



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO
INSENERITEADUSKOND
Ehituse ja arhitektuuri instituut

**EHITUSPLATSI TÖÖOHUTUSE KAVANDAMINE JA
SELLE JUHTIMISE DIGITALISEERIMISE
PROTOTÜÜP VEERENNI KVARTALI
MONTAAŽITÖÖDE NÄITEL**

**CONSTRUCTION SITE OCCUPATIONAL SAFETY DESIGN
AND A DIGITISED PROTOTYPE OF ITS MANAGEMENT IN
THE EXAMPLE OF VEERENNI QUARTER ASSEMBLY
WORKS**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Mari Stepanjan

Üliõpilaskood 153945EAEI

Juhendaja: Eneli Liisma, lektor
Alan Väli, diplomeeritud
ehitusinsener

Tallinn 2020

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.

25. mai 2020

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, **Mari Stepanjan**, sünd. 29.10.1995

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose
**Ehitusplatsi tööohutuse kavandamine ja selle juhtimise digitaliseerimise
prototüüp Veerenni kvartali montaažitööde näitel,**
mille juhendaja on Eneli Liisma.
 - 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.

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: **MARI STEPANJAN**

Üliõpilaskood **153945**

Õppekava: **EAEI02 Ehitiste projekteerimine ja ehitusjuhtimine**

Peeriala: Ehitusmajandus ja juhtimine

Lõputöö teema:

EHITUSPLATSI TÖÖOHUTUSE KAVANDAMINE JA SELLE JUHTIMISE DIGITALISEERIMISE PROTOTÜÜP VEERENNI KVARTALI MONTAAŽITÖÖDE NÄITEL

Construction site occupational safety design and a digitised prototype of its management in the example of Veerenni quarter assembly works

Juhendaja: **Lektor, Eneli Liisma**

eneli.liisma@taltech.ee

Kaasjuhendaja: **Diplomeeritud ehitusinsener, Alan Väli**

alan.vali@merko.ee

Lõputöö konsultandid:

Tiitel või ametikoht, Ees- ja Perekonnanimi	Kontakt (e-post või telefon)	Allkiri ja kuupäev
---	------------------------------	--------------------

.....
.....
.....

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Peatöövõtja rolli kirjeldamine „As Is” protseduurina ehitusplatsi tööohutuse kavandamises tuginedes õigusaktidele ja Merko kvaliteedijuhtimissüsteemi põhimõtetele
2. Luua ehitusplatsi tööohutuse tagamiseks kavandamise kontseptsioon ja prototüüp ehitusinfomudelis raudbetoonist elementide monteerimise näitel
3. Loodud infomudeli valideerimine Veerenni kvartali II etapi kandekonstruktsioonide ehitustööde näitel

Töö keel: eesti keel

Lõputöö etapid ja ajakava:

Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1. Teoreetiline osa	02.03.2020
2. Peatöövõtja rolli kirjeldamine „As Is“ protseduurina ehitusplatsi tööohutuse kavandamises tuginedes õigusaktidele ja Merko kvaliteedijuhtimissüsteemi põhimõtetele	02.03.2020
3. Ehitusplatsi tööohutuse tagamiseks kavandamise kontseptsiooni mudeli loomine ehitusinfomodelis raudbetoonist elementide monteerimise näitel	09.03.2020
4. Loodud infomodeli valideerimine Veerenni kvartali II etapi kandekonstruktsioonide ehitustööde näitel	06.04.2020
5. Kokkuvõttev analüüs	11.05.2020
6. Lõputöö esitamine	18.05.2020
Kokkuvõtte eesti keeles	11.05.2020
Kokkuvõtte inglise keeles	11.05.2020
Lõputööde 95% ülevaatus, mille läbimine on kaitsmise eelduseks	13.05.2020

Esitlusmaterjalid kaitsmisel: Powerpoint esitlus ja jaotusmaterjalid

Kirjeldus	Tähtaeg
1 Powerpoint esitlus	25.05.2020

Lõputöö esitamise tähtaeg: 25. mai 2020

Lõputöö ülesanne välja antud: 14.01.2020

Juhendaja: Eneli Liisma

Ülesande vastu võtnud: Mari Stepanjan

Avalikustamise
piirangu tingimused:

Avalik kaitsmine. Kuna lõputöö sisaldab konkreetse firma ja ehitusobjekti konfidentsiaalseid andmeid, siis avalikustatakse ainult annotatsioon ja metaandmed.

SISUKORD

SISSEJUHATUS	12
1. TÖÖOHUTUS EESTI EHITUSSEKTORIS	14
1.1 Ülevaade Eesti ehitusvaldkonna tööõnnetustest	18
1.2 Tööohutus Skandinaavia ehitussektoris	20
1.2.1 Ülevaade Rootsi ehitusvaldkonna tööohutusest	21
1.2.2 Eesti-Rootsi ehitustööõnnetuste võrdlus	22
2. Ehitusplatsi tööohutuse korraldamise reguleerimine	25
2.1 Peatöövõtja roll tööohutuse korraldamises.....	26
2.1.1 Bioloogiliste ohuteguritest mõjutatud tööohutuse nõuded	29
3. TÖÖOHUTUSE KORRALDAMINE JA DIGITALISEERIMISE MONITOOORIMINE KANDEKONSTRUKTSIOONIDE EHITAMISEL	31
3.1 Case study Veerenni kvartal	31
3.2 Kandekonstruksioonid	34
3.2.1 Maa-alused kandekonstruksioonid	35
3.2.2 Maapealsed kandekonstruksioonid	35
3.3 Kandekonstruksioonide ehitus.....	37
3.3.1 Esimese korruse kandekonstruksioonide ehituse ohutusmeetmed	45
3.3.2 Teise korruse kandekonstruksioonide ehituse ohutusmeetmed	48
3.3.3 Kolmanda kuni viienda korruste kandekonstruksioonide ehituse ohutusmeetmed	50
3.3.4 Kuuenda korruse ja katuse kandekonstruksioonide ehituse ohutusmeetmed	53
4. TÖÖOHUTUSE KAVANDAMISE DIGITALISEERIMISE PROTOTÜÜBI LOOMINE.....	57
4.1 Referentsobjekti tööohutuse kavandamise ja juhtimise prototüübi loomine ..	58
4.1.1 Prototüübi valideerimine	60
4.1.2 Valideerimise tulemuste analüüs	67
KOKKUVÕTE	70
SUMMARY	72
KASUTATUD KIRJANDUS	74

EESSÕNA

Magistritöö teema sõnastati juhendaja algatusel. Lõputöö juhendajateks olid Tallinna Tehnikaülikooli õppejõud, AS Merko Ehitus Eesti kvaliteediosakonna juht Eneli Liisma. Kaasjuhendajaks oli AS Merko Ehitus Eesti mudelprojekteerimise projektijuht Alan Väli.

Käesolevas magistritöös antakse ülevaade Eesti ehitussektori tööohutuse olukorrast. AS Merko Ehitus Eesti objekti näitel analüüsitakse kandekonstruksioonide ehituse etappe, korraldust ning ohutusmeetmeid. Analüüsitud andmete põhjal luuakse 3D ehitusinfo mudel ning valideeritakse selle aktuaalsust. Lõputöö väljundiks on tööohutuse korralduse ja kavandamise digitaliseeritud ning valideeritud prototüüp.

Lõputöö autor tänab juhendajaid meeldiva ning asjaliku koostöö eest.

Võtmesõnad: tööohutus, ehitusjuhtimine, BIM, digitaliseerimine, magistritöö

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

BCA	– Ehitustööstuse keskne töökeskonnanoukogu (rootsi k Byggindestrins Centrala Arbetsmiljörad)
BIM	– ehitusinformatsiooni modelleerimine (ingl k Building Information Modeling)
CAD	– raalprojekteerimine (ingl k Computer-aided Design)
COVID-19	– 2019. aasta koroonaviirushaigus (ingl k Coronavirus Disease 2019)
EAP	– Euroopa ainepunkt
EMÜ	– Euroopa majandusühendus (ingl k European Economic Community, EEC)
EVS	– Eesti Vabariigi Standardiamet
GPS	– üleilmne asukoha määramise süsteem (ingl k Global Positioning System)
IFC	– standard ehitusinfomudeli failivorming (ingl k Industry Foundation Classes)
IKT	– info- ja kommunikatsioonitehnoloogia
ILO	– Rahvusvaheline Tööorganisatsioon (ingl k International Labour Organization)
RAMS	– registripõhine tööturustatistika (rootsi k Registerbaserad Arbetsmarknadsstatistik)
R/B	– raudbetoon
RFID	– raadiosagedustuvastus (ingl k Radio-Frequency Identification)
SKP	– sisemajanduse koguprodukt
TTOS	– Töötervishoiu ja tööohutuse seadus
UAV	– mehitamata õhusõiduk (ingl k Unmanned Aerial Vehicle)

TABELITE LOETELU

Tabel 3.1 Näited tüüphoonetest mudelist ja pildistatud I etapi objektist (allikas: merko.ee)	32
Tabel 3.2 Uus-Veerenni Allee I ja II etapi andmed	33
Tabel 3.3 Uus-Veerenni Allee II etapi hoonete andmed.....	33
Tabel 3.4 Maa-aluste kandekonstruktsioonide loetelu ja kirjeldus	35
Tabel 3.5 Maapealsete konstruktsioonide loetelu ja kirjeldus	36
Tabel 3.6 Kandekonstruktsioonide ehituse tööetappide ohutusnõuded	39
Tabel 4.1 Üldkontrollide käigus tuvastatud töövõtjate eksimuste arv	61
Tabel 4.2 Üldkontrollides tehtud piirete märkuste kaardistamine prototüübis.....	62
Tabel 4.3 Üldkontrollis tehtud avakatete märkuste kaardistamine prototüübis	65

JOONISTE LOETELU

Joonis 1.1 Estonia teatri- ja kontserdihoone ehitus 1911. aastal (autor: Georg Johannes Parikas).....	15
Joonis 1.2 Tallinna Tehnikaülikooli ehitus 1989. aastal (allikas: Fotis)	15
Joonis 1.3 Näide 2010. aasta ehituse tõstetööde tööohutuse korraldusest (allikas: AS Merko Ehitus Eesti)	16
Joonis 1.4 Näide 2010. aasta ehituse käiguteede korraldusest (allikas: AS Merko Ehitus Eesti)	17
Joonis 1.5 Näide 2020. aasta ehitusplatsilt korrektselt varustatud töölistest (autor: Raul Mee)	17
Joonis 1.6 Rootsi ehitusvaldkonna tööõnnetuste kõrvalekalded 2018. aastal	22
Joonis 1.7 Eesti ja Rootsi ehitustööõnnetuste võrdlus 2005.-2018. aastate lõikes	23
Joonis 1.8 Eesti ehitusvaldkonna tööõnnetuste kõrvalekalded 2018. aastal	24
Joonis 2.1 Peatöövõtja ja töövõtja vastutusliinid.....	27
Joonis 2.2 Näide kaitsmisprillide ja -maski kandmise kohustusest (allikas: AS Merko Ehitus Eesti)	29
Joonis 2.3 Näide objekti kontorisse sisenemise keelusildist (allikas: AS Merko Ehitus Eesti)	30
Joonis 2.4 Näite käte desinfitseerimisvahenditega varustamisest (allikas: AS Merko Ehitus Eesti)	30
Joonis 3.1 Veerenni hoonekompleksi etapid (allikas: merko.ee).....	31
Joonis 3.2 Uus-Veerenni II etapi hoonete paiknemine ning uuritav hoone (märgistatud punasega)(allikas: merko.ee).....	34
Joonis 3.3 Kuuekorruselise hoone montaažiperiood ehitusperioodi ja välistööde perioodi suhtes.....	37
Joonis 3.4 Trosside kaldenurgua mõju troppide koormustaluvusele (allikas: Must Maja Kaardipakk)	40
Joonis 3.5 Liikumisteel kõrguste vahe ületamiseks kasutatav ajutine trepp (allikas: Must Maja Kaardipakk)	41
Joonis 3.6 Lubatud üksikredeli näide (allikas: Must Maja Kaardipakk).....	41
Joonis 3.7 Tõstetööde juhtimisel kasutatavad käemärgid (allikas: Must Maja Kaardipakk)	42
Joonis 3.8 Korvtõstuki ohutsooni ning aluspindade näide (allikas: Must Maja Kaardipakk)	43
Joonis 3.9 Madalpiire näiteks rõdule või võlvile, et takistada pääsu kukkumisohtlikku kohta (allikas: Must Maja Kaardipakk).....	44
Joonis 3.10 Kaitsepiirde näide (joonisel märgitud suurim piirdepostide vahe ei vasta Merko sisesele ohutusjuhendile) (allikas: Must Maja Kaardipakk).....	44
Joonis 3.11 Näide märgistatud ning põõnaga avakattest (allikas: Must Maja Kaardipakk)	44
Joonis 3.12 Näide töötsooni eraldamisest ning hoiatavast sildist Veerenni ehitusplatsil (allikas: AS Merko Ehitus Eesti)	45
Joonis 3.13 Esimese korruse näide käigutee trepist, korruse perimeetrist ning redeli paiknemisest.....	46
Joonis 3.14 Esimese korruse näide redelist, piiretest, kaldtugedest	46
Joonis 3.15 Esimese korruse näited redelist, piiretest, kaldtugedest	47
Joonis 3.16 Esimese korruse näide piiretest (fotomaterjali allikas: AS Merko Ehitus Eesti)	47

