektripaigaldise tööjõukulud tootmises	112,00	175,00	106,00	393,00	krt	529,27	208 002,10	182 864,96	-25 137,14
1011-6	Katusekatete paigalduse tööjõukulud tootmises	853,16	1 096,20	723,47	2 672,83	m2	10,58	28 272,64	21 678,43	-6 594,21
	Ümardus									
	KÕIK KOKKU (0+1+2+3+4+5+6+7+8+9+10), EUR (0% km)							20 000 000,00	20 000 000,00	+0,00

VAATED: HOONE B

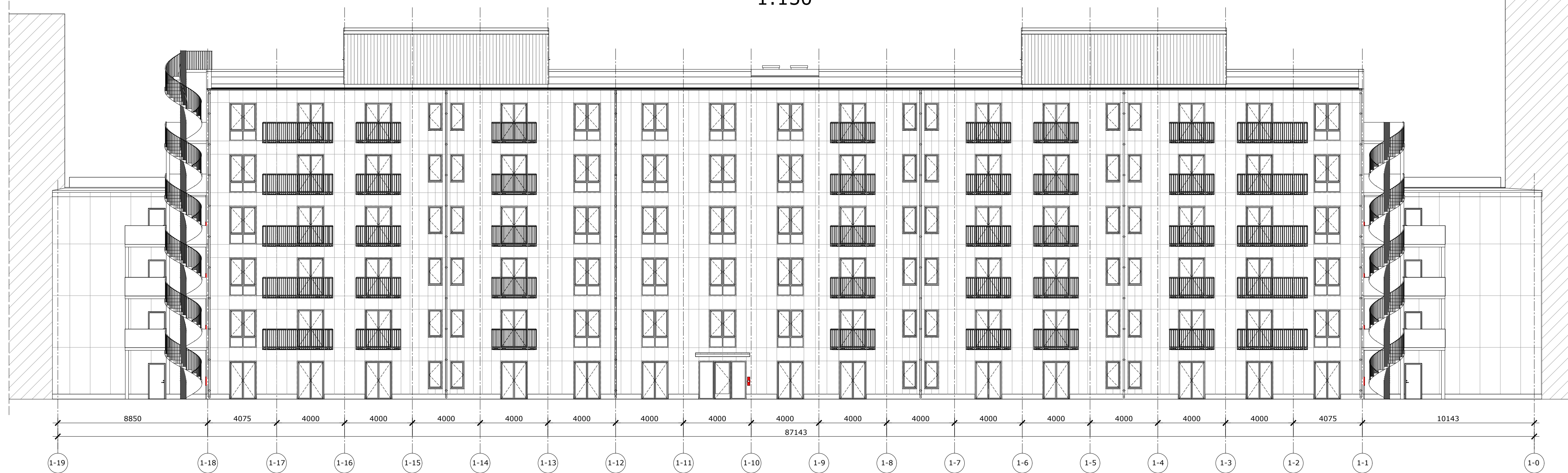
Vaade põhjast
1:150



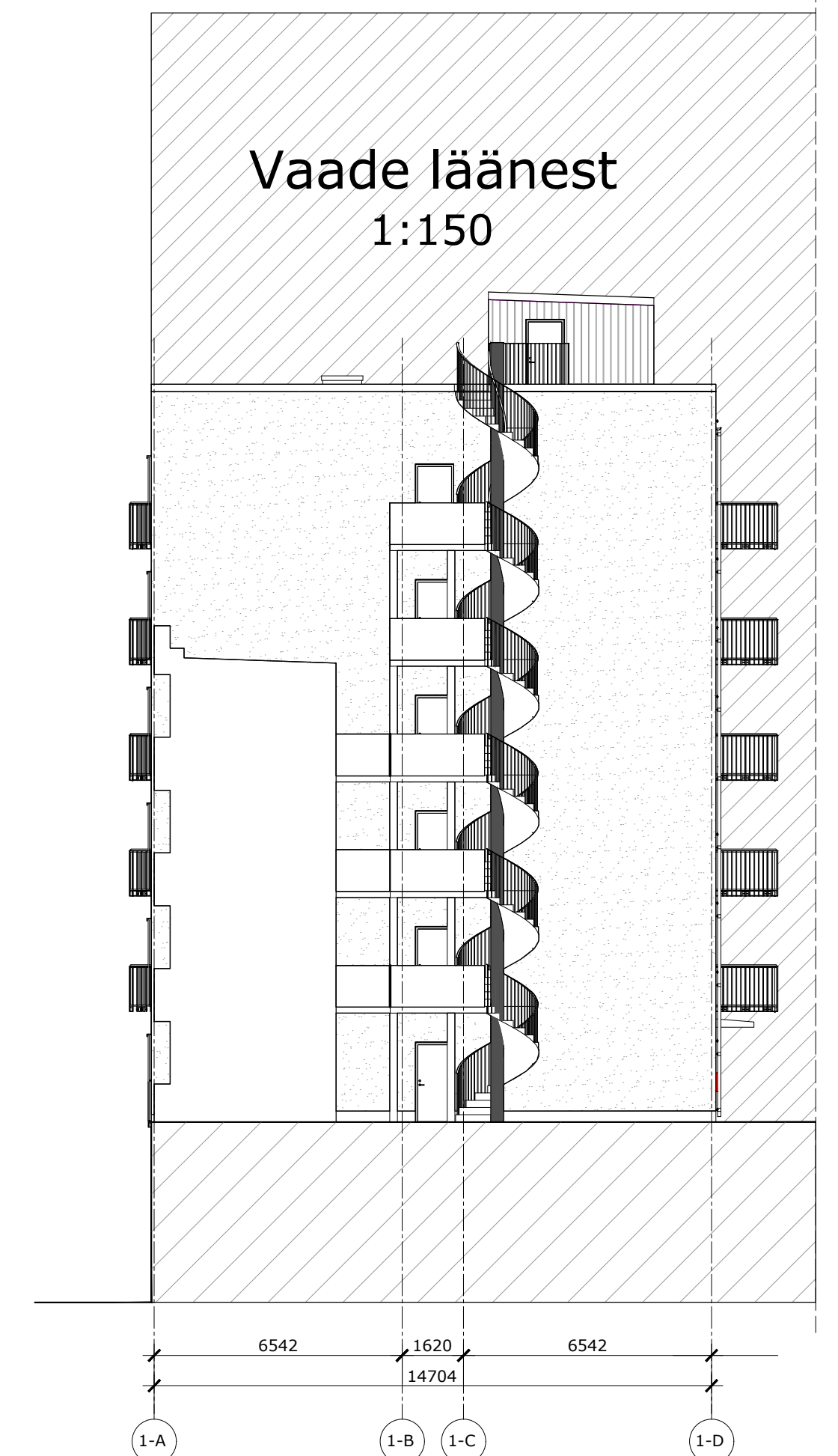
Vaade idast
1:150



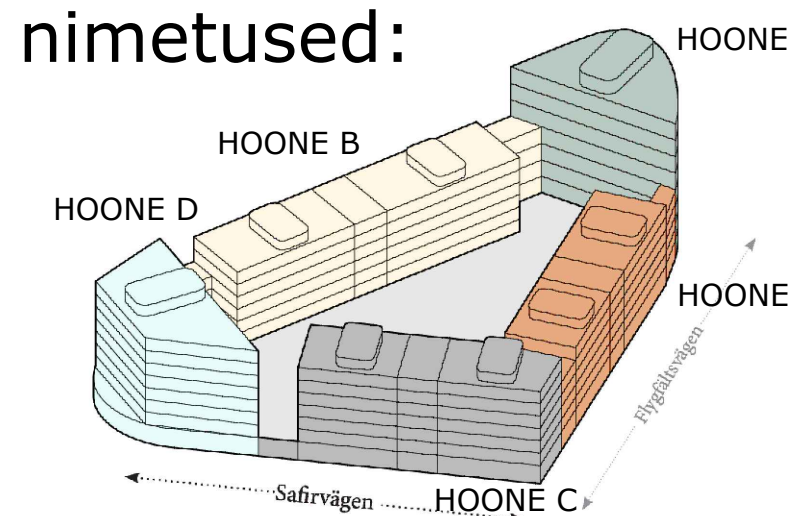
Vaade lõunast
1:150



Vaade läänest
1:150



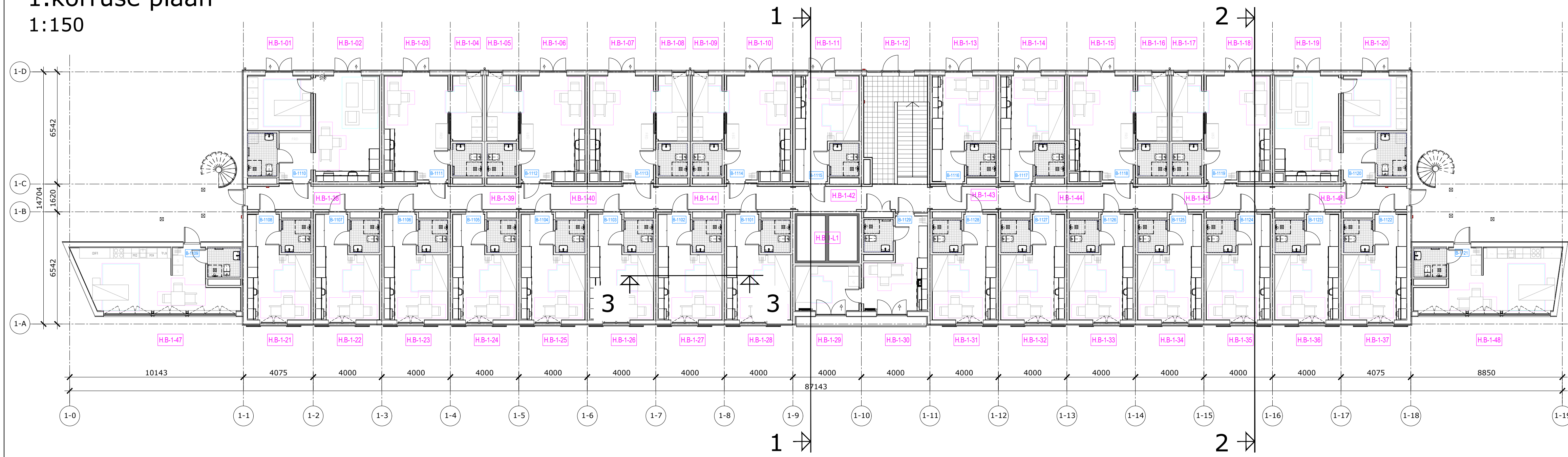
Hoonete nimetused:



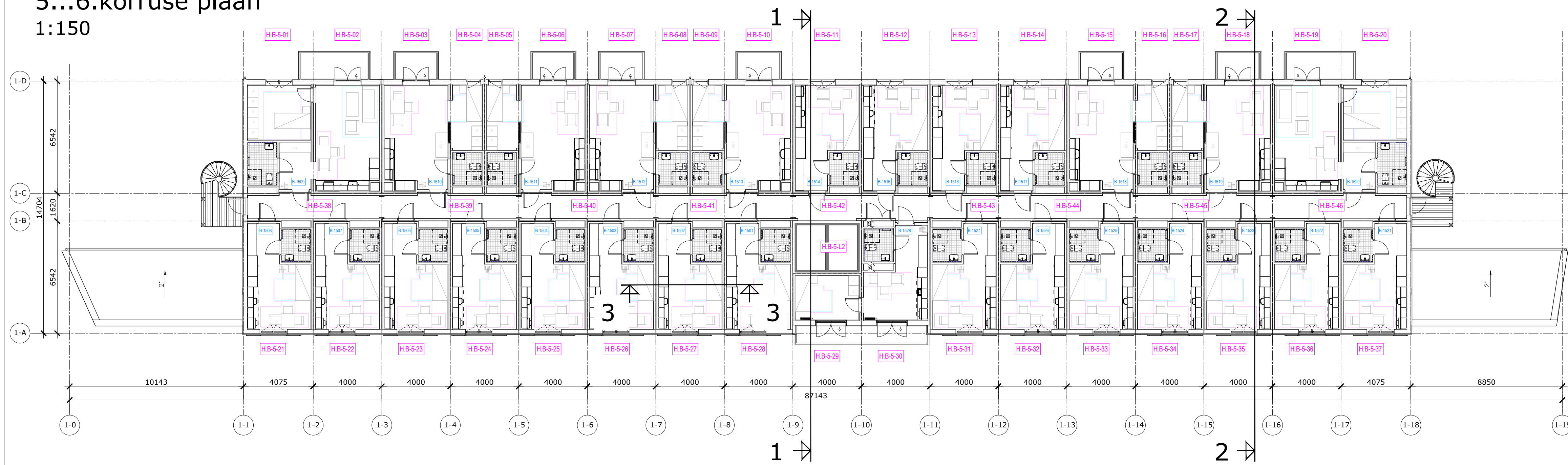
TAL TECH TTÜ INSENERITEADUSKOND		Magistritöö	Leht/Lehti: 1/8
Koostaja: Lauri Mäe	Allikri ja kaupäev: 06.05.2024	Hoone B Vaated	
Juhendaja: Irene Lill	Allikri ja kaupäev: 06.05.2024		
Ehituse ja arhitektuuri instituut		Elementide tootmise ja platsikorralduse analüüs puitmoodulitest korterhoonete ehituse näitel	