Joonis 3.17 Teise korruse näide perimeetri tõkkest (fotomaterjali allikas: AS Merko Ehitus Eesti)	48
Joonis 3.18 Teise korruse näide avakatetest	49
Joonis 3.19 Teise korruse näide piiretest	49
Joonis 3.20 Teise korruse näide piiretest, redelist ning kaldtugedest (fotomaterjali allikas: AS Merko Ehitus Eesti)	50
Joonis 3.21 Kolmanda korruse näide perimeetri tõkkest (fotomaterjali allikas: AS Merko Ehitus Eesti)	51
Joonis 3.22 Kolmanda korruse näide avakatetest.....	51
Joonis 3.23 Kolmanda korruse näide piiretest, kaldtugedest ning redelist (fotomaterjali allikas: AS Merko Ehitus Eesti)	52
Joonis 3.24 Kolmanda korruse näide rõdu piiretest (fotomaterjali allikas: AS Merko Ehitus Eesti)	53
Joonis 3.25 Kuuenda korruse näide perimeetri tõkkest (fotomaterjali allikas: AS Merko Ehitus Eesti)	54
Joonis 3.26 Kuuenda korruse näide avakatetest	55
Joonis 3.27 Kuuenda korruse näide piiretest, redelist ning kaldtugedest (fotomaterjali allikas: AS Merko Ehitus Eesti)	55
Joonis 3.28 Katuse näide avakatetest.....	56
Joonis 4.1 Prototüübi kolmanda korruse perimeetri piirded ja avakatted	58
Joonis 4.2 Prototüübi kolmanda korruse seinapaneelide piirded ja kaldtoed	59
Joonis 4.3 Prototüübi kolmanda korruse vahelaepaneelid.....	59
Joonis 4.4 Vigade seos potentsiaalsete ja tegelike tööõnnetuste suhtes	68
Joonis 4.5 Näide ehitusplatsi tööohutuse visualiseerimisest (allikas: careysplc.co.uk) ..	69

SISSEJUHATUS

Ehitusvaldkond on tööhõive ning ettevõtluse poolest üks suurimaid sektoreid Eesti majanduses. Statistikaameti andmetel oli ehitussektori tööhõive 2019. aastal ligi 8.8% (58 300 hõivatut) ning panus SKP-sse 7,7%. Ehitussektori tööelu intensiivistumisega on kasvanud aga vajadus efektiivsema töökeskkonna juhtimise järele. Järjest enam soovivad tööandjad ning töötajad olla teadlikud tööohutusest ning selle tõhusamast korraldamisest.

Suurenenud on Tööinspektsiooni koolitustel osavõtjate arv ning 2019. aastal võis juba märgata, et korduvad tööõnnetused samadel tööandjatel olid vähenenud. Sellegi poolest on iga aastaga kasvanud tööõnnetuste tagajärjel rahalised ja ajalised kulutused. 2019. aastal võeti 8341 töövõimetuslehte ning Haigekassa hüvitas 158 728 tööpäeva, mille tõttu kaotati 1,3 miljonit töötundi ning hüvitati 5,3 miljonit eurot [1].

Ehitus oli 2019. aastal teine kõige tööõnnetusterohkeim sektor Eestis – ehitusplatsidel toimus 382 tööõnnetust, millest ligi kolmandik lõppes raske tervisekahjustusega [1]. Rahvusvahelise tööorganisaatsiooni (ILO) tööohutuse trükises on välja toodud, et maailmas juhtub vähemalt 60 000 surmavat tööõnnetust ehitusplatsidel, mis tähendab üht surma iga 10 minuti tagant ning iga kuues surm leiab aset ehitusplatsil [2].

Tööõnnetuste suurem risk on põhjustatud tööandjate rohkusest ühisel ehitusplatsil, välistingimustes töötamisest, projektide kordumatusest ning töö koordinatsiooni puudumisest [3]. Aina tihedamini jõutakse järeldusele, et ehitusplatsi tööõnnetusi saab reguleerida tööohutuse juhtimissüsteemide rakendamise, korraldamise ja tulemuste hindamise abil ning mitte ainult ühisel ehitusplatsil töötavad tööandjad vaid ka projekteerijad ja arhitektid mõjutavad ehitusprotsessi tööohutust. Ligi 42.0% ehitusplatsi tööõnnetustest on seotud projekti ehitusohutuse kontseptsiooni puuduliku töötlemisega [4]. Ennetav ohtude tuvastamine ja kõrvaldamine on tõhusam ja odavam kui nende jooksev haldamine [5].

Ehitussektori kõrge õnnetusjuhtumite statistika ei kahjusta mitte ainult selle mainet, vaid seab kahtluse alla ka võimalikud innovatsioonid valdkonnas. Vaatamata suurele sotsiaalmajandusliku osakaalu kasvule, on ehitussektor jäänud maha üldises digitehnoloogilises arengus võrreldes teiste majandusvaldkondadega [6]. Seetõttu on ehitustöö ohutuse hõlbustamiseks hakatud rakendama erinevaid IKT tehnoloogiaid, näiteks mehitamata õhusõidukeid (UAV), raadiosageduse tuvastamist

(RFID), globaalset positsioneerimissüsteemi (GPS) ja laserskaneerimist [7]. Visualiseerimine on sobiv lahendus tõhusaks ohutuse juhtimiseks lihtsustades teabe ja ideede jagamist erinevate osapoolte vahe.

Viimastel aastatel on toimunud oluline areng osapoolte koostöö organiseerimises, sealhulgas ehitusprojekti kavandamises ning juhtimises, mida on mõjutanud projekti avatust võimaldav ehitusinformatsiooni modelleerimine (BIM). BIM-i võib kirjeldada kui sotsiaal-tehnoloogilist süsteemi, kuna see moodustub nii 3D modelleerimisest kui ka ehitusprotsessi korraldamisest. BIM-mudel võimaldab tuvastada ehitustöö riske õigeaegselt ning täpselt juba projekteerimise faasis [8].

Arvukad teadustööd on uurinud BIM-mudeli erinevaid aspekte. Viimased uuringud on keskendunud BIM-i konkreetsete juhtimisaspektide, nagu jätkusuutlikkuse ja riskijuhtimise uurimisele [9], ent vaid vähesed uuringud analüüsivad BIM-i funktsioonide kohaldamist tööohutuse valdkonnas.

Käesoleva magistritöö eesmärgiks on digitaliseerida ehitusprojekti tööohutuse korraldus 3D mudelis ehitustegevuste toimumise ajal. Lõputöö raames valmis Veerenni korterelamute II etapi kandekonstruktsioonide monteerimise tööohutuse 3D mudeli prototüüp, mis valideeriti ehitusplatsi üldkontrollide protokollide abil. Prototüübi loomisel ning valideerimisel toetuti kehtivale seadusandlusele, Merko ohutusjuhenditele ning ehitusprojektile.

Magistritöös püstitati järgmine hüpotees: tööohutuse kavandamise ja juhtimise digitaliseerimine BIM-mudelina aitab kaardistada projekti tööohutuse nõrku külgi ning muuta tööohutuse korraldust efektiivsemaks.

Lõputöö uurimuslik osa jaguneb kolmeks osaks:

- referentsobjekti kandekonstruktsioonide ehitamiseks vajalike tööde ohtude ning ohutusnõuete klassifitseerimine;
- ohutusnõuete kaardistamine 3D mudelis;
- 3D mudeli valideerimine üldkontrollide aktide põhjal.

1. TÖÖOHUTUS EESTI EHITUSSEKTORIS

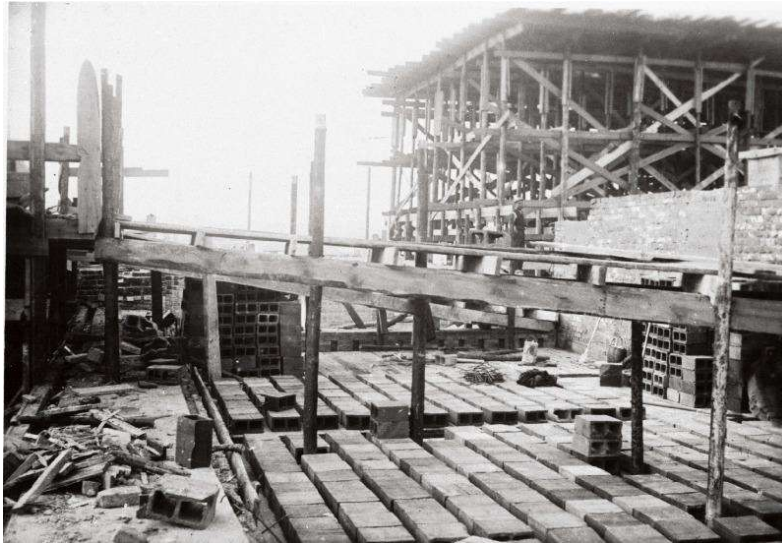
Tööõnnetus on töö ajal saadud tervisekahjustus või surm. Tööõnnetused jaotatakse kergeteks, rasketeks või surmaga lõppenud tööõnnetusteks. Raskeks loetakse tööõnnetust, mis põhjustas töötajale raske kehavigastuse või eluohtliku seisundi [10].

Tööõnnetuse mõiste on defineeritud 1989. aastal loodud Euroopa Liidus tööohutust reguleeriva raamdirektiivi 89/391/EMÜ-ga. Raamdirektiiviga on seotud üle 25 valdkonda täpsustavat direktiivi, mis panevad paika tööohutuse miinimumnõudeid, mida liikmesriigid peavad oma riigi õigusesse üle võtma [11]. Selleks, et parandada tööohutuse näitajaid ehitustööl, loodi 24. juunil 1992. aastal direktiiv 92/57/EMÜ. Direktiiviga rakendati ehitusplatsidele miinimum tööohutuse nõuded.

Lisaks kõikidele teistele kohustustele, tõi direktiiv endaga kaasa uue rolli ehitusväljakul – koordinaatori. Direktiivis on määratud kaks koordinaatorit: projekti- ja objektikoordinaatorid. Erinevad riigid on interpreteerinud neid rolle erinevalt. Prantsusmaal määratakse töödemeistri, kes on tellijale projektijuhiks ning vastutab tööohutuse korraldamise eest. Ühendkuningriikides määratakse projekteerimise staadiumi koordinaator – planeerimise juhendaja – ning ehitusaegse tööohutuse juhtimise eest vastutab peatöövõtja [2]. Eestis, kus tööohutuse seadus kohandati direktiivile vastavaks Euroopa Liiduga ühinemisel 2004. aastal, on koordinaator eraldiseisev inimene.

Ehitussektor ei ole aga alati olnud nii reguleeritud. Tööstusrevolutsiooni ajal suurenesid projektid ning sellega koos ka tööõnnetuste arvud hüppeliselt. Sellel ajal tekkis Euroopa avalikus sektoris vajadus tööohutust paremini reguleerida, ent esimesed seadused ilmusid alles 19. sajandi teisel poolel. 20. sajandil oli juba loodud rida seadusi ning hakatud laialdaselt kasutama isikukaitsevahendeid, paljudes riikides tehti kiivrite kasutamine kohustuslikuks [12]. 1930. aastal ehitatud Empire State Buildingu projektis töötanud 3400 töolisest said tööõnnetustes surma viis, mis tähendab 1,47 surma 1000 töölise kohta ning samal aastal Chrysler pilvelõhkuja ehitusel ei toimunud ühtegi surmaga lõppenud tööõnnetust 3000 töölise seast [13].

Kuigi Nõukogude Eestis peeti tööohutust oluliseks, ei olnud siiski isikukaitsevahendid ega töövõtted tõhusad. Joonisel 1.1 on jäädvustatud kuidas kogukond ehitas Estonia teatri- ja kontserdihoonet 1911. aastal ohtlikel töölavadel.