KORRUSE PLAANID JA LÕIKED: HOONE B

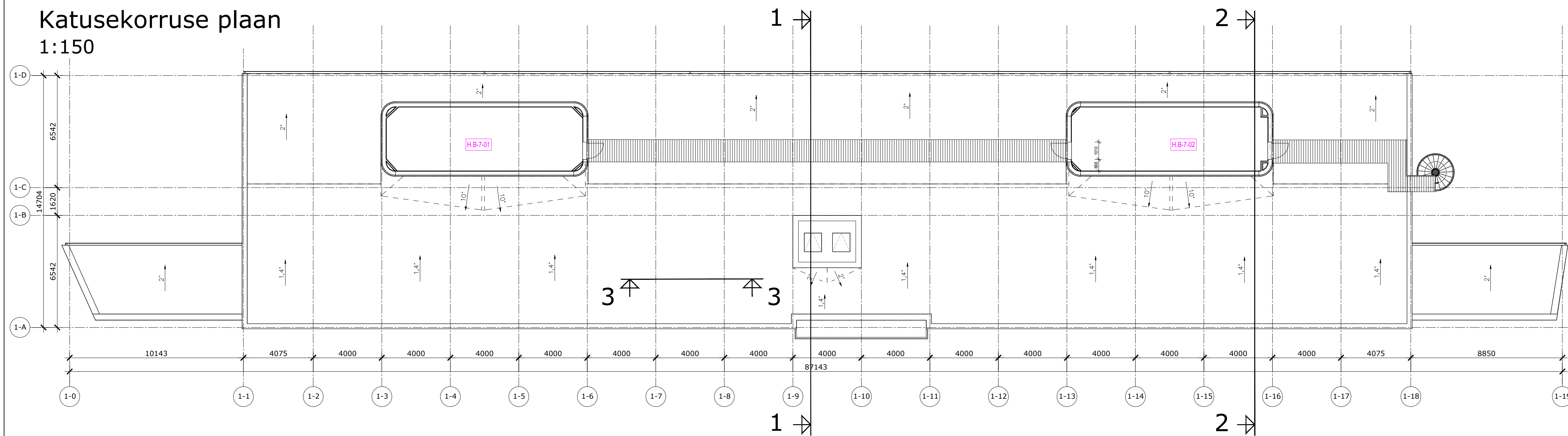
1.korruse plaan
1:150



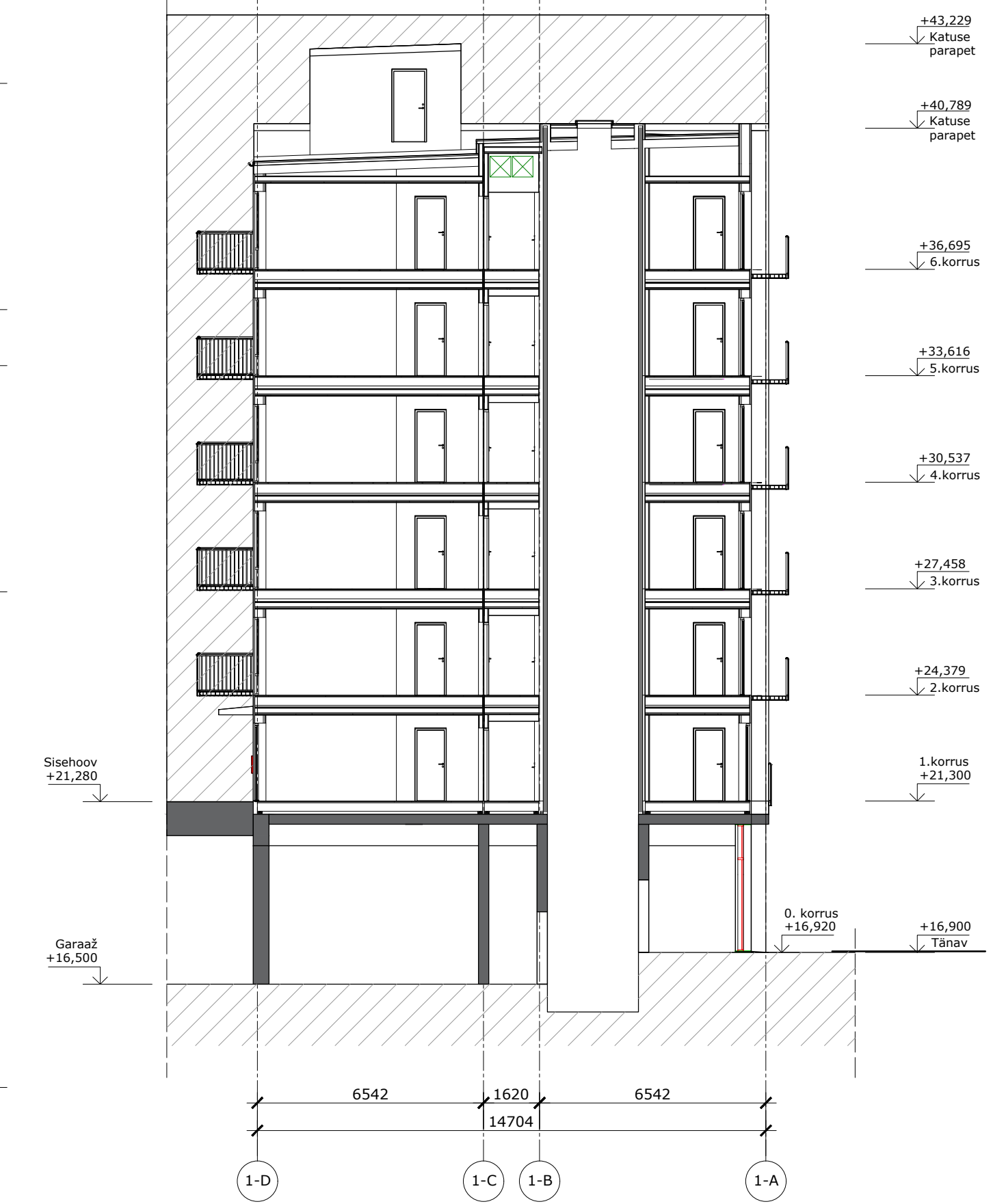
5...6.korruse plaan
1:150



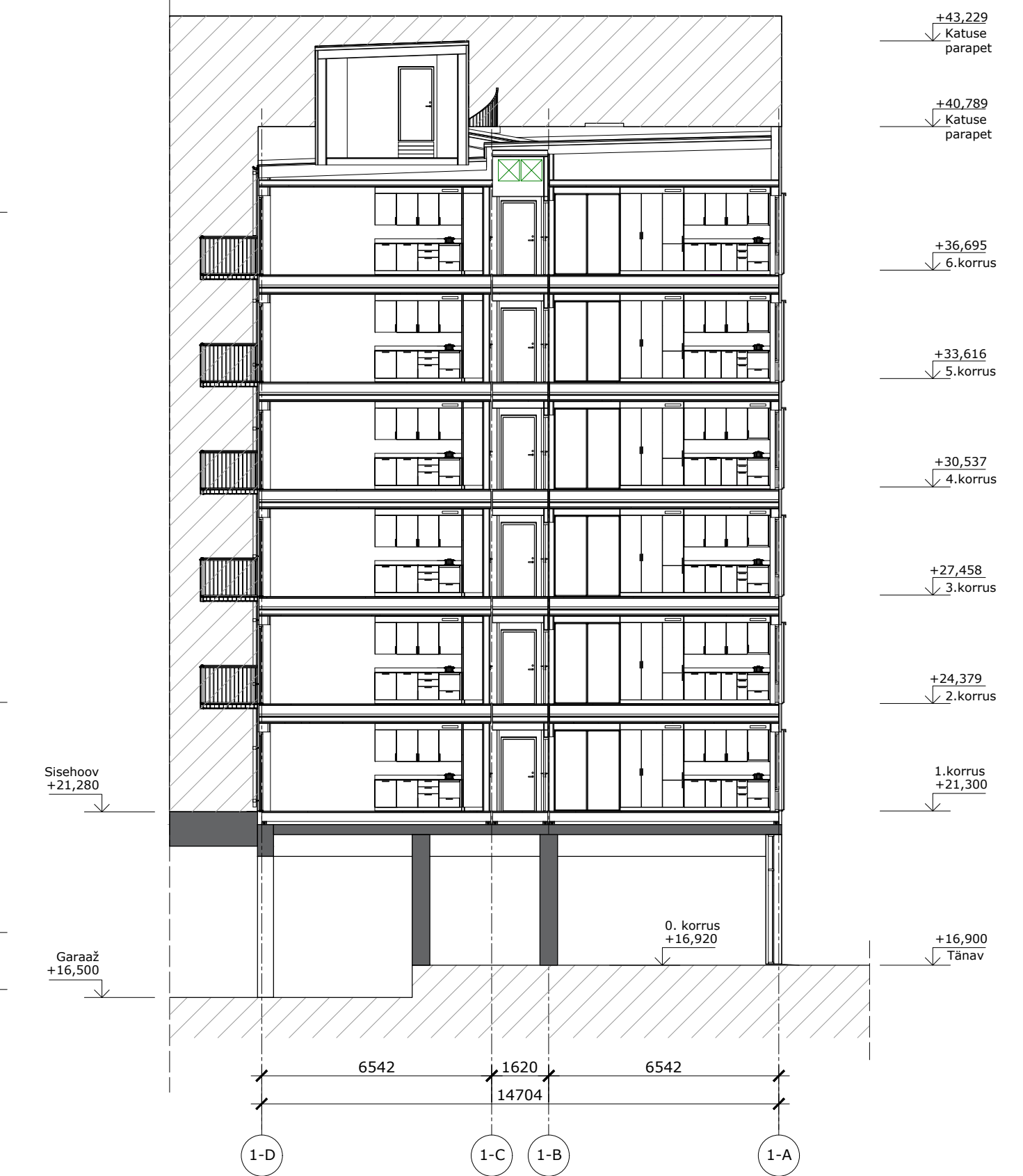
Katusekorruse plaan
1:150



Lõige 1-1
1:150



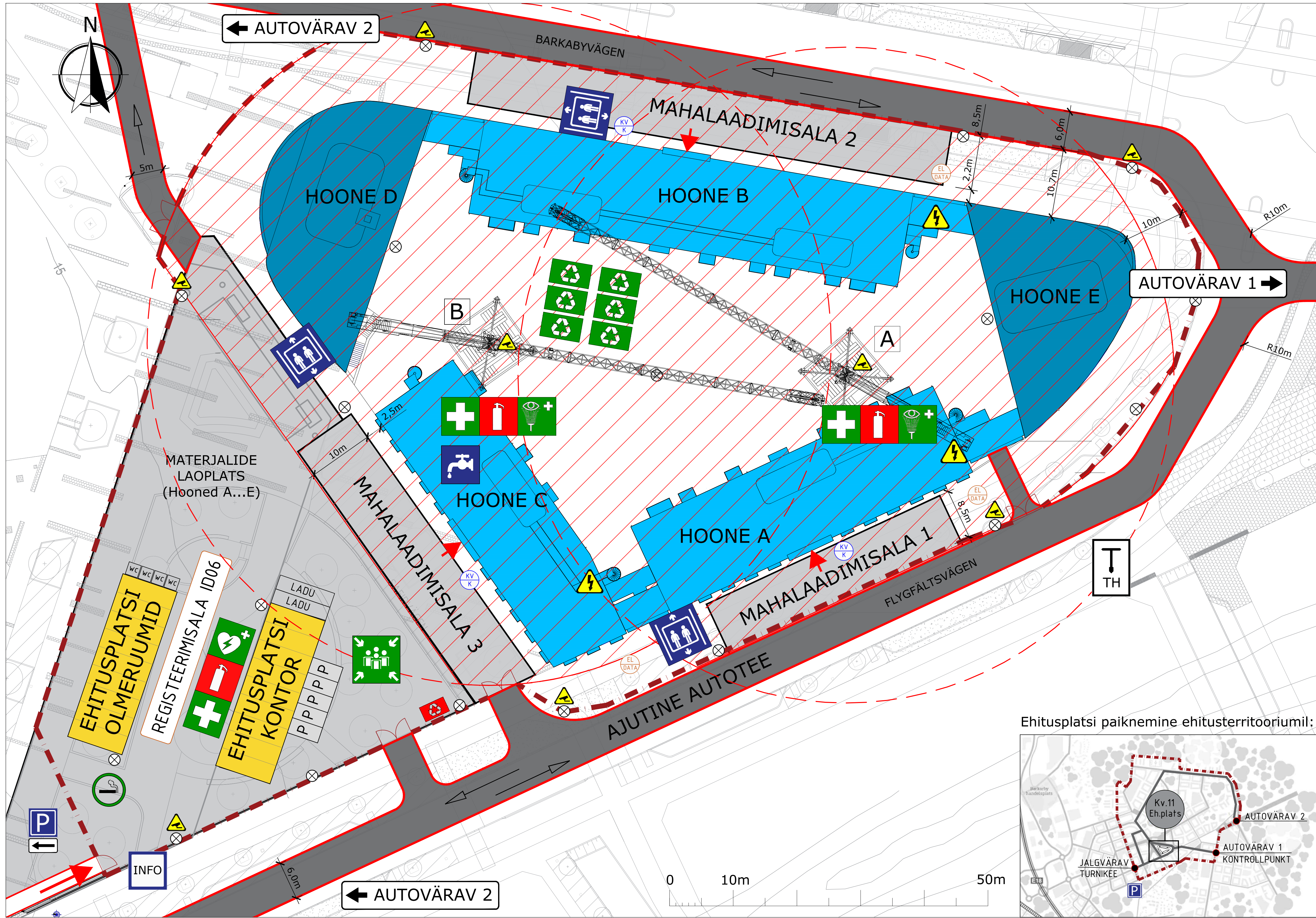
Lõige 2-2
1:150



TAL TECH TTÜ INSENERITEADUSKOND		Magistritöö	Leht/Lehti: 2/8
Koostaja: Lauri Mäe	Allikri ja kuupäev: 06.05.2024	Hoone B korruseplaanid ja lõiked	
Juhendaja: Irene Lill	Allikri ja kuupäev: 06.05.2024		
Ehituse ja arhitektuuri instituut		Elementide tootmise ja platsikorralduse analüüs puitmoodulitest korterhoonete ehituse näitel	

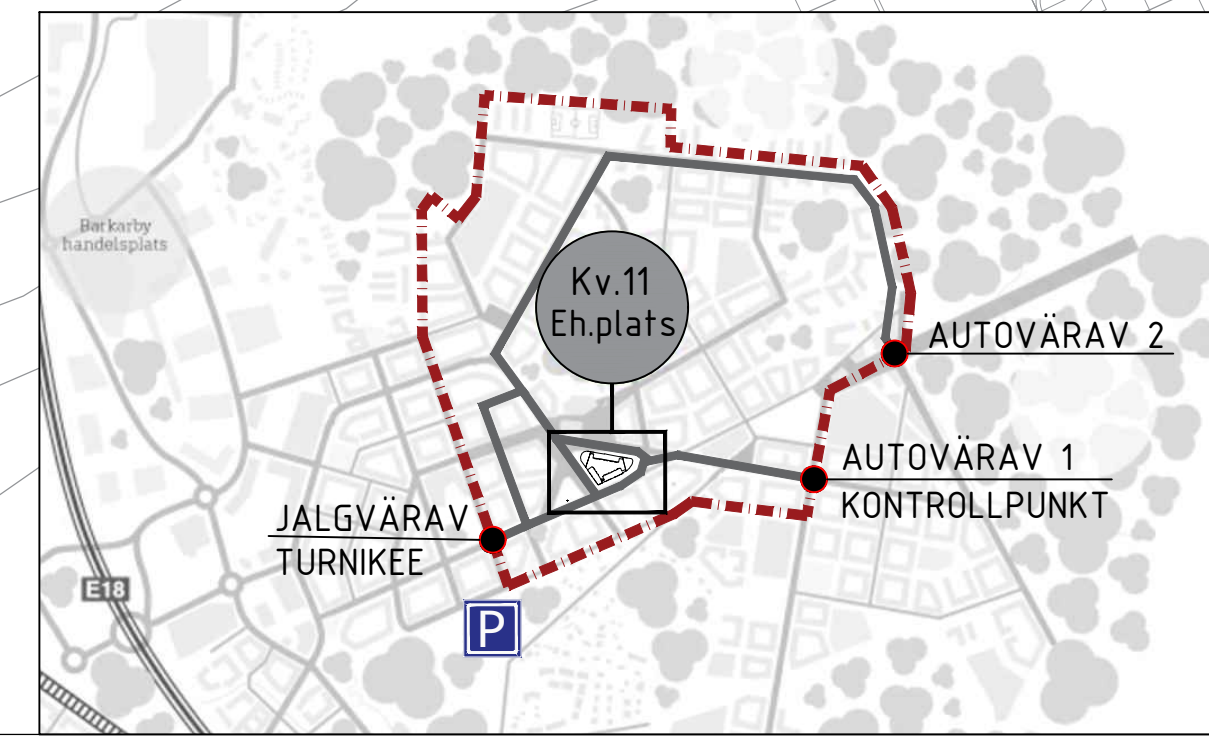
EHITUSPLATSI ÜLDPLAAN

M 1:300



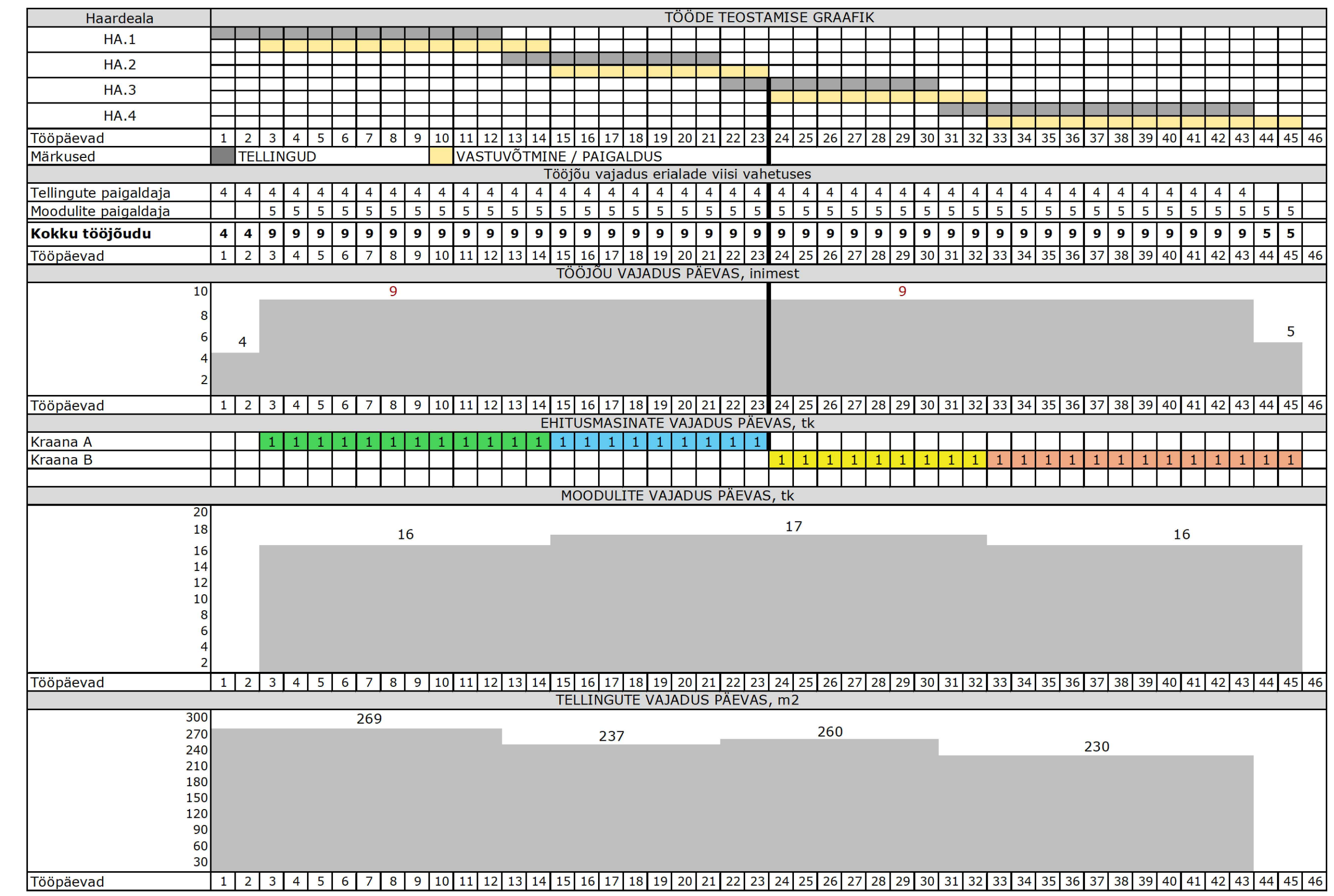
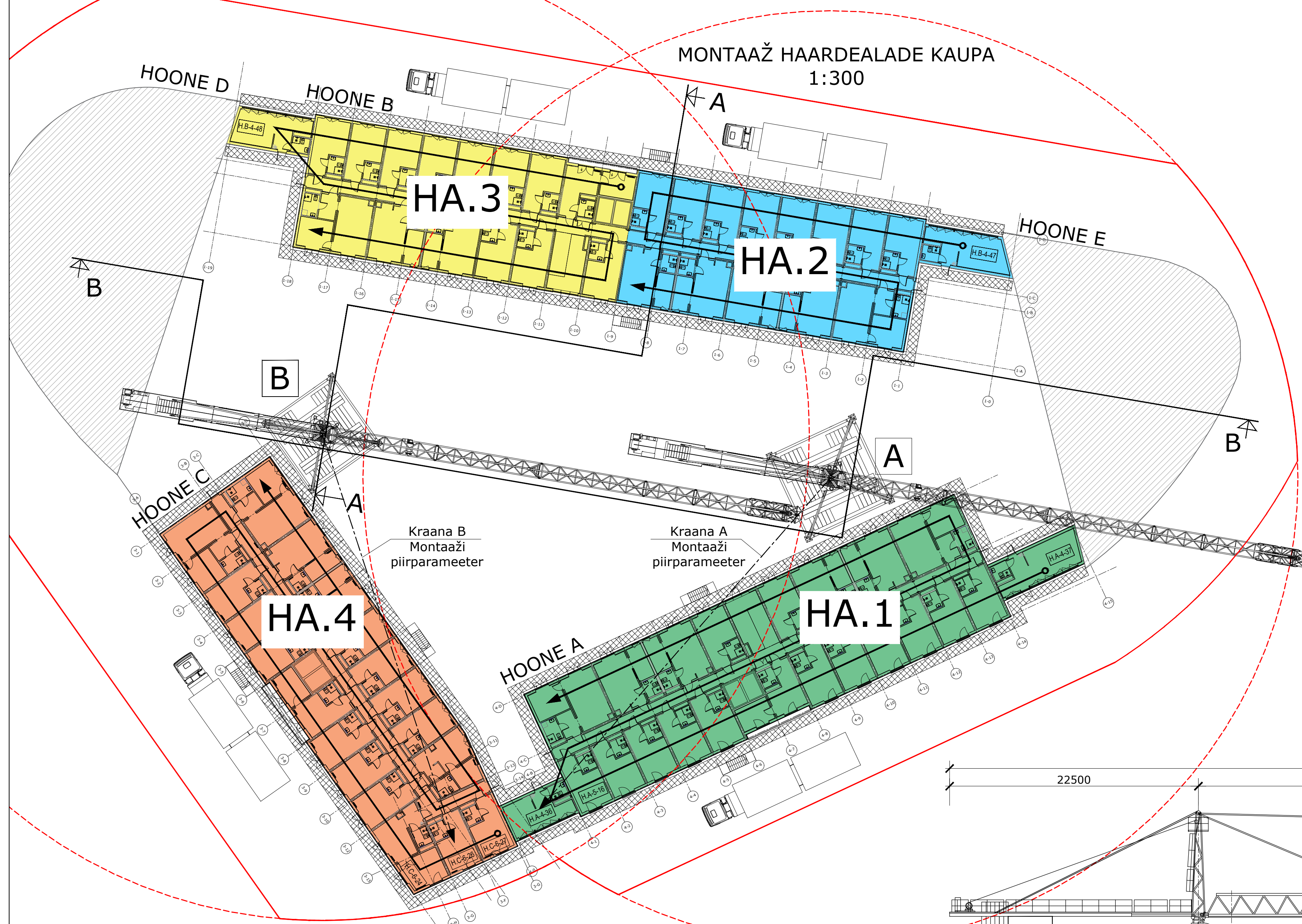
- Tingmärgid:**
- Ehitatavad puitkarkass hooned
 - Ehitatavad betoonkarkass hooned
 - Ehitusplatsi kontor/olmeruumid
 - LADU Lukustatav tööriista konteinerladu
 - Ehitusplatsi ajutised jalgteed/platsid
 - Ehitusplatsi ajutised autoteed
 - P Parkla
 - Tulekustuti asukoht
 - Peale moodulite montaaži täiendavad 2tk iga korruse kohta
 - AED elustamisaparaat
 - Asukoht: garaažikorrusel
 - Esmaabivahendid
 - Asukoht: garaažikorrusel
 - Silmadušš
 - Asukoht: garaažikorrusel
 - Kraanivesi
 - Asukoht: garaažikorrusel
 - Ehitusjäätmete konteinerid
 - Ohtlike jäätmete konteiner
 - Evakuaatsiooni kogunemiskoht
 - Ehituslift
 - A
 - Tornkraana A / B seisupositsioon
 - Tornkraana ohutsoon
 - Tornkraana töötsoon
 - Suitsetamise ala
 - Ajutine elektrikilp
 - Objekti piirdeaed
 - Objekti sissepääsu väravad
 - Personali ligipääs: ehitusplatsile/hoonesse
 - Ehitustranspordi: ligipääs autovärravast 1 väljapääs autovärravatest 1 ja 2
 - Ehitustranspordi liikumissuund
 - P Töötajate parkla
 - T
TH Tuletõrjehüdrant
 - INFO Objekti infotahvel
 - KV
K Liitumispunkt
 - EL
DATA Liitumispunkt
 - Tugevool ja side
 - Ehitusplatsi ajutine valgustus
 - Videovalve asukohad
 - Märkus: objektil on täiendav elektrooniline valve

Ehitusplatsi paiknemine ehitusterritooriumil:

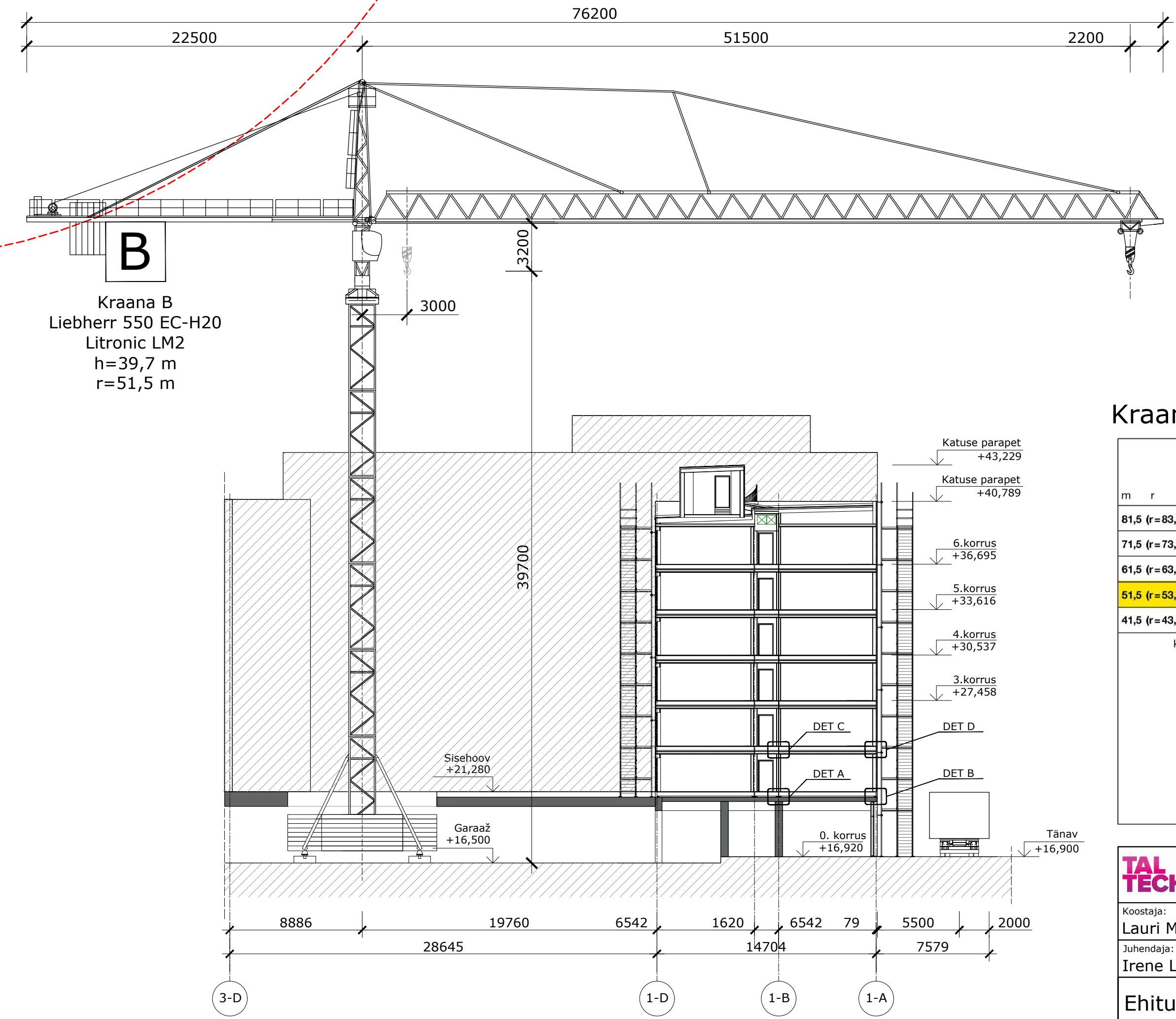


MOODULITE MONTAAŽI TEHNOLOOGILINE KAART 1

MONTAAŽI AJAGRAAFIK



LÕIGE A-A 1:300



- Tingmärgid:**
- Tornkraana ohutsoon
 - Tornkraana töötsoon
 - Montaažisuund
 - Tellingute trepitorn
 - Fassaaditellingud
 - Terasest raamtelling: laius 1,09m, töölava pikkus 2,57m
 - Moodulite veok