Joonis 1.1 Estonia teatri- ja kontserdihoone ehitus 1911. aastal (autor: Georg Johannes Parikas)

Ka hilisematel 20.sajandi ehitusplatsidel ei olnud ohutusmeetmed aktiivselt rakendatud. Joonisel 1.2 võib juba näha 1989. aasta ehitusmaleva töötingimusi Tallinna Tehnikaülikooli ehitamisel.



Joonis 1.2 Tallinna Tehnikaülikooli ehitus 1989. aastal (allikas: Fotis)

Viimase 10 aasta jooksul on ehitusplatside tööohutuse pilt muutunud oluliselt. Selle aja jooksul on eluruumide ehitusmaht suurenenud iga aasta 2% võrra [14], enamus eluruumidest on olnud korterelamud. See on aga pannud aluse aktiivsemale betoonvalmistoodete kasutamisele muutes kõrgustes töötamise tööohutuse aktuaalseks teemaks. Kõrgustes töötamise tööohutus aga ka muud tööohutuse nõuded on märkimisväärselt tõhusamad, kui nad olid 10 aastat tagasi.

Nii võib näiteks joonisel 1.3 näha ränkasiid tööohutusnõuete rikkumisi 2010. aasta ehitusplatsil: ehitajad ei kanna kiivreid ega helkurmaterjaliga varustatud tööriivaid, samuti puuduvad korruse perimeetril piirded. Joonisel 1.4 on aga näide sama ehitusplatsi käiguteede puudulikkusest korraldusest.

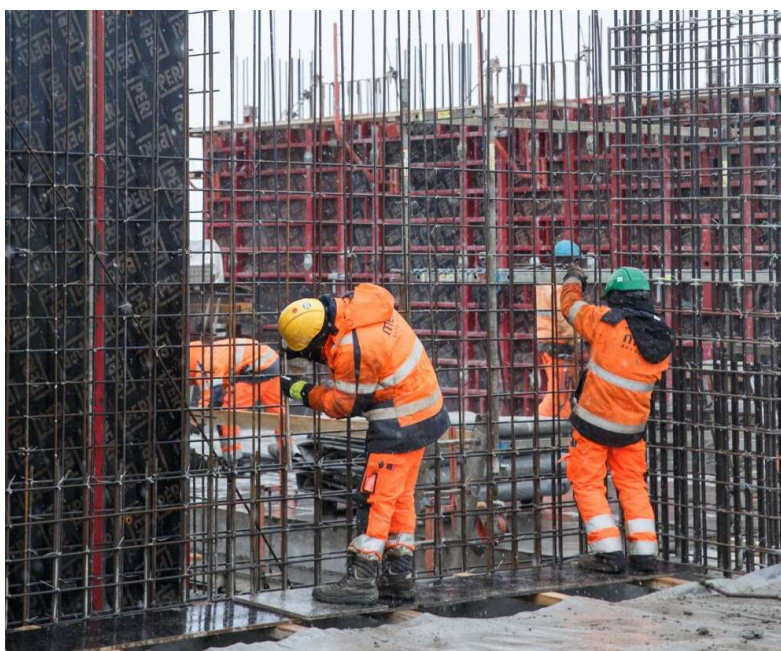


Joonis 1.3 Näide 2010. aasta ehituse töötööde tööohutuse korraldusest (allikas: AS Merko Ehitus Eesti)



Joonis 1.4 Näide 2010. aasta ehituse käiguteede korraldusest (allikas: AS Merko Ehitus Eesti)

Tänapäeval näeb üha vähem selliseid näiteid ning ehitusplatsidel töötavad töölised on valdavalt hästi varustatud ning järgivad tööohutusnõudeid (Joonis 1.5). Joonisel 1.5 kannavad ehitustöölised helkurmaterjaliga varustatud tööriivaid ning kindaid, kaitsejalanõusid ja kiivreid.



Joonis 1.5 Näide 2020. aasta ehitusplatsilt korrektselt varustatud töolistest (autor: Raul Mee)

Sellegi poolest Euroopa Liidu tööohutuse alaste õigusaktide hindamisest on selgunud, et tööohutuse korraldamiseks vaid seaduse rakendamisest ei piisa. Tööohutuse eeskirjade tõhusaks rakendamiseks on vaja paremaid vahendeid [11].

Eestis pakub ehitiste projekteerimise eriala vaid üks ülikool – Tallinna Tehnikaülikool. Uus 2017. aastal vastuvõetud õppekava ehitiste projekteerimise ja ehitusjuhtimise erialale (integreeritud õpe 300 EAP mahus) ei sisalda otseselt ühtegi tööohutust puudutavat õppeainet. Ainsad õppeained, mille käigus võidakse kaudselt käsitleda ka ehitusetappide tööohutuse teemasid on Ehituskorraldus (EPX5520) ja Ehitustehnoloogia (EPX5500).

Üsna oluliseks faktoriks ehitusplatsi tööohutuse analüüsimisel on ka see, et paljud ehitusväljaku töölised ei ole keskkooli haridust lõpetanud. Riikides, kus on kõige suurem keskkoolist väljalangenud õpilaste arv, on ka kõige suurem tööõnnetuste arv [2]. Statistikaandmete järgi oli Eestis 2019. aastal 58,4 tuhandest ehitusvaldkonnas töötajast 10,2 tuhat esimese taseme haridusega; 37,1 tuhat oli teise taseme haridusega ning 11,0 tuhat kolmanda taseme haridusega. 2018. aastal 58,3 tuhandest ehitusvaldkonnas töötajast 10 tuhat oli esimese taseme haridusega, 36,6 tuhat oli teise taseme haridusega ning 11,7 oli kolmanda taseme haridusega [15].

1.1 Ülevaade Eesti ehitusvaldkonna tööõnnetustest

Tööinspeksiooni järelevalve alla kuuluvad töölepingulised töötajad, kes moodustavad 85% töötajatest (568 197 töötajat 671 300-st). Need töötajad töötavad 59 803 ettevõttes – see moodustab vaid 45% kõikidest Eestis 2019. aastal registreeritud ettevõtetest. See tähendab, et vaid 45% ettevõtetest on Tööinspeksiooni järelevalve all ning Tööinspeksioonis on registreeritud vaid need tööõnnetused, mis on toimunud töölepingulise töötajaga [1].

2019. aastal registreeriti 4265 tööõnnetust (neist 436 ehk 10% ehitusvaldkonnas), millest kergeid oli 3125, raskeid 1125 ning surmaga lõppenuid 15. Nendest andmetest selgub, et Eestis toimub eri valdkondades kokku iga 1000 töötaja kohta ligikaudu 6

tööõnnetust. Võrreldes eelneva aastaga ei ole raskete ega surmaga lõppenud tööõnnetuste arv vähenenud, ent kergete tööõnnetuste arv on vähenenud 913 võrra. Seda peamiselt selle tõttu, et alates 2019. aastast Tööinspeksioon ei registreeri enam vigastusi, mille käigus töötajal ei teki tervisekahjustust, mis põhjustaks töövõimetuslehele jäämist [1]. See aga tähendab, et ka kergete tööõnnetuste arv ei ole tegelikkuses vähenenud.

2019. aasta sihtkontrollide ja statistikale toetudes on tööinspektorid täheldanud, et ehitusvaldkonnas on raskeid tööõnnetusi vähemaks jäänud, mida seotakse võõrtööjõu olemasoluga. Samuti on tööõnnetuste varjamise tendents oluliselt taastunud. Seda asjaolu toetab näitaja, mille järgi toimub raskeid või surmaga lõppenuid tööõnnetusi väikeettevõtetes 10% rohkem kui suurtes ettevõtetes. Kergete tööõnnetusi on väiksemates ettevõtetes lihtsam varjata [1].

Tööinspeksiooni 2018. aasta põhjaliku töökeskkonna ülevaate põhjal registreeriti enim tööõnnetusi metallitööstuses, kaubanduses ning ehituses. Tööinspeksiooni avaandmete põhjal perioodil 2014-2018 (12.02.2018 seisuga) on Eestis olnud kokku 23 959 tööõnnetust, millest 5% juhtumitest olid aset leidnud ehitussektoris. Neist 65% olid kerge raskusastmega, 34% raske raskusastmega ning 1% ehk 12 juhtumit lõppesid surmaga. Riskianalüüs oli samal perioodil tehtud 957 juhtumil, kuid vaid 67% juhtumitest oli sellega arvestatud [16].

Peamisteks tööõnnetuste põhjusteks on puudulik väljaõpe ja juhendamine, puudulik töökeskkonna sisekontroll, tööohutustõuete rikkumine töötajate poolt, töövahendi mittevastavus tööohutustõuetele ning isikukaitsevahendite mittekasutamine või puudumine. Ligikaudu 30% tööõnnetustest on juhtunud uute töötajatega, kes on töökohal olnud vähem kui aasta. See tähendab, et uute töötajate väljaõpe ning juhendamine ei ole olnud piisav. Tööõnnetuse peamisteks kõrvalekalleteks on kontrolli kaotamine tööriista või töödeldava materjali üle, kõrgelt kukkumine ning koordineerimata liigutused ehk tegutsemine vales kohas.

Lisaks statistikale korraldab Tööinspeksioon järelevalve raames vähemalt kaks korda aastas üleriigilisi ehitusplatside sihtkontrolle – kevadel ja sügisel. 2019. aastal oli suurima järelevalve all ehitus – 27% sihtkontrollidest kokku. Sihtkontrollide tulemusena peatati töö 198 korral – enamik juhtudest toimus ehitustöödel, rikkumised olid seotud kõrgustes töötamise ohutuse ning isikukaitsevahenditega. [1] Ka 2014-2018 perioodi sihtkontrollide tulemustest selgub, et kõige enam ei vastanud õigusaktide nõuetele kõrgustes töötamine. Eelkõige kontrolliti töölavade kaitsepiirdeid, isikukaitsevahendeid ning tellingute nõuetekohast kasutamist. Ent erilise tähelepanu all olid tööohutuse

korraldamine ehitusplatsil, üldkontrollide läbiviimine ning koordinaatori tööülesannete täitmine [17]–[24].

Sihtkontrollide põhjal selgub lisaks, et sageli ehitusplatside olmeruumide nõuded ei ole täidetud. Tulemuste võrdlusest järeldeb, et perioodil 2014-2018 on üldjoontes tulemused jäänud samaks, seejuures nõuded ehitusplatsi üldkontrollide ning tööohutuse korraldamise suhtes on muutunud rangemaks.

1.2 Tööohutus Skandinaavia ehitussektoris

Skandinaavia riikide tööohutuspõhimõtteid uuritakse erinevate riikide poolt ning ka Eesti võtab sageli sealse töökorralduse praktika eeskujuks. Näiteks Soome ehitustööstus on seadnud eesmärgi null-tööõnnetuse olukorra saavutamiseks. Selle saavutamiseks on Soomes tehtud kohustuslikuks ka õnnetusohlike olukordadest teavitamine ning uurimine [25].

Rootsi on aga Euroopa riikidest esimeste seast, kes võttis 1997. aastal vastu Euroopa Nõukogu direktiivi 89/391/EMÜ töötajate töetervishoiu ja tööohutuse parandamise kohta [26]. Rootsi ehitusplatside tööohutust reguleerib mitte ainult seadusandlus ja rahvusvahelised standardid, vaid ka riigisiselt 1997. aastal kujundatud *Vision Zero* projekt [27]. Visiooni põhimõte seisneb arusaamas, et elu ja tervist ei saa kunagi ühiskonnas teiste hüvede vastu vahetada.

Sellel visioonil põhineb ka Skanska viie nulli põhimõte, kus kesksel kohal on null-tööõnnetuse eesmärk [28]. Skanska on maailma üks suurimaid ehitusettevõtteid – Eesti filiaal Skanska AS on saanud korduvalt Tööinspektsioonilt parima tööohutus praktika tunnustust.

Lisaks eelmainitule, on Rootsi ehitussektori tööohutuse andmed väga põhjalikud ning ülevaatlikud. Selle tõttu kasutatakse antud magistritöös võrdluse toomiseks just Rootsi statistikat. Võrdlus põhineb 2018. aasta tööõnnetuste andmetel, mida töödeldi 2019. aasta juunis. Statistika hõlmab kõiki õnnetusi, millest on teatatud ning mis põhjustasid vähemalt ühe päevase haiguspuhkuse. Ehitussektori tööõnnetuste statistika raporti

tellib iga aasta Rootsi ehitustööstuse keskne töökeskkonnanõukogu (BCA). Raportis uuritakse ka kutsehaiguste tendentse [29].

Tööõnnetusjuhtumite mõiste hõlmab ka liiklusõnnetuste juhtumeid (st tööõnnetused töölt tööasjus lahkudes). Liiklusõnnetuste juhtumeid, mis toimusid väljaspool tööaega ehk teel tööle või koju, ei arvestata tööõnnetuste statistikas, kuid need hüvitatakse sotsiaalkindlustusameti poolt, ja seetõttu ei käsitleta neid aruandes üksikasjalikumalt [29].

Rootsi ehitussektoris töötas 2018. aastal 70 487 võõrtöölist. See arv kasvas eelneva aastaga võrreldes 6% võrra [30]. Enamus võõrtöölistest on koduriigis kindlustatud ning neid statistikas ei kajastata. See kehtib isegi juhul, kui õnnetus juhtub Rootsis töötades. Seevastu arvatakse Rootsi statistikasse sisse Rootsis kindlustatud töötajaid, kellega välismaal töötades juhtub tööõnnetus [29].

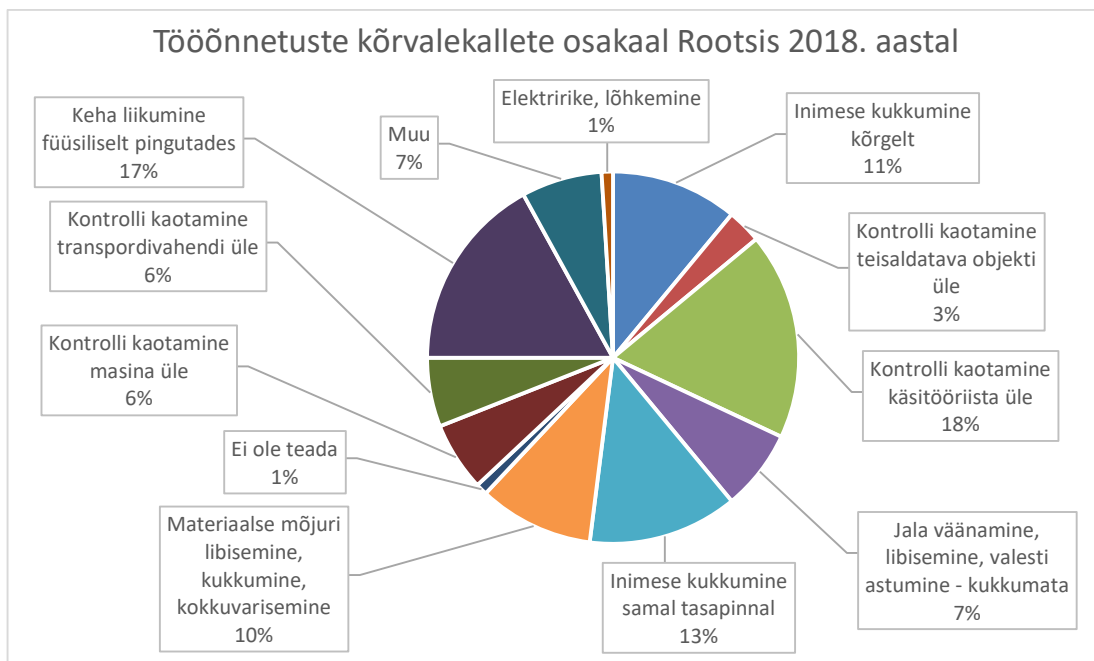
Tööõnnetuste sageduste arvutamine ning erinevate aastate ja majandusharude tulemustega võrdlemine põhineb töötajate arvul. Need andmed on võetud Rootsi statistikaameti registripõhisest tööturustatistikast (RAMS), mis on iga-aastane kogu tööturu uuring. RAMS põhineb muu hulgas ka tööandjate kontrollülesannetel ja ettevõtjate deklaratsioonidel [31].

1.2.1 Ülevaade Rootsi ehitusvaldkonna tööohutusest

Registreeritud tööõnnetuste arv kasvas 2018. aastal 2158-lt 2290-le, 1000 töötaja kohta kasvas õnnetuste sagedus 11,3-lt 11,5-ni. Viimase kümnendi jooksul on see sagedus olnud keskmiselt veidi üle 11,0. Ajalooliselt madalaim tööõnnetuste sagedus 1000 töötaja kohta oli 2009. aastal 10,2 [32], mida saab seostada 2009. aasta majanduskriisist põhjustatud ehitusmahtude tagasilöögiga. Ehitustöötajate arv vähenes 2008. aastaga võrreldes 6,5% võrra ning ehituse osakaal SKP-sse langes 8,2% võrra. Ehituskäive kasvas 2010. ja 2016. aastate vahemikus 42,3% ning tööhõive ehituses suurenes 20,2%. Ehitussektori kasvu põhjustas sisenõudlus – suurenenud kulutused varjupaigataotlejate sissevooluga toimetulekuks [33]. Sellegi poolest on 2018. aastani tööõnnetuste sagedus 1000 elaniku kohta ühtlaselt langenud [32].

Kõrvalekalletest kõige sagedasemaks osutusid tööriistade käsitlemisest saadud kahjustused 386 juhtumiga (18%). Teised kõrvalekallete põhjustajad olid raskete

koormuste tõstmised – 380 juhtumit (17%), töölaual kukkumised (samal tasandil) – 311 juhtumit (13%) ning kõrguselt kukkumised – 252 juhtumit (11%). Materjalide kukkumise ja kahjustumise tagajärjel juhtus 241 õnnetust (10%) (Joonis 1.6). Võrreldes 2003. aastaga, tööriistade vale käsitlemise tagajärjel juhtunud õnnetuste arv vähenes kõige rohkem, samas kui kukkumiste arv suurenes kõige enam [32].



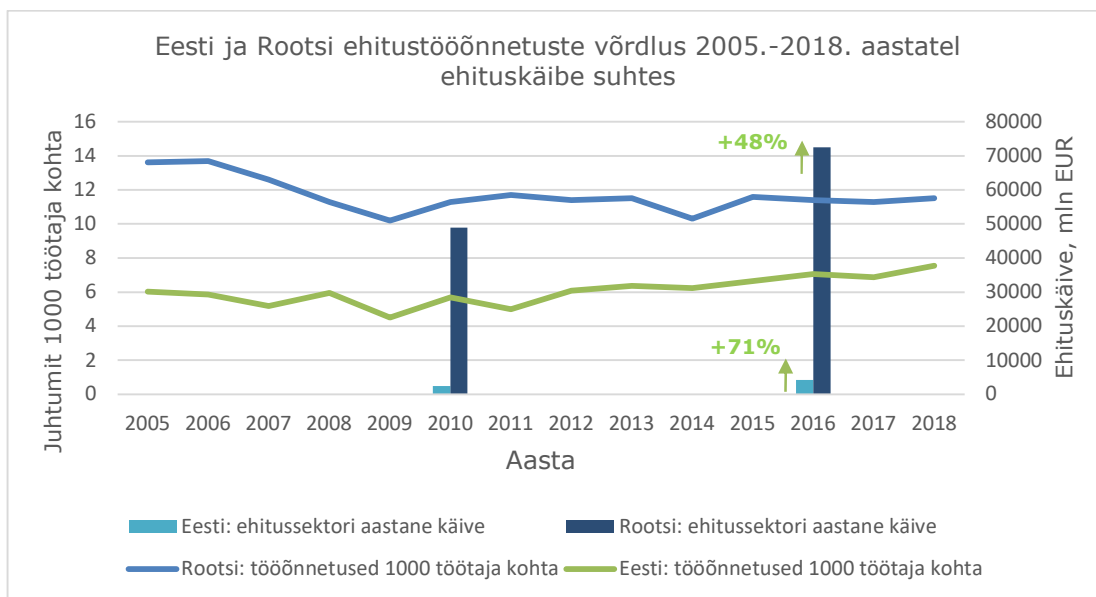
Joonis 1.6 Rootsi ehitusvaldkonna tööõnnetuste kõrvalekalded 2018. aastal

2018. aastal sai tööõnnetustes surma kaheksa töötajat – seda on nelja juhtumi võrra rohkem kui 2017. aastal ning rohkem kui viimase kümne aasta surmaga lõppenud õnnetuste keskmine [32].

1.2.2 Eesti-Rootsi ehitustööõnnetuste võrdlus

Nii Rootsis kui ka Eestis võib märgata, et aastatel 2005 kuni 2009 vähenesid tööõnnetuste arvud (Joonis 1.7) – mõlemad riigid läbisid siis suurt majanduskriisi. 2008. ja 2009. aasta vahemikus vähenes Eesti ehitussektori käive 31,9% võrra, mida põhjustas suur langus nii ehitusmahtudes kui ka ehitustööliste arvus. Alates 2010. aastast hakkas ehitussektor taastuma.

2010. ja 2016. aastate vahemikus kasvas Eesti ehitussektori käive 71% (2435,6 miljonilt 4174,1 miljoni euroni) võrra ning ehitustööliste arv kasvas 13,9% võrra. Sarnast tendentsi võis jälgida ka Rootsi ehitussektoris, ent kohati laugema muutusega. Rootsi ehitussektori aastane käive suurenes 2016. aastal 48% võrra võrreldes 2010. aastaga (48 888,3 miljonilt 72482,4 miljoni euroni). Ehitustööliste arv suurenes aga 20,2% võrra [33], [34].



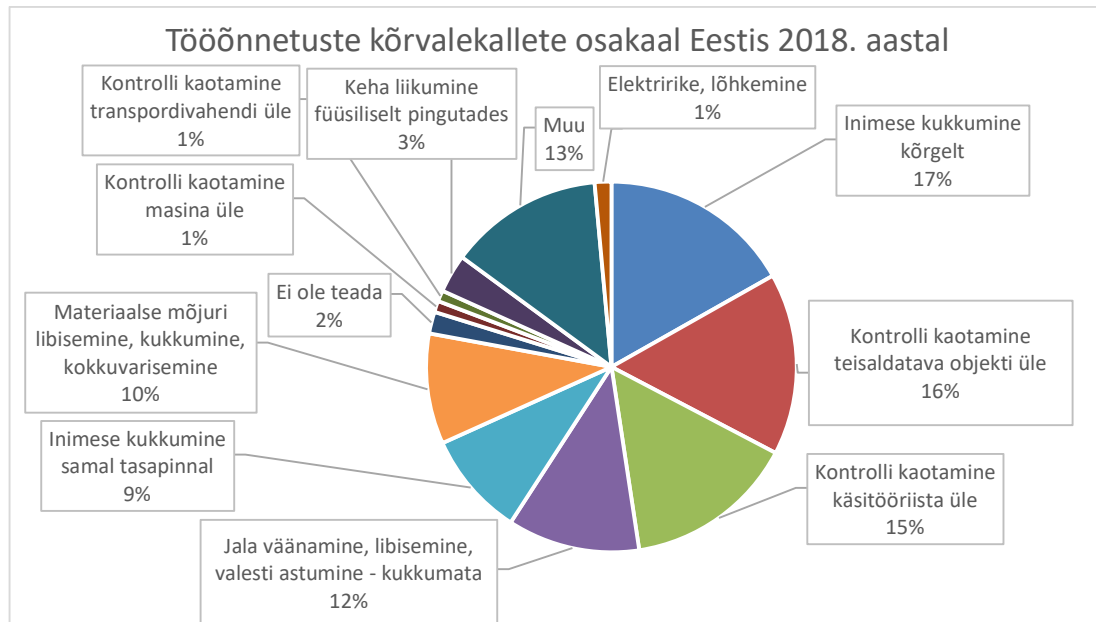
Joonis 1.7 Eesti ja Rootsi ehitustööõnnetuste võrdlus 2005.-2018. aastate lõikes

Joonisest 1.2 selgub, et Eesti ehitussektori pea kahekordse intensiivistumisega muutus olukord ka tööõnnetuste näitajates. Aastast 2010 on Eesti ehitusvaldkonnas tööõnnetuste arv ühtlaselt suurenenud, kasvades 1000 elaniku kohta vahemikus 4 kuni 8. Samas kui Rootsi tööõnnetuste arv 1000 ehitustöölise kohta on püsinud ühtlaselt 10 ja 12 vahemikus (Joonis 1.2). Sellest võib järeldada, et mõlemas riigis ehitustööliste arv kasvas kiiremini kui tööõnnetuste arv.