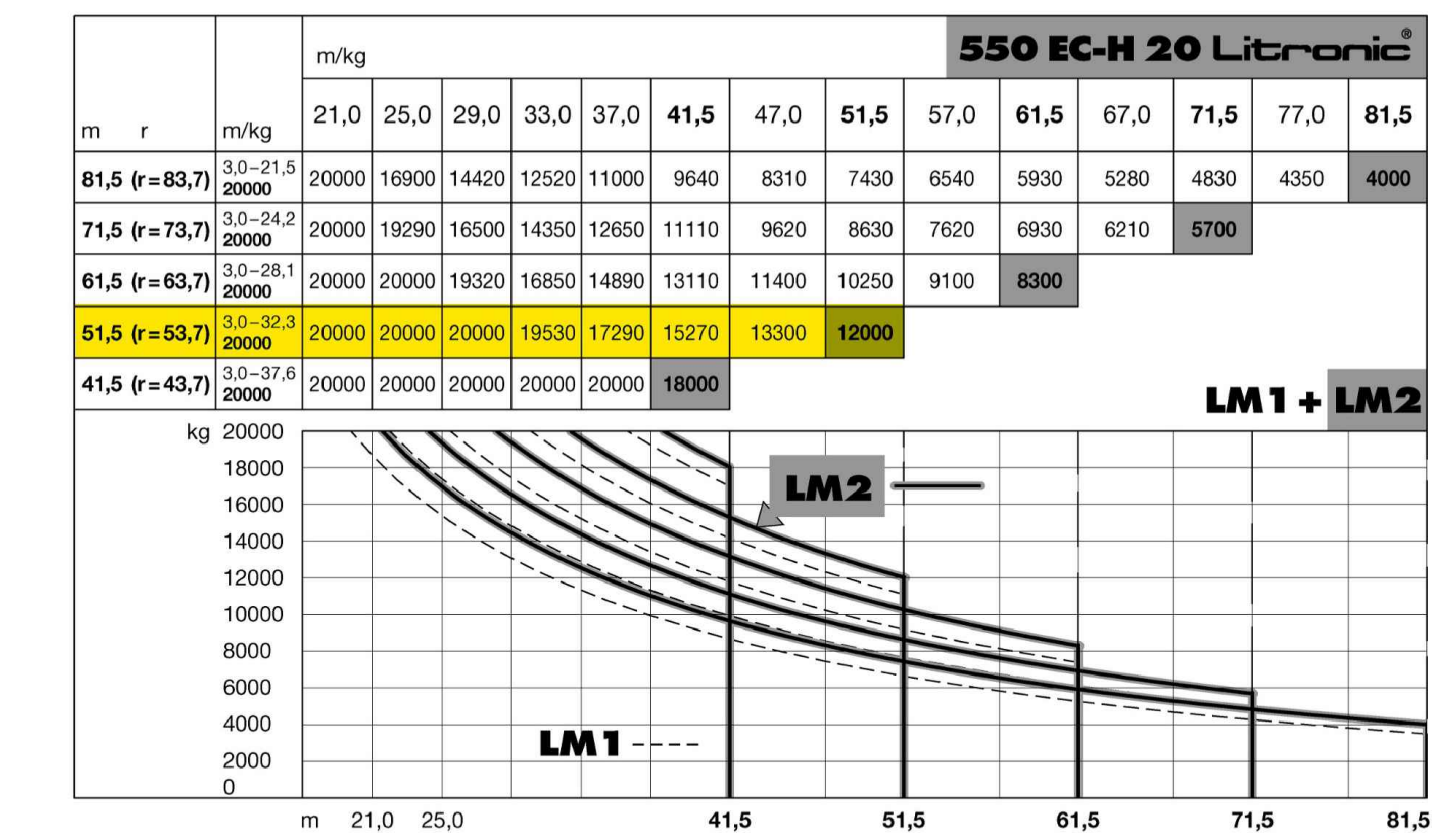
	Kraana A	Kraana B
Parameeter	550 EC-H20	550 EC-H20
Mooduli jrk nr	H.A-4-36	H.C-6-26
Montaažiraadius	48,6 m	47,3 m
Montaažikõrgus	23,9 m	29,5 m
Montaažimass	12,8 t	12,6 t

MONTAAŽI AJAKULU ARVUTUSED

Jrk nr	Töö nimetus	Ühik	AN, T3	Normatiivne tööjõukulu moodulite paigaldusel									
				1. HA (Hoone A)		2. HA (Hoone B)		3. HA (Hoone B)		4. HA (Hoone C)		Σ	
				ih-h	ühikuid	ih-h	ühikuid	ih-h	ühikuid	ih-h	ühikuid	ih-h	ühikuid
1. TELLINGUTE EHITAMINE													
1.1	Fassaaditellingu püstitamine, kõrgus 16...26m, sügavus 1,1m	m2	0,09	3 228,0	290,5	2 130,9	191,8	2 336,1	210,3	2 993,0	269,4	10 688,0	961,9
1.2	Tellingute ilmastikukaitse: talvine	m2	0,03	3 228,0	96,8	2 130,9	63,9	2 336,1	70,1	2 993,0	89,8	10 688,0	320,6
1.3	KOKKU												
		in-h			387,4		255,7		280,3		359,2		1 282,6
		mas-h											
		in-vah			48,4		32,0		35,0		44,9		160,3
		mas-vah											
2. MOODULITE VASTUVÕTMINE													
2.1	Vastuvõtmine	tk	0,04	186,0	1,9	137,0	1,4	151,0	1,5	206,0	2,1	680,0	6,8
2.2	Aluste kontrollmõõtmine	tk	0,04	186,0	7,4	137,0	5,5	151,0	6,0	206,0	8,2	680,0	27,2
2.3	Kraana ettevalmistamine	tk	12,00	1,0	12,0			1,0	12,0		2,0	24,0	
2.4	Transpordipakendi eemaldamine	tk	1,00	186,0	186,0	137,0	137,0	151,0	151,0	206,0	206,0	680,0	680,0
2.5	KOKKU												
		in-h			207,3		143,9		170,6		216,3		738,0
		mas-h											
		in-vah			25,9		18,0		21,3		27,0		92,3
		mas-vah											
3. MOODULITE MONTAAŽ													
3.1	Ruumelementide paigaldamine ja kinnitamine	tk	1,50	186,0	279,0	137,0	205,5	151,0	226,5	206,0	309,0	680,0	1 020,0
3.2	Kaitse ja puhastamine	tk	0,50	186,0	93,0	137,0	68,5	151,0	75,5	206,0	103,0	680,0	340,0
3.3	KOKKU												
		in-h			280,9		206,9		228,0		311,1		1 026,8
		mas-h			93,0		68,5		75,5		103,0		340,0
		in-vah			35,1		25,9		28,5		38,9		128,4
		mas-vah			11,6		8,6		9,4		12,9		42,5

Töö nimetus	Tööliste eriala	arv	1. HA (Hoone A)												2. HA (Hoone B)												3. HA (Hoone B)												4. HA (Hoone C)											
			Normatiivne				Vallitud				Normatiivne				Vallitud				Normatiivne				Vallitud				Normatiivne				Vallitud																			
			in-vah	mas-vah	in-vah	mas-vah	in-vah	mas-vah	in-vah	mas-vah	in-vah	mas-vah	in-vah	mas-vah	in-vah	mas-vah	in-vah	mas-vah	in-vah	mas-vah	in-vah	mas-vah	in-vah	mas-vah	in-vah	mas-vah	in-vah	mas-vah																						
Tellingute ehitamine	Tellingute paigaldaja	4	48,4	12,1	1,01	12	32,0	8,0	0,89	9	35,04	8,8	0,97	9	44,90	11,2	0,86	13																																
Moodulite vastuvõtmine	Tööline	2	25,9	13,0	1,08	12	18,0	9,0	1,00	9	21,32	10,7	1,18	9	27,04	13,5	1,04	13																																
Moodulite paigaldus	Moodulite paigaldaja	3	35,1	11,7	0,98	12	25,9	8,6	0,96	9	28,50	9,5	1,06	9	38,88	13,0	1,00	13																																
	Kraana B	1	11,6	11,6	0,97	12	8,6	8,6	0,95	9	9,44	9,4	1,05	9	12,88	12,9	0,99	13																																

Kraanade A ja B tõstegraafik:



TALTECH TTÜ INSENERITEADUSKOND

Magistritöö 5/8

Koostaja: Lauri Mäe, Allkiri ja kuupäev: 06.05.2024

Juhendaja: Irene Lill, Allkiri ja kuupäev: 06.05.2024

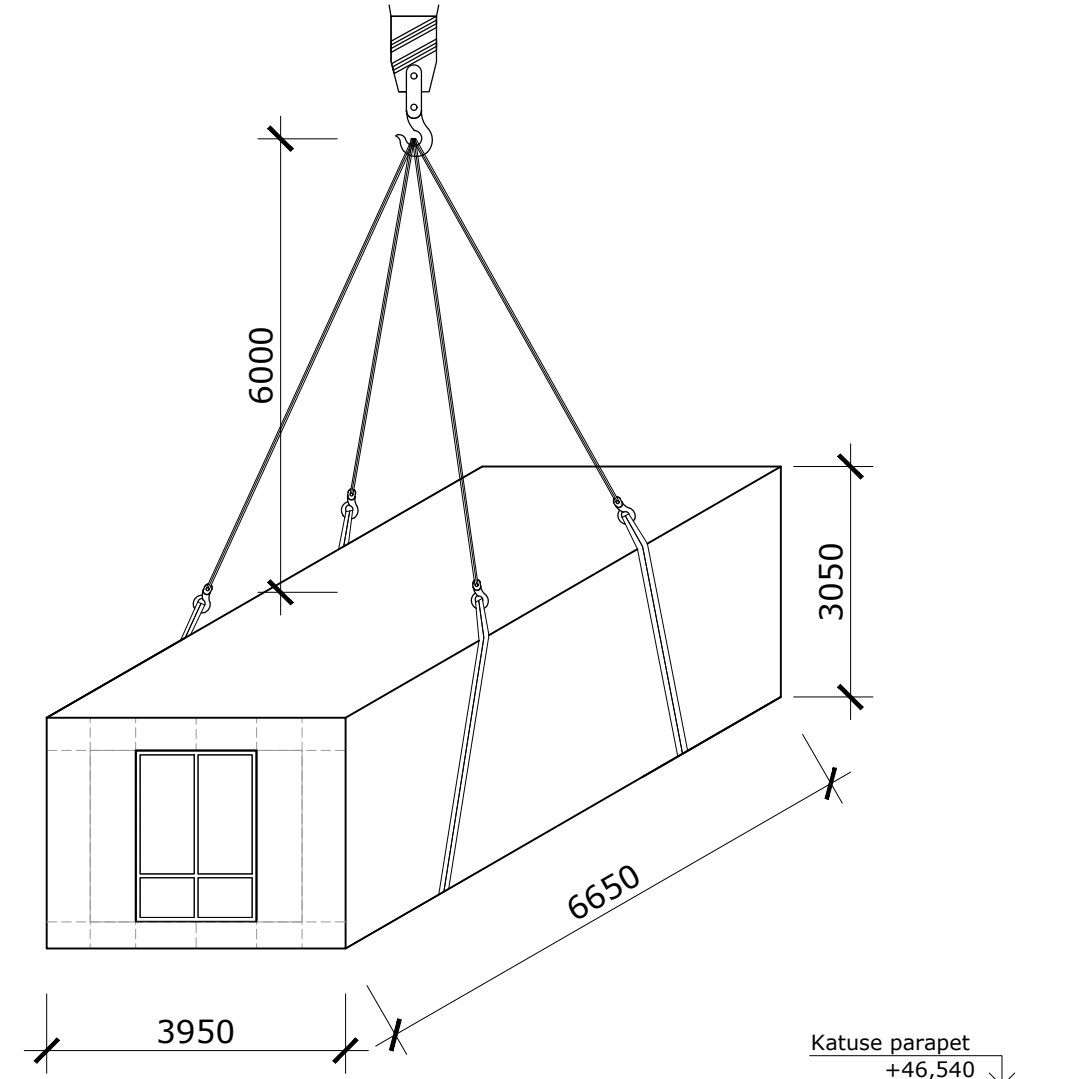
Moodulite montaaži tehnoloogiline kaart 1