Kui võrrelda 2019. aasta surmaga lõppenud tööõnnetuste arvu viimase 20 aasta näitajatega, siis võib järeldada, et töökeskkonna olukord on sarnane 2012-2015. aastatega [1]. Ent seejuures on ka töömahud vastavalt kasvanud, ehitussektori panus SKP-sse kasvas 2017. aastal 2,3% võrra ja 2018. aastal 2,8% [34].

Tööõnnetuse juhtumite kõrvalekaldeid võrreldes võib märgata üsna olulisi erinevusi kahe riigi lõikes. Rootsis olid tööõnnetused kõige sagedamini põhjustatud tööriista üle kontrolli kaotamisest (18%), füüsiliselt pingutades liikumisest (17%) ning inimese

komistamisest ja samal tasapinnal kukumisest (13%) (Joonis 1.6) – samas, kui Eestis moodustasid need kõrvalekalded vastavalt 15%, 3%, 9% (Joonis 1.8). Eestis olid 2018. aastal kõige sagedasemad tööõnnetuste kõrvalekalded kõrgelt kukumine (17%), kontrolli kaotamine teisaldatava objekti üle (16%) ning kontrolli kaotamine käsitööriista üle (15%).



Joonis 1.8 Eesti ehitusvaldkonna tööõnnetuste kõrvalekalded 2018. aastal

Rootsi ehitusvaldkonna tööõnnetuste järgi võib eeldada, et tööõnnetuste sagedasteks põhjusteks on puudulik käiguteede korrashoid ning töövahendi kasutamise koolitused. Eesti ehitusvaldkonna tööõnnetuste kõrvalekalletest aga selgub, et on jäänud vajaka tõstetööde töödekorraldusest ning töövahendi kasutamise koolitustest. Kõige sagedasema kõrvalekalde põhjustajaks on aga puudulik kõrgustes töötamise isikukaitsevahendite kasutamisekord. Erinevused võivad tuleneda ka erinevast tööõnnetuste kategoriseerimisest.

2. EHITUSPLATSI TÖÖOHUTUSE KORRALDAMISE REGULEERIMINE

Ehitusplatsi tööohutust reguleerivad peamiselt Töötervishoiu ja tööohutuse seadus (TTOS), Töötervishoiu ja tööohutuse nõuded ehituses (määrus nr 377), ettevõtte tööohutuse juhtimissüsteemid, mis toetuvad põhiliselt rahvusvahelistele standarditele (EVS-ISO 45001:2018), ehitusprojekti spetsiifika ning tellija ja peatöövõtja vaheline leping, kus võidakse leppida kokku eraldi tööohutustingimustes.

Ehitustöö ohutuse eest vastutavad ehitise omanik ja ehitusettevõtja ehk peatöövõtja. Ehituse omanik korraldab asjatundliku omanikujärelevalve. Omanikujärelevalve teavitab omanikku tööohutuse nõuete rikkumisest või ohtlikult tehtavast ehitustööst. Peatöövõtja vastutab ehitusplatsil töötavate ning selle mõjupiirkonnas asuvate inimeste ohutuse eest. Kui peatöövõtjat ei ole määratud, siis sõlmitakse leping tööohutuse ühistegevuse kohta. Kokkuleppe puudumisel vastutavad tööandjad ehitusplatsi tööohutuse eest solidaarselt [35].

Ehitustööde ajal on tööohutuse korraldamises kõige olulisemaks isikuks koordinaator. Määruse nr 377 §6 lõike 1 järgi on koordinaator vähemalt 3-aastase ehitusalase praktilise kogemusega spetsialist, kes on läbinud ehitustööde ohutusalase väljaõppe kestusega vähemalt 8 tundi [36]. Eesti ehitusplatsidel on tavaliselt koordinaatoriks määratud objektijuht, kes on läbinud vajaliku ettevalmistuse.

Elektritööde ohutus on spetsiifiline ja valdkonnapõhine, mille korraldamist tagab ja selle eest vastutab pädevust omav käidukorraldaja, seepärast antud magistritöös ei käsitleta seda süvitsi. Antud töö referentsobjekti koordinaatoriks oli ehitusplatsi objektijuht, kes vastas ühtlasi ka esmaabi eesti.

2.1 Peatöövõtja roll tööohutuse korraldamises

Peatöövõtja vastutab kogu ehitusplatsi tööohutuse korralduse eest. Joonisel 2.1 on välja toodud kõik peatöövõtjast tulenevad vastutusliinid. Tööohutuse etapid on skeemil jaotatud ehitustöid ettevalmistavateks ning ehitustöö ajal sooritavateks tegevusteks (Joonis 2.1). Joonise koostamisel on arvestatud nii ehitustööde ohutust reguleerivate seaduste ja määrustega, kui ka Merko tööohutuse juhtimissüsteemi ettekirjutistega.

Vähemalt kolm päeva enne ehitustööde algust saadab peatöövõtja Tööinspektsoonile eelteate. Lisaks sõlmib peatöövõtja töövõtjatega lepinguid, kus kajastatakse tööohutuse korraldamisega seotud tingimusi. Seejärel luuakse ehitusplatsi tutvustav loeng, mis on mõeldud töötajatele ning ka töövõtjatele projekti sissejuhatuseks. Samuti luuakse objekti oma töösisekorra eeskiri ja vastutusmaatriks, milles määratakse objektil ohutuse tagamise eest vastutavad võtmeisikud vastavalt joonisel 2.1 toodud valdkondades.

Järgmiseks oluliseks dokumendiks on kirjalik tööohutuse plaan koos ehitusplatsi skeemiga, mille koostamise ülesanne on määratud koordinaatorile ning käidukorraldajale. Enne ehitustööde algust koostab käidukorraldaja käidukava. Tööohutusplaani ja käidukava järgi määratletakse ohtlikud tööd, mille teostamiseks väljastatakse ohtliku (elektri)töö luba.

Määrus nr 377 §4 järgi peab tööohutuse plaan sisaldama tööetappide järjestust ja kestust, ehitusplatsil tehtavate ohtlike tööde loetelu, nende orienteerivat tegemise aega, nende eest vastutava isiku kontaktandmeid ning abinõusid töötajate ohutuse tagamiseks. Tööohutuse plaani osaks on ka ehitusplatsi skeem, millel tuleb näidata sealhulgas ka materjalide laadimis- ja ladustamiskohad, masinate ja seadmete paiknemiskohad, liikumisteede ja ohualade paiknemine jne [36].

Ka töövõtjal on tööandjana ning ühistegevuse osapoolena ülesanded ehitusplatsi tööohutuse tagamises. Enne töödega alustamist tutvuvad töövõtja esindajad peatöövõtu ehitusplatsi töösisekorra eeskirja, tööohutuse plaani ning tööohutuse juhendiga ning nende põhjal korraldavad oma töötajatele vastavad juhendamised. Juhendamine peab olema dokumenteeritud ning kajastatud töövõtja juhendamise kaardis. Vorm peab sisaldama kõikide töötajate ning töövõtja esindaja allkirju. Lisaks esitab alltöövõtja koordinaatorile ohutuskava vormi ja kooskõlastab ohtliku töö aja.

Ehitustööde ajal jälgitakse ohutusnõuete täitmist. Käidukorraldaja viib läbi elektriohutuse kontrolle töövõtjatele. Koordinaator aga täidab joonisel 2.1 välja toodud kohustusi, sealhulgas tööhutusplaani ajakohastamine, isikukaitsevahendite kontrollimine ja ohualade märgistamine. Liikluskorralduse eest vastutav isik koostab liikluskorralduse skeemi ohutu liikluskorralduse tagamiseks ning esmaabi eest vastutav isik kontrollib esmaabivahendite olemasolu. Töövõtja teostab ohutuse kontrolli lähtudes tööde spetsiifikast ning nõuetest ja teeb kindlaks töövahendite, kraanade, tellingute, raketiste, tuge, kaitsevahendite jm konstruktsiooni ohutust [36].

Lisaks määratleb üldiseid ohutusnõudeid tööandjale Töötervishoiu ja tööohutuse seadus. Need käsitlevad nõudeid töökohale, töövahendile ning tööohutuse korraldusele. Nõuded rakenduvad ehitusplatsil nii peatöövõtjale kui ta töövõtjatele.

Töökohal peavad olema kättesaadavad esmaabivahendid ning muud ohutusvahendid. Töökoha ohualad peavad olema märgistatud ning liikumisteed valgustatud. Tööandja tagab kasutajale töövahendi kasutamiseks vajaliku väljaõppe ja ohutusalase juhendamise.

Tööandja kindlustab, et kõikidel töötajatel oleksid vajalikud erialateadmised ja oskused. Tööandja peab tagama kõikide töötajate teadlikkust esmaabi andmisega seotud abinõudest ja esmaabivahendite kättesaadavust töökohal. Tööandja peab välja valima töötajate hulgast vähemalt ühe esmaabiandja, kelle peab omal kulul koolitama iga kolme aasta järel.

Tööandja peab välja töötama ühtse ennetuspoliitika, mis hõlmab tehnoloogiat, töökorraldust, töötingimusi, sotsiaalsuhteid ja töökeskkonnaga seotud tegurite mõju. Tööohutuse olukorda ettevõttes kontrollitakse süstemaatiliste sisekontrollide abil. Sellesse on kaasatud töötajad ja selle aluseks on töökeskkonna riskianalüüsi tulemused.

Tööandja peab korraldama töökeskkonna riskianalüüsi, mille käigus selgitatakse välja töökeskkonna ohutegurid, mõõdetakse vajaduse korral nende parameetrid ning hinnatakse riske töötaja tervisele ja ohutusele. Tööandja peab koostama riskianalüüsi tulemuste põhjal tegevuskava, milles planeeritakse kõiki ettevõtte tegevusalasid terviseriskidega arvestades ning pakutakse nendele lahendusi koos ajakava ning vajalike vahenditega.

2.1.1 Bioloogiliste ohuteguritest mõjutatud tööohutuse nõuded

Vabariigi Valitsus kuulutas 12. märtsil välja eriolukorra, millele järgnes AS Merko Ehitus Eesti koostatud 30. märtsil jõustunud uus platsi töökorra reeglistik. Uued COVID-19 viiruse leviku ennetamise täiendavad ohutusreeglid rakendati ka referentsobjektile. Viiruse leviku ennetamiseks ehitusplatsil rakendati järgmised meetmed (lisaks üldisele 2+2 reeglile):

- kaitseprillide ning -maski kandmine kogu ehitusplatsil viibitud aja jooksul (Joonis 2.2);
- objektikontorisse sisenemise keeld Merko platsimeeskonnast välistel inimestel (Joonis 2.3);
- kord päevas soojakupargi ruumide desinfitseerimine;
- objekti kontorite varustamine käte desinfitseerimisvahenditega (Joonis 2.4);
- töövõtjate kohustus jälgida töötajate tervises seisundit;
- haigestunu tuvastamisel tööde peatamine 72 tunniks ning lähikontaktsete 14-päevane karantiini suunamine;
- infosiltide paigaldamine objekti kontori juurde ning soojakutesse.



Joonis 2.2 Näide kaitseprillide ja -maski kandmise kohustusest (allikas: AS Merko Ehitus Eesti)



Joonis 2.3 Näide objekti kontorisisse sisenemise keelusildist (allikas: AS Merko Ehitus Eesti)



Joonis 2.4 Näite käte desinfitseerimisvahenditega varustamisest (allikas: AS Merko Ehitus Eesti)

3. TÖÖOHUTUSE KORRALDAMINE JA DIGITALISEERIMISE MONITOORIMINE KANDEKONSTRUKTSIOONIDE EHITAMISEL

3.1 Case study Veerenni kvartal

Käesoleva lõputöö raames valiti *case study* referentsobjektiks Veerenni hoonekompleksi uusarendus. Referentsobjekt on valitud eelkõige sellepärast, et rajatava kompleksi projekt põhineb BIM-mudelil ning on piisava monteerimistöde mahuga, et kaardistada tööohutuse meetmeid ning monitoorida digitaliseerimise efektiivsust. Veerenni II etapi suureks eeliseks on projekti korduvus. Teisel etapil saadud teadmisi ning prototüüpi võib rakendada ning edasi monitoorida ka kolmanda etapi ehitusel.

Uus-Veerenni hoonekompleks on AS Merko Ehitus Eesti omaarendus projekt, mille järgi rajatakse 10-15 aasta jooksul ligikaudu 1400 uut korterit. Projekt on jaotatud kaheks osaks: Uus-Veerenni Allee ning Uus-Veerenni Park (Joonis 3.1). Uus-Veerenni Allee projekt on jagatud kolmeks etapiks. Antud lõputöös käsitletakse lähemalt Uus-Veerenni Allee osa teise etapi ehitust.

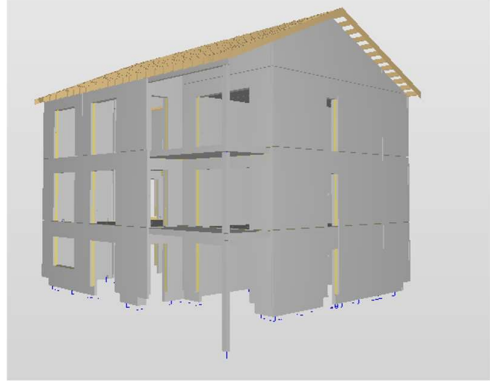
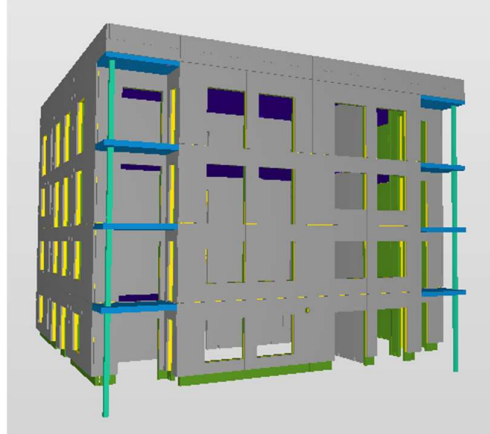
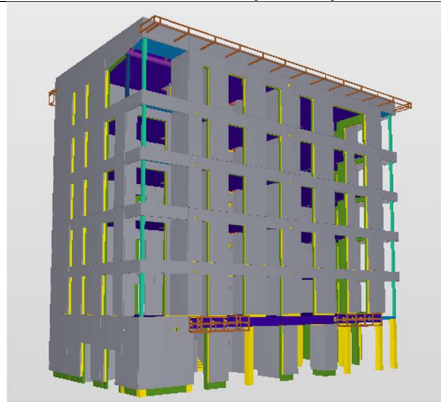


Joonis 3.1 Veerenni hoonekompleksi etapid (allikas: merko.ee)

Ehitustöödega alustati Uus-Veerenni Allee I etapil 2018. aastal ning lõpetati 2019. aastal. Eluhoonete teise etapi ehitus algas 2019. aastal ning lõppeb 2020. aasta lõpus.

Projekti arhitekt oli I etapiga sama – Johann Aksel Tarbe, projekteerijaks oli aga valitud AS Merko Ehitus Eesti (Tabel 3.2). Ehituse brutopind moodustab 12 530 m², mis hõlmab kaheksa 3-, 4- ja 6-korruselise hoonet, mida kõiki ühendab üks maa-alune korrus (Tabel 3.1). Kuuekorruseliste hoonete esimesel korrusel on äripinnad. Kokku ehitatakse teises etapis 88 korterit (Tabel 3.3)[37]. Maa-alusel korrusel asuvad parkimiskohad, panipaigad ja jalgrataste hoidmise kohad [38]. Ülejäänud kvartali arendust ja sellega seonduvat lõputöös ei käsitleta.

Tabel 3.1 Näited tüüphoonetest mudelist ja pildistatud I etapi objektist (allikas: merko.ee)

3. korruseline hoone (foto I etapist)	3. korruseline hoone (mudel)
	
4. korruseline hoone (foto I etapist)	4. korruseline hoone (mudel)
	
6. korruseline hoone (foto I etapist)	6. korruseline hoone (mudel)
	

Tabel 3.2 Uus-Veerenni Allee I ja II etapi andmed

Uus-Veerenni Allee	1. etapp	2. etapp
Tellija	AS Merko Ehitus Eesti	
Ehitaja	AS Merko Ehitus Eesti	
Arhitekt	Johann-Aksel Tarbe	
Projekteerija	E-Inseneribüroo OÜ	AS Merko Ehitus Eesti
Projekti kestus	2018-2019. aasta	2019.-2020. aasta
Hoonete arv:	12 hoonet	8 hoonet
3. korruselised	6 hoonet	4 hoonet
4. korruselised	2 hoonet	2 hoonet
6. korruselised	6 hoonet	2 hoonet
Korterite arv	137 korterit	88 korterit
Brutopind	14 128 m ²	12 530 m ²

Tabel 3.3 Uus-Veerenni Allee II etapi hoonete andmed

Hoone	Aadress	Korruste arv	Korterite arv	Korterite pindala, (m ²)	Äripindade arv	Äripindade pindala, (m ²)
1	Veerenni 36a/1	3	3	354,3	-	-
2	Veerenni 36a/2	3	3	354,3	-	-
3	Veerenni 36a/3	3	3	354,3	-	-
4	Veerenni 36a/4	3	3	354,3	-	-
5	Pille 9/2	6	17	1183,8	2	185,7
6	Pille 9/3	6	17	1183,8	2	161,2
7	Pille 9/1	4	21	1079,7	-	-
8	Pille 9/4	4	21	1079,7	-	-
KOKKU		32	88	5944,2	4	346,9

Joonisel 3.2 on toodud Uus-Veerenni II etapis rajatavate hoonete paiknemine. Veerenni tänava ääres paiknevad kolmekorruselised suurte rõdudega viilkatustega kortermajad. Igal korrusel on üks korter ning kõigi kolme korteri peale on olemas ka lift. Kuuekorruselised hooned paiknevad sisekvartali pargiala ääres. 6-korruseliste ning 3-korruseliste hoonete vahele jäävad 4-korruselised elamud, mis paigutuvad kvartali servadesse [38].

Vaadeldavas lõputöös keskendutakse Uus-Veerenni Allee teise etapi viienda hoone kandekonstruktsioonide ehitusele. See on kuuekorruseline hoone aadressil Pille 9/2 (Joonis 3.2). Selle hoone montaažitööde maht võrreldes teiste hoonetüüpidega on kõige suurem. See tähendab, et ohtlikud tõstetööd ning kõrgusel töötamine kestis just kuuekorruselise hoonel kõige kauem.



Joonis 3.2 Uus-Veerenni II etapi hoonete paiknemine ning uuritav hoone (märgistatud punasega)(allikas: merko.ee)

3.2 Kandekonstruksioonid

Maapealset osa moodustavad 8 eraldi eluhoonet, keldrikorrusel on hooneplokid ühendatud. Keldrikorrusel asuvad panipaigad, tehnoruumid ja parkimiskohad. Hoonete ruumiline püsivus tagatakse vertikaalsete ja horisontaalsete jäikuselementide koostoimel. Vaadeldavas hoones esineb järgmisi monteeritavaid raudbetoonelemente: välisseina *sandwich*-paneelid, siseseinad, õõnespaneelid, trepimarsid ja mademed, rõduplaadid. Vertikaalseteks jäikuselementideks on raudbetoonist välis- ning siseseinad. Horisontaalsete jäikuselementidena toimivad jäikusseintega kokku monolitiseeritud ja armeeritud vuukidega monteeritavad õõnespaneelidest vahelaed [39].

3.2.1 Maa-alused kandekonstruktsioonid

Tabelis 3.4 on esitatud maa-aluste kandekonstruktsioonide loetelu ja kirjeldus. Hoonete kandekarkass koosneb maa-aluses osas 240 mm paksusest monoliitsest raudbetoonist välisseintest ning 200 mm paksustest siseseintest, 400 x 400 mm ristlõikega valatud postidest ja neid ühendavast monoliitsest vahelaest. Seinad on armeeritud kahes kihis. Vahelae kandva plaatstruktsiooni paksused on vastavalt sildeavale ja koormustele 250-424 mm. Maa-aluse korruse põrand on pinnasele toetuv kahes kihis armeeritud põrandaplaat paksusega 400-500 mm [39].

Keldrikorruse trepid on monteeritavatest betoonelementidest, mademed toetatakse betoonseintele või on lahendatud koos monoliitse vahelaega. Kolmekorruselistes hoonetes on U-kujulised trepid monoliitsest raudbetoonkonstruktsioonist [39].

Tabel 3.4 Maa-aluste kandekonstruktsioonide loetelu ja kirjeldus

R/B kandekonstruktsioon	Kirjeldus
Välisseinad	Monoliitne
Siseseinad	Monoliitne
Postid	Monoliitne
Vahelagi	Monoliitne
Põrandaplaat	Monoliitne
Trepid	Monteeritav
Välistrepid	Monteeritav
Allasõidu pandus	Monoliitne

3.2.2 Maapealsed kandekonstruktsioonid

Tabelis 3.5 on esitatud maapealsete konstruktsioonide loetelu ja kirjeldus. Maapealsete korruste vertikaalne kandekarkass põhineb monteeritavatel kolmekihilistel raudbetoon *sandwich*-paneelidel. Välisseinad on kaetud erineva välisviimistlusega ning sisemine betoonist kandev koorik on 150 ja 180 mm paksune. Korterite vahelised seinad on ühekihilistest 200 mm paksusestest raudbetoonpaneelidest, mis on sarrustatud kahes kihis [39].

Korterite tubade vahelised seinad on kipsplaatkattega metallkarkass seinad, vahelaed on peamiselt õõnespaneelidest. Märgruumide seinad ehitatakse kiviseintena [38].

Kuuekorruseliste hoonete esimene korrus on 75% ulatuses karkasshoone, mille kandelementideks on monteeritavast raudbetoonist postid ja talad. Teisel kuni viiendal korrusel on kandeseintega lahendus, kuuendal korrusel on aga lisaks kasutatud ka terasposte ja -talasid [39].

Horisontaalseteks kandekonstruktsioonideks on betoonist eelpingestatud õõnespaneelid kõrgusega 265 mm. Kolmekorruseliste hoonete pööningu pörandal kasutatakse 220 mm paksusega paneele. Laepaneelide maksimaalne kandeava on 8,6 meetrit. Korrustel on õõnespaneelide toetamiseks kasutatud ka terasest WQ-talasid. Paneelidevahelised vuugid ja monoliitsed vööd armeeritakse ja monolitiseeritakse peenbetooniga [39].

Hoone sisetrepid on monteeritavad betoonelemendid. Mademete plaadid on paksusega 240-265 mm ning nendele toetuvad trepimarsid on paksusega 150-265 mm [39].

Nelja- ja kuuekorruseliste hoonete rõdud ja lodžad ehitatakse 200-240 mm paksudest betoonplaatidest, mis toetatakse terasest kinnitusvahenditega seintele ja välisnurgad 200 x 200 mm ristlõikega raudbetoonpostidele. Kolmekorruselise hoonete rõdude kankekarkass moodustatakse 180 x 180 x 6 terasprofiilidest [39].

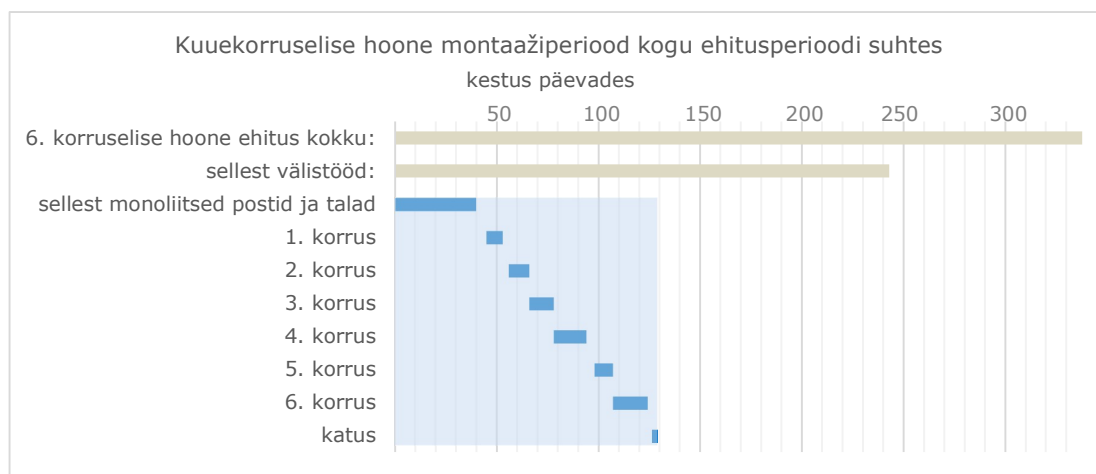
Nelja- ja kuuekorruseliste majaosade katuslagi on lahendatud pehme mittekaidava lamekatusena. Katustlae kandeosa moodustavad betoonist õõnespaneelid kõrgusega 265 mm. Kolmekorruseliste hooneosade katused on puitsarikatega viilkatused. Soojustuskiht on paigutatud sarikate vahele ja peale, katteks on valtsplekk [39].