Ehituse ja arhitektuuri instituut

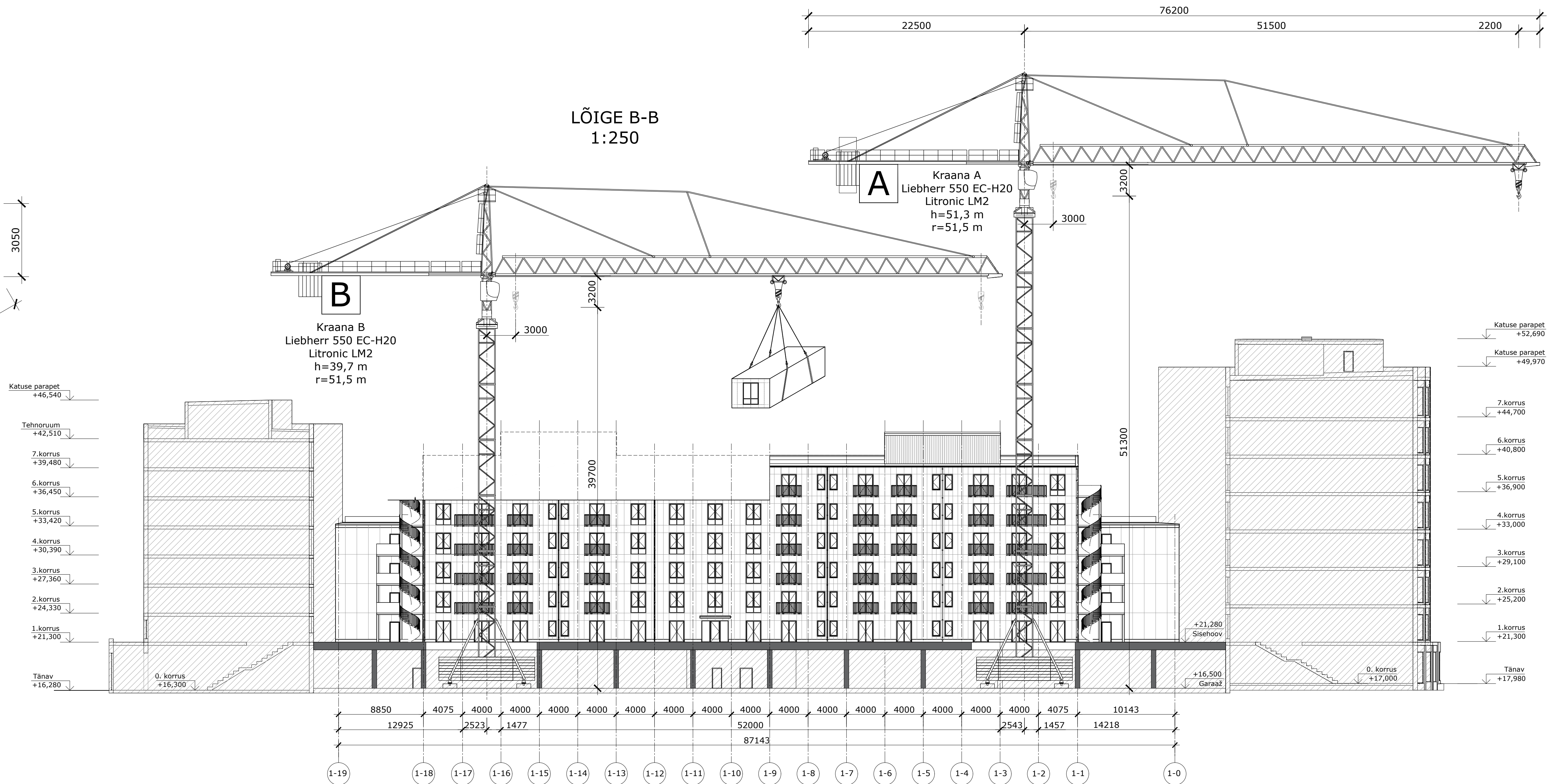
Elementide tootmise ja platsikorralduse analüüs puitmoodulitest korterhoonete ehituse näitel