Tabel 3.5 Maapealsete konstruktsioonide loetelu ja kirjeldus

Konstruktsioon	Kirjeldus
Välisseinad	Monteeritav kolmekihiline
Siseseinad	Monteeritav ühekihiline
Postid	Monteeritav
Õõnespaneelid:	Monteeritav eelpingestatud
3K pööningu pörandal	Monteeritav
Sisetrepid (mademed, trepimarsid)	Monteeritav
Välistrepid	Monteeritav
Rõdud	Monteeritav
Katusekonstruktsioon:	Monteeritav
4K ja 6K õõnespaneelid	Monteeritav
3K puitsarikad	Valtsplekk viilkatus
Keldri katuslagi	Monoliitne

3.3 Kandekonstruksioonide ehitus

Vaadeldavas lõputöös analüüsitakse kandekonstruksiooni monteerimise töökorraldust, riskifaktoreid ning ohutusmeetmeid. Valiti just see tööloik, sest valmisdetailide paigaldamise ja fikseerimise tööd kuuluvad töötervishoiu ja tööohutuse määruse nr 377 järgi ohtlike tööde hulka – need on seotud raskete valmisdetailide tõstmise, monteerimisega ning tööde käigus esineb töötajatel kõrgusest kukkumise oht [10]. Samuti on need ajaliselt ning ka ressursside poolest kõige mahukamad tööd kogu ehitustöö vältel. Esimese etapi kuuekorruselise hoone (8. hoone) monoliitbetoonosade ja raudbetoonelementide montaažiks kulus 92 päeva projekti lõpetamiseks kulunud 234 päevast. See tähendab, et Veerenni kuuekorruselise tüüphoone montaažitööd hõlmavad ligikaudu 40% kogu hoone ehitusprotsessist (Joonis 3.3). Joonisel 3.3 on arvestatud kestuse sisse ka pausid, nädalavahetused ning riigipühad.



Joonis 3.3 Kuuekorruselise hoone montaažiperiood ehitusperioodi ja välistööde perioodi suhtes

Valmisdetailide kohta peavad olema peatöövõtjale esitatud tootja paigaldamisjuhendid ja toote nõuetele vastavuse dokumendid. Enne ehitustöödega alustamist koostab töövõtja oma töövõtupiiride osas montaažitööde teostusprojekti, mis peab vastama Betoonvalmistoodete üldeeskirjade standardi EVS-EN 13369:2018 Lisale M. Teostusprojekt sisaldab montaažiskeemi, kraanade tüüpi, liikumise- ja tööskeemi, elementide ladustamist ning kinnitamist, kinnituskeevituste materjale, mõõdistuse järjestust ja tolerantse, montaažiaegset toestamist, tõste abiseadmete valikut ning tarielementide nõudeid lähtuvalt ilmastiku tingimustest ja paigalduse asukohast.

Lõputöö referentsobjekti ehitusprojektis on vaadeldava kuuekorruselise hoone esimese korruse seinapaneelid pööratavad, nende puhul peab olema läbi mõeldud ka pööramise tehnoloogia ning abivahendid. Montaažitööde teostusprojekti kinnitab objektijuht [40].

Tabel 3.6 Kandekonstruksioonide ehituse tööetappide ohutusnõuded

Kandekonstruksiooni ehitamise tööd	Kasanev oht	Ohutusmeetmed	Ettevalmistus töödeks	Reguleeriv standard, seadus või määrus	Tööde sooritamiseks vajalik kvalifikatsioon kutsestandardist	Peatöövõtjalt saadud tööohutuse tagamisega seotud dokumendid	Töödele eelnev töövõtja juhendamine	Isikukaitsevahendid					
								Kaitsekiiver (EN 397)	Kaitsejalavõrk (SIP, S3)	Kaitseprillid (F), näokaitse või -mask	Hingamiskaitsevahendid	Helkurmaterjaliga ohutusrietus	Kaitsekindad
Tõstetööd													
Troppimine													
Tõsteseadmete elementidele kinnitamine, eemaldamine	Kontrolli kaotamine teisaldatava objekti üle	• ohupiirkonna eraldamine piiridelindiga • juhtkõis elementide küljes • redeli max kõrgus 6 m, kõrgus tõusutasemest min 1 m • ajutine trepp, kui kõrguse vahe on üle 0,5 m • kuni 1,5 m trepil ühel pool käsipuu, üle 1,5 m mõlemal pool ja vahepiire	• troppe üle 60-kraadine kaldenurk keelatud • igal kett-tropil peab olema kasutusjuhend ja märgitud tõstevõime • kontrollida tõstekonksude lukustust, tõstehaaratste ohutuskette	EVS-EN 818, 98/37/EÜ, 2006/42/EÜ, Määrus nr 377	Kompetents: troppimistööde tegemine	Tõstetööde teave TOPis Tõstisekorra eeskiri ehitusplatsil Tööohutuse juhend Töövõtja ohutuskava	Töövõtja juhendamise kaardis dokumenteeritud töösekorra eeskirjaga, TOPiga, tööohutusjuhendiga tutvumine	X	X	X	X	X	X
Monteerimine													
Elementide tõstmine	Kõrgelt kukkumise oht	• tõkkeservade eest hoiatav silt • käsi 1 m kõrgusel, vahepiire 0,5 m kõrgusel, jalapiire min 0,10 m kõrgusel • piirdepostid vahetult kuni 2,25 m vahel max 0,25 m • vaba vahe kaitsepiirde ja tarindi alla 1 m • piire aknaavale, mille allserv on • jala suuremale avale tuleb paigaldada avakate • 0,5 m sildiga avakate varustatud pöönaga • avakate peab olema kergesti märgatav • kui ava lühem külg on üle 1 m, paigaldada kaitsepiire ja jalapiire	• tornkraana visuaalne ülevaatus • raadioühendus kraanajuhiga • tuuletugevusega arvestamine	Määrus nr 377, EVS-EN 13369 lisa M	Kompetents: betoon- konstruktsioonide fikseerimine ja paigaldamine	Tõstetööde teave TOPis Tõstisekorra eeskiri ehitusplatsil Tööohutuse juhend Töövõtja ohutuskava	Töövõtja juhendamise kaardis dokumenteeritud töösekorra eeskirjaga, TOPiga, tööohutusjuhendiga tutvumine	X	X	X	X	X	X
Elementide tootmine ja fikseerimine	Kontrolli kaotamine masina üle												
	Elementide kukkumine, kokkuvarisemine												
Taridetailide keevitamine													
Monolitiseerimine													
Vuukide monolitiseerimine													

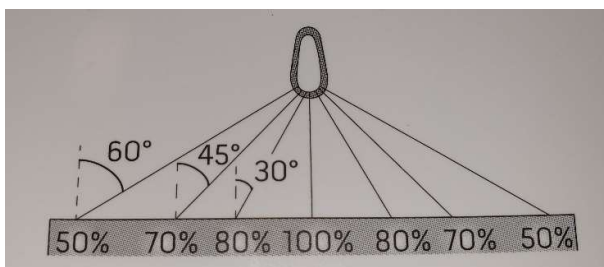
Kandekonstruksioonide ehitustöid võib jagada kolmeks osaks: troppimine, monteerimine ning monolitiseerimine (Tabel 3.6). Tabelis 3.6 on toodud kõigi kolme töö ohutusnõuded järgides joonisel 2.6 selgitatud peatöövõtja ja töövõtja vastutusliine. Troppimise käigus kinnitatakse tõsteseadmed elementidele ning hiljem eemaldatakse need. Troppimistöödega kaasnevaks ohuks on kontrolli kaotamine teisaldatava objekti üle. 2018. aasta ehitusvaldkonna tööõnnetustest 16% on olnud põhjustatud teisaldatava objekti kukkumisest.

Troppimistöid reguleerivad standard Lühikeste lülidega tõstekett EVS-EN 818-2:1999+A1:2008, masinaid käsitlevad Euroopa Parlamendi direktiivid 98/37/EÜ ning 2006/42/EÜ ja Vabariigi Valituse määrus nr 377. Lisaks reguleeritakse ohutusnõudeid peatöövõtja koostatud tööohutusplaani, töösisekorra eeskirja ning tööohutuse juhendiga. Täiendavad tõsteseadmete kontrollimise nõuded on sageli määratletud ka töövõtja ja peatöövõtja vahelises lepingus (Tabel 3.6).

Tööde sooritamiseks peab troppijatel olema vastav troppimistöde tegemise kvalifikatsioon. Lisaks peavad töölised saama oma tööandjalt dokumenteeritud juhendamise ning seejärel allkirjastama töövõtja juhendamise kaarti (Tabel 3.6)

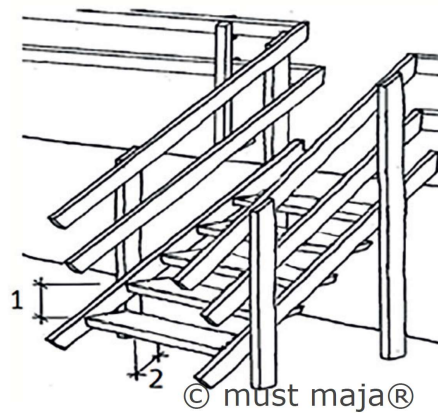
Troppimistöde käigus peavad töölistel olema kaitsekiiver, kaitsejalanõud, helkurmaterjaliga ohutusriietus ning ohutusvöö või -rakmed (Tabel 3.6).

Tööde ohutuse tagamiseks tuleb enne tõstete tegemist kontrollida tõsteseadmel märget maksimumkoormuse ja iga-aastase kontrolli kohta. Visuaalsel vaatlusel peab kindlaks tegema, et tõstelindi ja tõstetroppidel ei oleks rebendeid üle 10% keermekiududest. Tõstevahendi kinnitamisel lasti külge, tuleb kontrollida konksude lukustust ning tõstehaarasite ohutuskette. Troppimistöde käigus tuleb kontrollida ka trosside kaldenurka, mis avaldab troppidele lisakoormust – üle 60-kraadise kaldenurgaga tõstmine on rangelt keelatud (Joonis 3.4).



Joonis 3.4 Trosside kaldenurkua mõju troppide koormustaluvusele (allikas: Must Maja Kaardipakk)

Ehitusplatsil tuleb enne tõstetöödega alustamist eraldada ohupiirkond piirdelindiga. Samuti tuleb ettevalmistada troppijate käiguteed ning töökeskkond. Kui töötasandite kõrguste vahe on üle 0,5 meetri, tuleb liikumisteena kasutada treppi (Joonis 3.5). Trepil peab olema käsipuu vähemalt ühel küljel. Tõsteseadmete eemaldamiseks ning kaldtugede paigaldamiseks korrusel võidakse kasutada üksikredelid (Joonis 3.6). Üksikredelite puhul tuleb kontrollida, et selle maksimum kõrgus ei ületaks 6 meetrit, olles seejuures minimaalselt 1 meeter tõusutasemest kõrgem.



Joonis 3.5 Liikumisteel kõrguste vahe ületamiseks kasutatav ajutine trepp (allikas: Must Maja Kaardipakk)



Joonis 3.6 Lubatud üksikredeli näide (allikas: Must Maja Kaardipakk)

Monteerimistööd jagunevad omakorda elementide tõstmiseks, elementide toetamiseks ja fikseerimiseks ning vajadusel taridetailide keevitamiseks. Monteerimistöödega kaasnevateks ohtudeks on kõrgelt kukkumine, kontrolli kaotamine masina üle ja

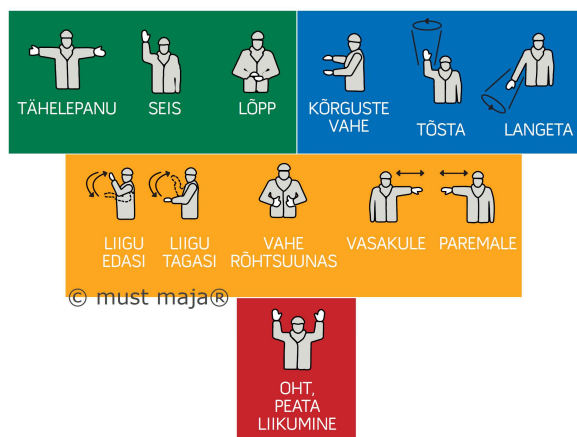
elemendi kukkumine, kokkvarisemine. Need kõrvalekalded on 2018. aastal põhjustanud ehitussektoris vastavalt 17%, 1%, 10% õnnetustest.