MOODULITE MONTAAŽI TEHNOLOOGILINE KAART 2

MONTEERITAVA
TÜÜPMOODULI MÕÕTMED
1:100

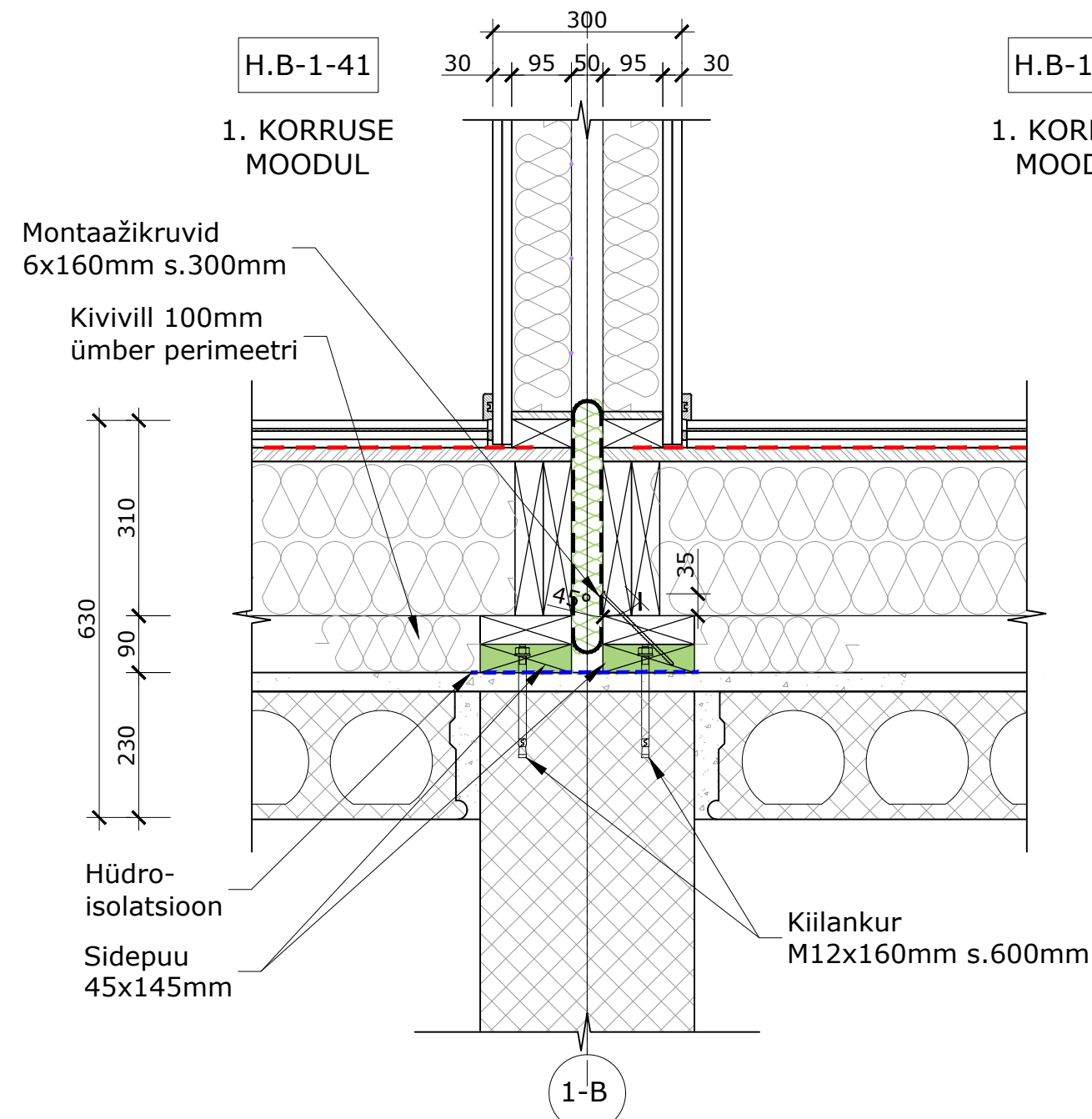


LÕIGE B-B
1:250

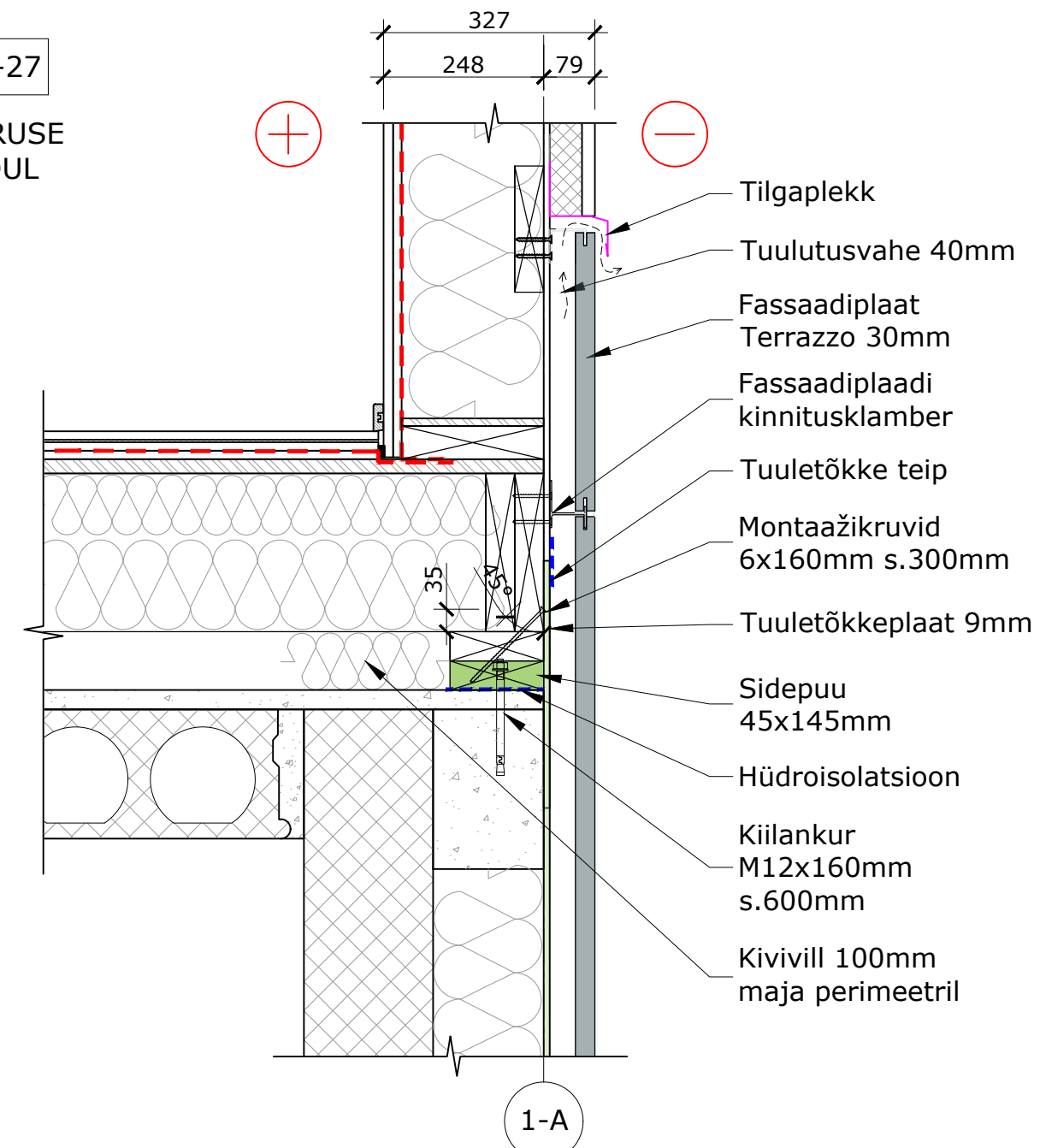


MOODULITE KINNITUSDETAILID

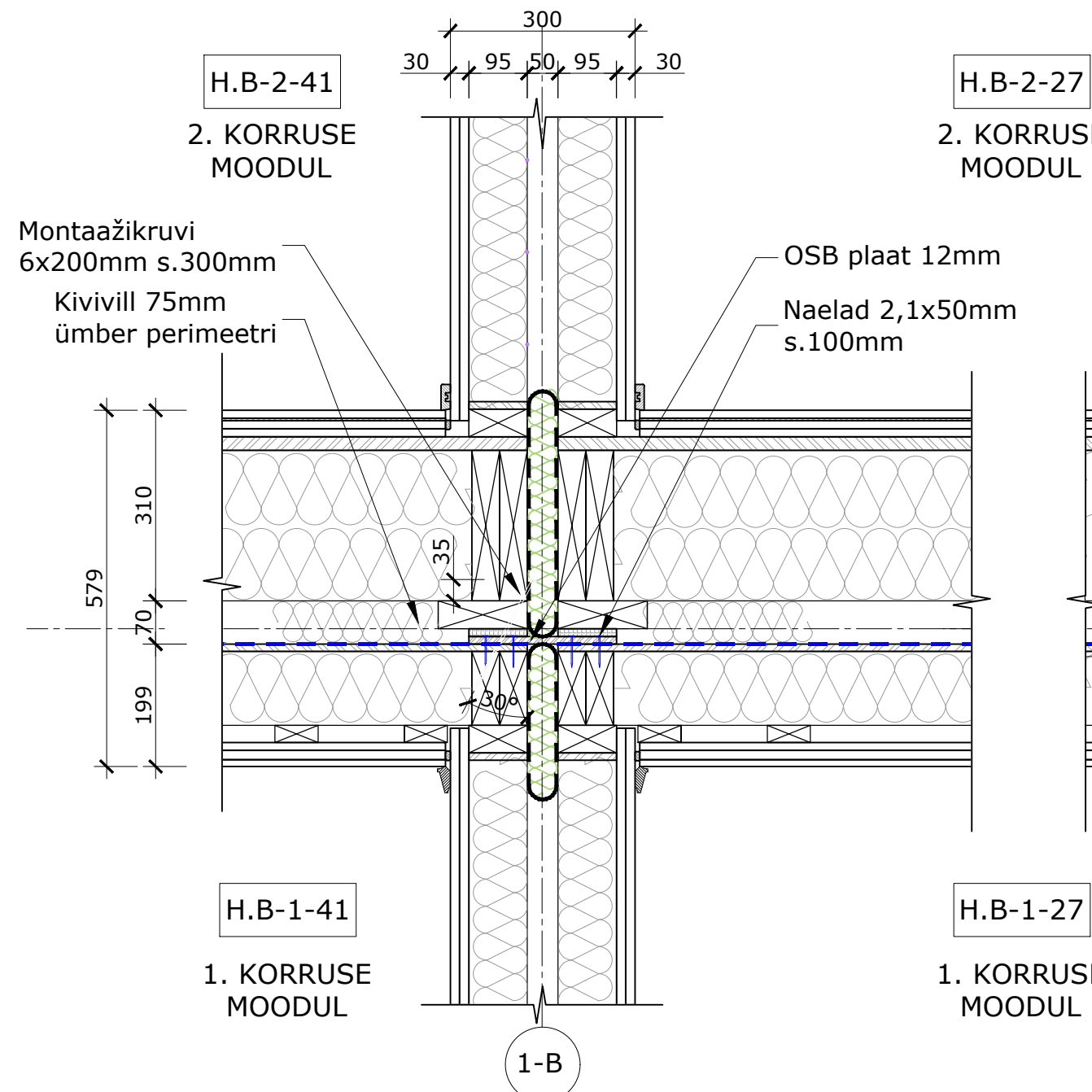
DETAIL A
1:10



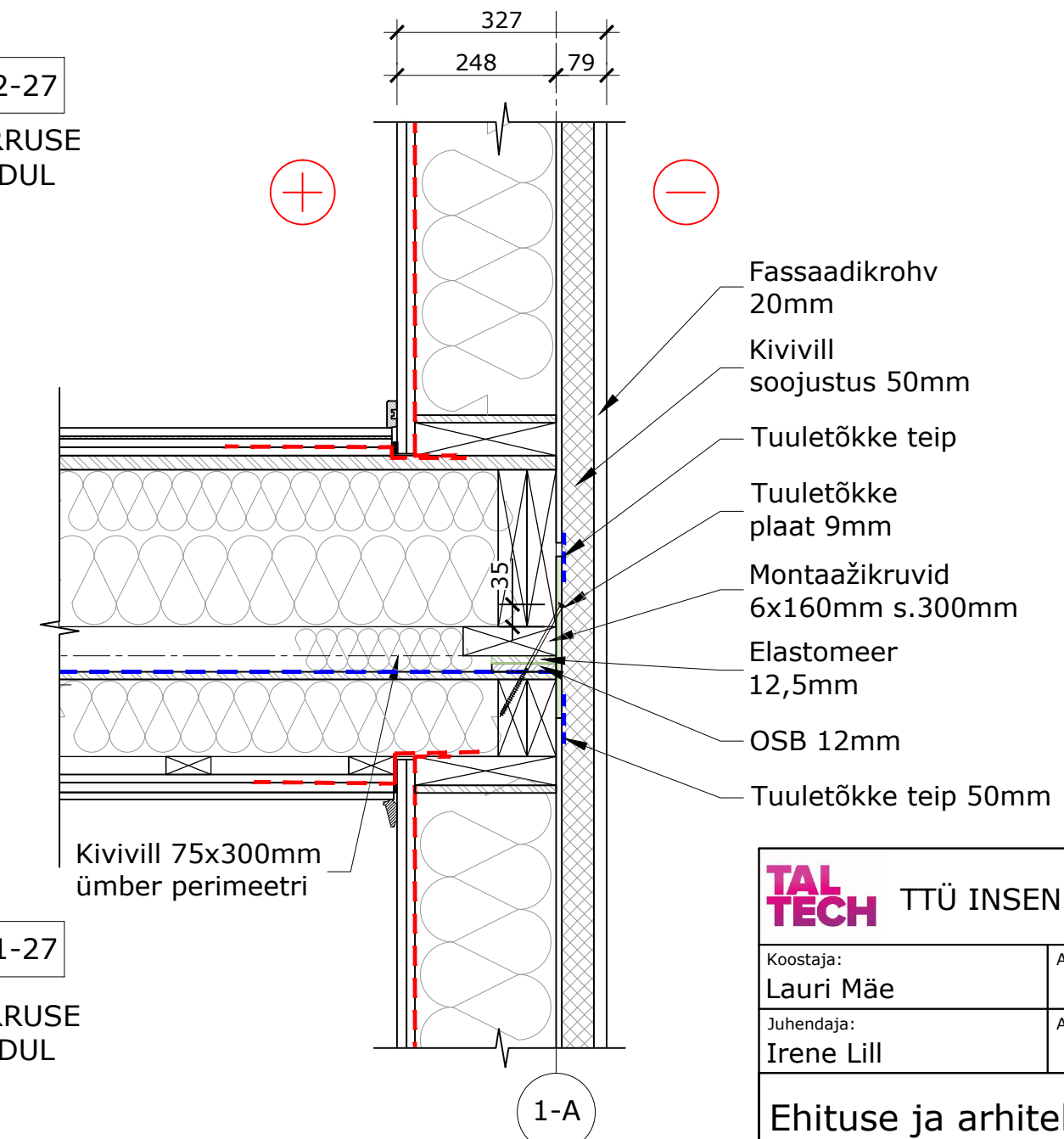
DETAIL B
1:10



DETAIL C
1:10

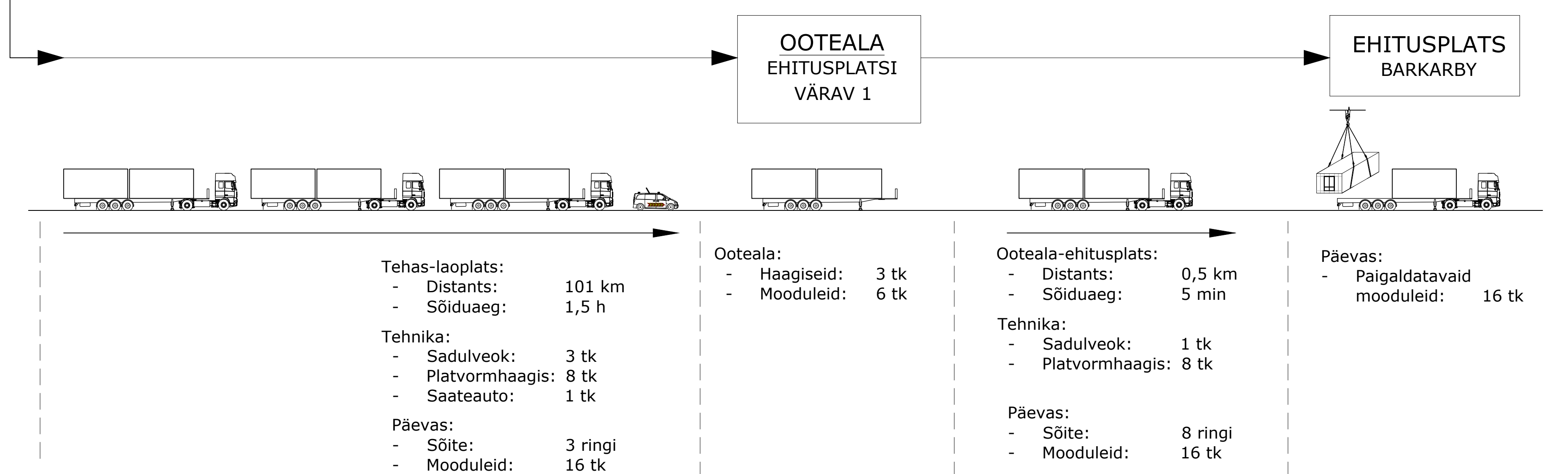
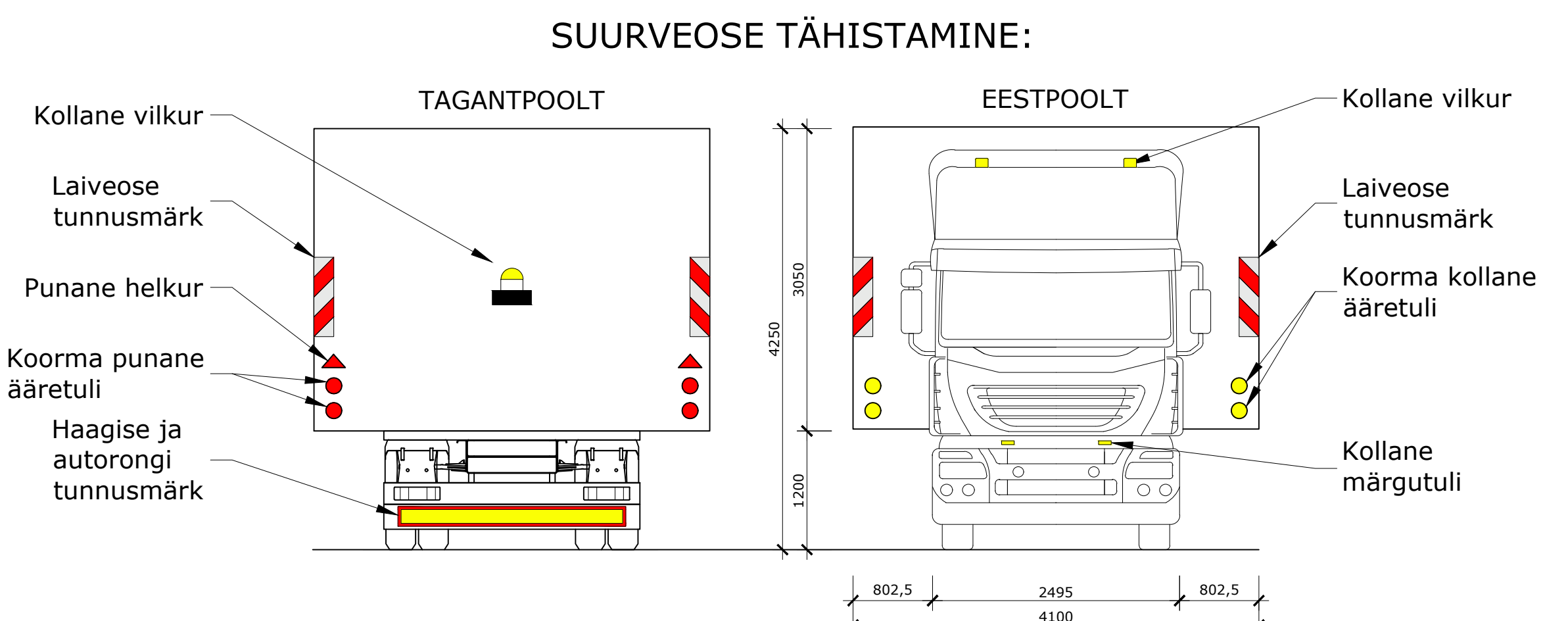
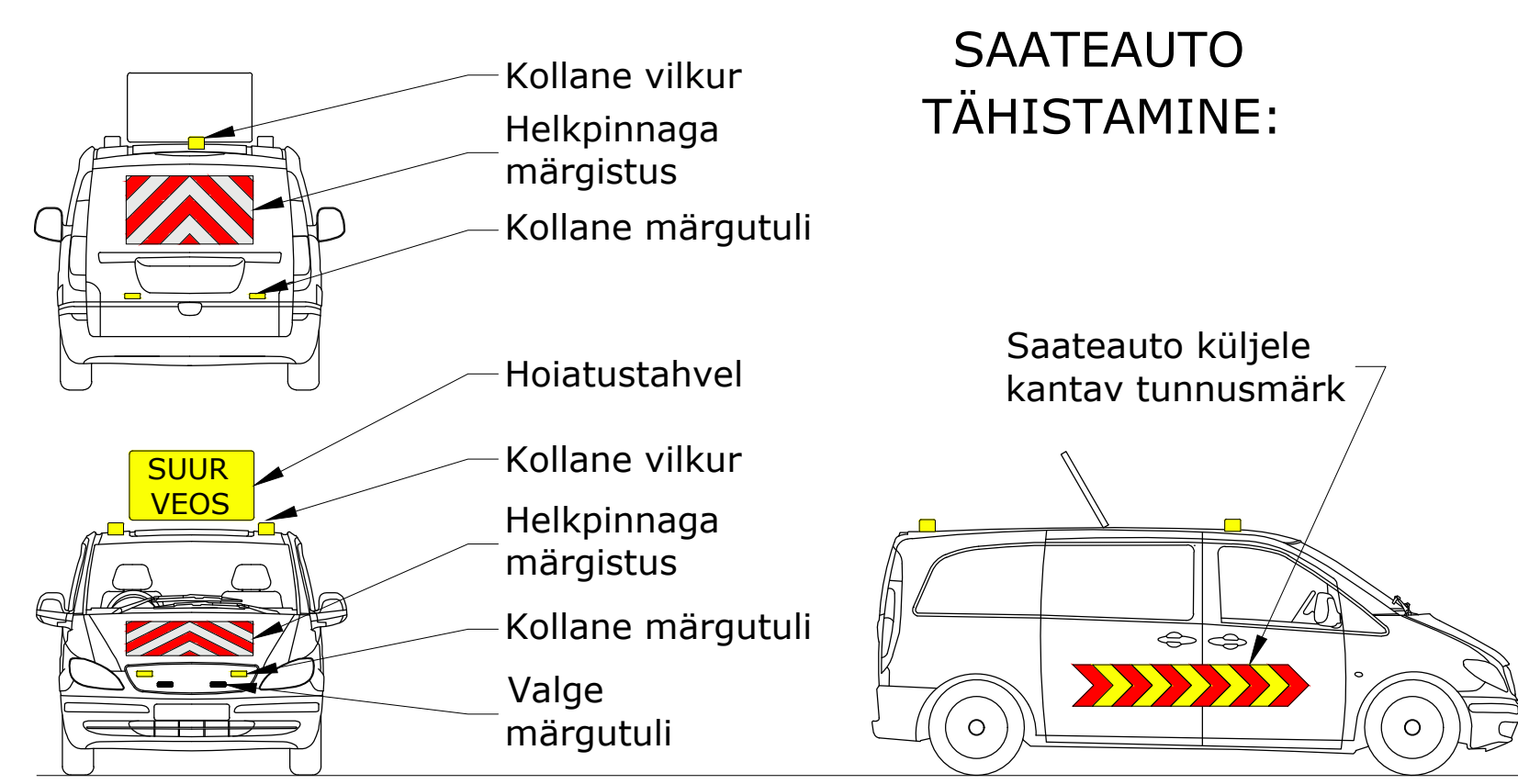
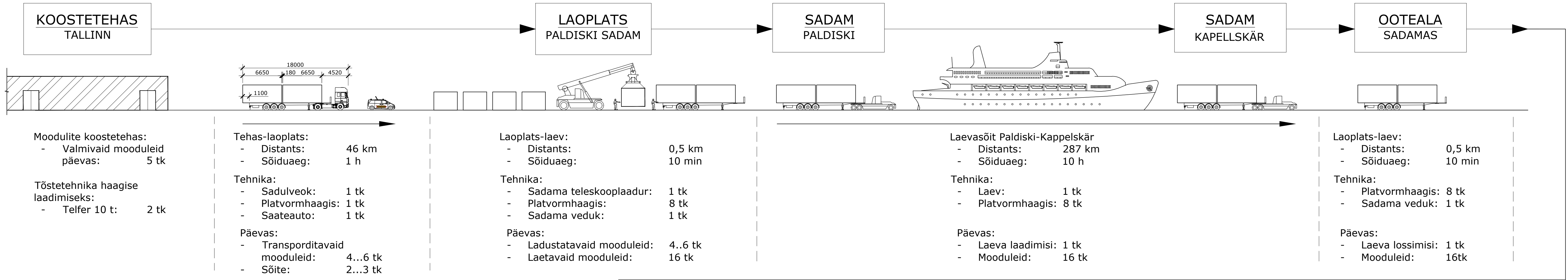


DETAIL D
1:10

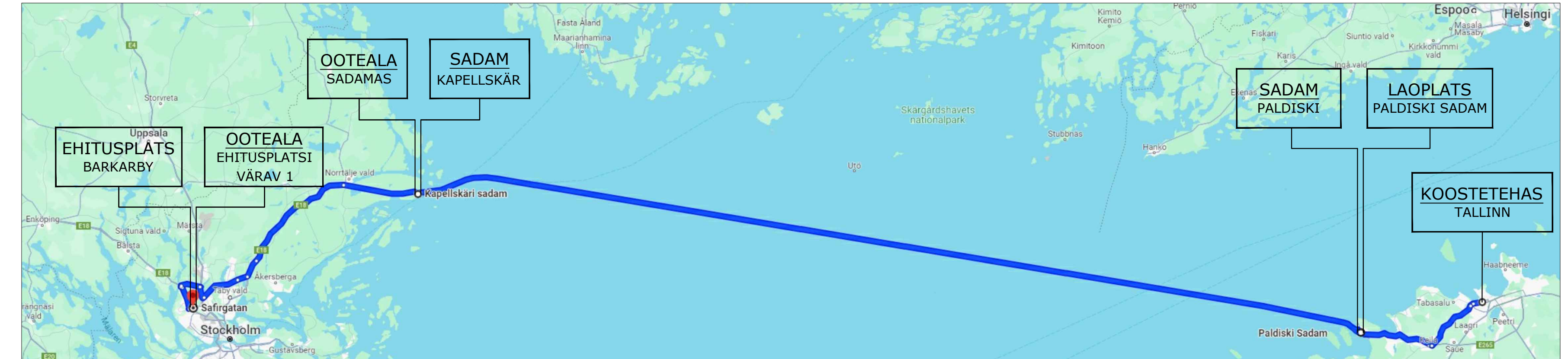


TALTECH TTÜ INSENERITEADUSKOND		Magistritöö	Leht/Lehti: 6/8
Koostaja: Lauri Mäe	Allkiri ja kuupäev: 06.05.2024	Moodulite montaaži tehnoloogiline kaart 2	
Juhendaja: Irene Lill	Allkiri ja kuupäev: 06.05.2024		
Ehituse ja arhitektuuri instituut		Elementide tootmise ja platsikorralduse analüüs puitmoodulitest korterhoonete ehituse näitel	

LOGISTIKA KORRALDUSE TEHNOLOOGILINE KAART



TRANSPORDI TEEKOND KAARDIL:



MOODULITE VALMIMINE KOOSTETEHASES, VEDU, VEOTEHNIKA JA LAOPINNA VAJADUS:

TRANSPORT		TRANSPORDITAVADI MOODULEID PÄEVAS, tk	
Koostamine	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200	
Mooduli valmistamine	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200	
Transport sadama laoplatsele	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200	
Transport laoplatilt laeva	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200	
Transport laevast ehitusplatsi ootetale	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200	
Transport ootetale paigaldustsoon	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200	
Paigaldus	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113 114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130 131 132 133 134 135 136 137 138 139 140 141 142 143 144 145 146 147 148 149 150 151 152 153 154 155 156 157 158 159 160 161 162 163 164 165 166 167 168 169 170 171 172 173 174 175 176 177 178 179 180 181 182 183 184 185 186 187 188 189 190 191 192 193 194 195 196 197 198 199 200	
Tööpäevad	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 5		