Monteerimistöid reguleerivad standard Betoonvalmistoodete üldeeskirjad EVS-EN 13369:2018 ning Vabariigi Valituse määrus nr 377. Monteerimistööde ohutusjuhised on lisaks kajastatud ka peatöövõtja koostatud tööohutusplaanis, töösisekorra eeskirjas ning tööohutuse juhendis (Tabel 3.6).

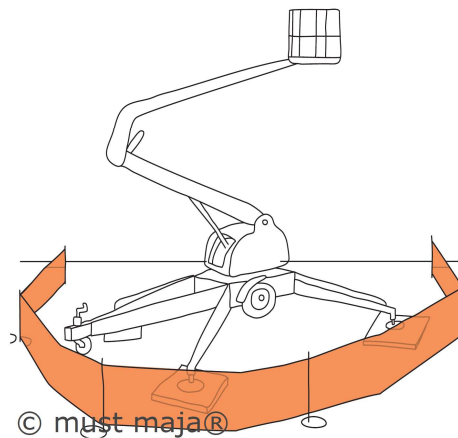
Monteerijatel peab olema vastav betoonkonstruktsioonide fikseerimise ja paigaldamise kompetents ning keevitamise vajadusel ka käsikaarkeevitustööde tegemise ja detailide järeltöötlemise kompetents. Tornkraana juhil peab olema masina kasutust lubav pädevustunnistus. Töövõtja peab tutvustama töölisi ehitusobjekti tööohutusplaaniga, töösisekorra eeskirjaga ning tööohutusjuhendiga. Koolitatud töölised peavad seejärel allkirjastama töövõtja juhendamise kaarti. Korvtõstuki kasutaja peab lisaks saama kirjaliku kasutusloa töövõtjalt (Tabel 3.6).

Monteerimistööde käigus peavad töölised kandma kaitsekiivrit, kaitsejalanõusid, helkurmaterjaliga ohutusriietust ning ohutusvööd või -rakmeid. Kevitajad peavad lisaks kandma kaitseprille, näokaitset või -maski (Tabel 3.6).

Monteerimistööde ettevalmistamiseks tuleb teha visuaalne tornkraana ülevaatus. Tagada kraanale piisav ning ohutu töötsoon ning aluspinna vastav kandevõime (Joonis 3.8). Lisaks tuleb arvestada tuule ja tõstuki liikumise koosmõju koorma käitumisele ning vajadusel kasutada juhtnööri. Kraanajuhil peab olema silmside ning raadioühendus tõstetöö juhiga. Vajadusel võib eelnevalt kokku leppida tõstetööde juhtimisel kasutatavaid käemärke (Joonis 3.7).



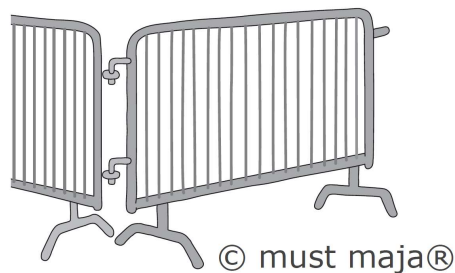
Joonis 3.7 Tõstetööde juhtimisel kasutatavad käemärgid (allikas: Must Maja Kaardipakk)



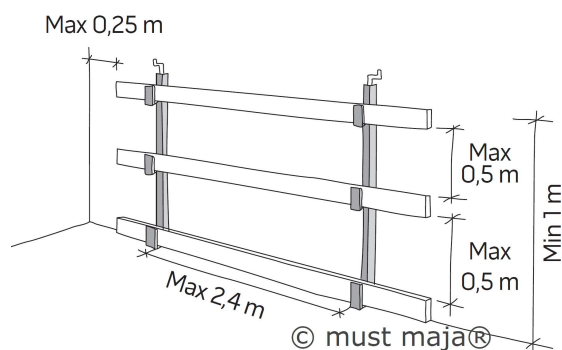
Joonis 3.8 Korvtõstuki ohutsooni ning aluspindade näide (allikas: Must Maja Kaardipakk)

Monteerijad töötavad valmishitatud korrustel või korvtõstukitelt. Seinapaneelide paigaldamisel kontrollitakse, et elemendid oleksid seinaga loodis. Seejärel kinnitatakse kaldtoed paneeli ja korruse põranda külge ning võetakse tropid lahti. Seinapaneelil on keskmiselt kaks kaldtuge. Kaldtugesid hoitakse tavaliselt kuni korruse õõnespaneelide monolitiseerimiseni. Tõstet võib lugeda lõppenuks, kui element on asetatud püsikindlalt paigale ning tõstevahendid on lahti haagitud.

Ohutu monteerimise tagamiseks peavad kõik kukkumisohtlikud servad olema piiratud 1,5 meetri kaugusel tõketega (Joonis 3.9). Samuti peab olema püstitatud kukkumisohu eest hoiatav silt. Kaitsepiire peab olema rajatud, kui on tegemist kukkumisohuga üle kahe meetri kõrguselt või ohtlikku kohta. Kaitsepiire koosneb ühe meetri kõrgusel asetsevast käsipuust, poole meetri kõrgusel paigaldatud vahepiirdest ning vähemalt 10 cm kõrgusel paiknevast jalapiirdest. Kaitsepiirde piirdepostide maksimaalne vahe on 2,25 meetrit. Seejuures tuleb kindlaks teha, et kaitsepiirde ja tarindi vahel ei tohi jääda 0,25 meetrist suurem vahe (Joonis 3.10). Aknaavad, mille alaserv on alla ühe meetri kõrgusel, tuleb samuti piirestada.

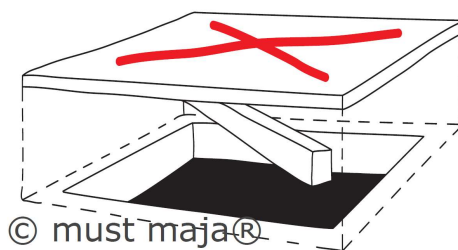


Joonis 3.9 Madalpiire näiteks rõdule või võlvile, et takistada pääsu kukkumisohtlikku kohta (allikas: Must Maja Kaardipakk)



Joonis 3.10 Kaitsepiirde näide (joonisel märgitud suurim piirdepostide vahe ei vasta Merko sisesele ohutusjuhendile) (allikas: Must Maja Kaardipakk)

Jalast suuremale avale tuleb paigaldada avakate. Avakate tuleb teha kergesti märgatavaks (Joonis 3.11). Üle poole meetrine avakate peab olema varustatud altpoolt põõnaga. Kui ava lühem külg on üle ühe meetri, tuleb paigaldada kaitsepiire ja jalapiire.



Joonis 3.11 Näide märgistatud ning põõnaga avakattest (allikas: Must Maja Kaardipakk)

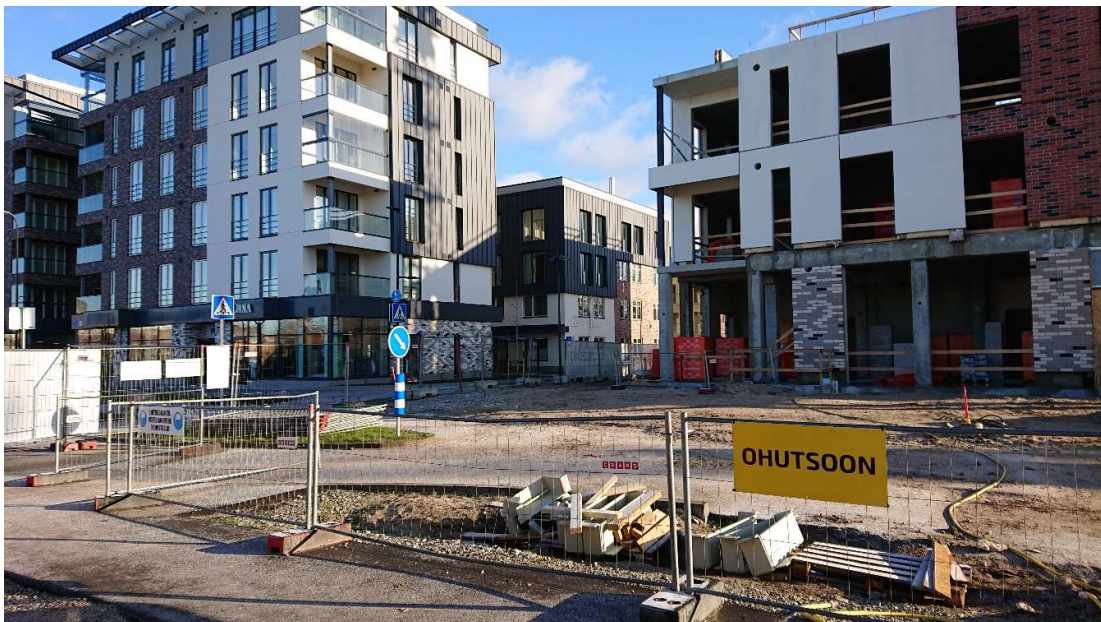
Monolitiseerimise tööde käigus betoneeritakse vuugid. Monolitiseerijad peavad kandma kaitsekiivrit, kaitsejalanõusid, helkurmaterjaliga ohutusriietust ning kaitsekindaid.

Eelnevaid ohutusmeetmete vajadust on kaardistatud SolibriOffice tarkvaras avatud IFC-mudeli skeemidel järgnevas peatükis.

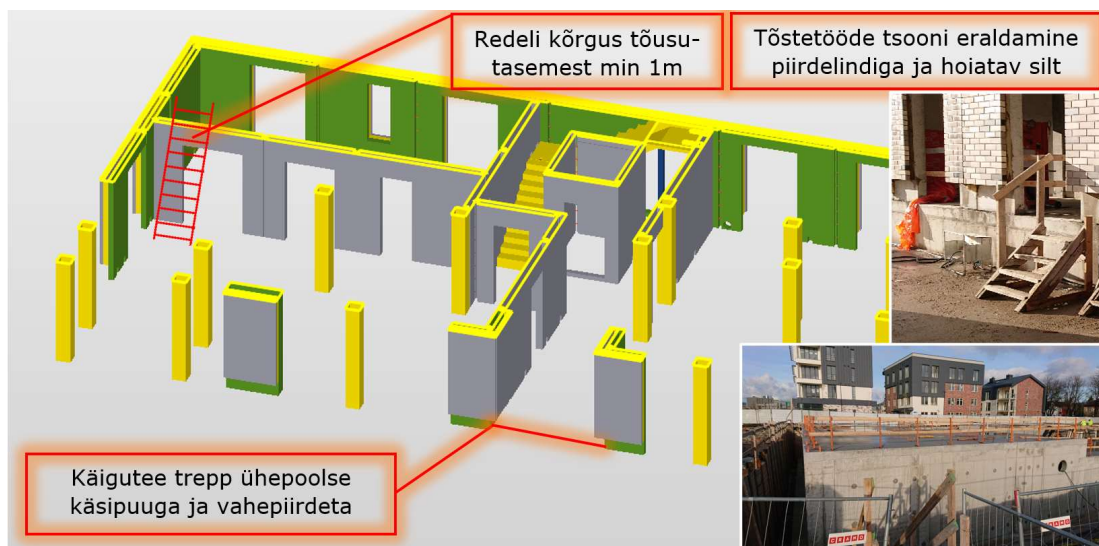
3.3.1 Esimese korruse kandekonstruksioonide ehituse ohutusmeetmed

Referentsobjekti vaadeldava hoone esimesel korrusel on kaks äripinda ning üks kahetoaline terrassiga korter. Esimese korruse elemendid on pööratavad, mis tähendab, et montaažitööd hõlmavad kahe kraana tööd. Esimene korrus on monteeritud monoliitse vundamendi peale. Esimese korruse elementide monteerimine ning monolitiseerimine võttis aega kolm päeva, vahelae monteerimine ning monolitiseerimine võttis samuti kolm päeva.

Tõstetööde sooritamise ajaks on töösoon eraldatud ning varustatud hoiatava sildiga (Joonis 3.12). Enne monteerimistöödega alustamist seatakse kukumisohu vältimiseks piirderd kogu esimese korruse perimeetrile (Joonis 3.13 fotomaterjal). Esimese korruse ja maapinna vaheline kõrgus on üle 0,5 meetri, see tähendab, et liikumisteena tuleb ehitada ajutine trepp. Kaldtugede paigaldamiseks ning tõsteseadmete eemaldamiseks kasutatakse üksikredelit, mille kõrgus tõusutasemest ning pikkus peavad vastama nõuetele. Joonistel 3.13, 3.14 ja 3.15 on toodud näitlikustatud redeli õige paiknemine.

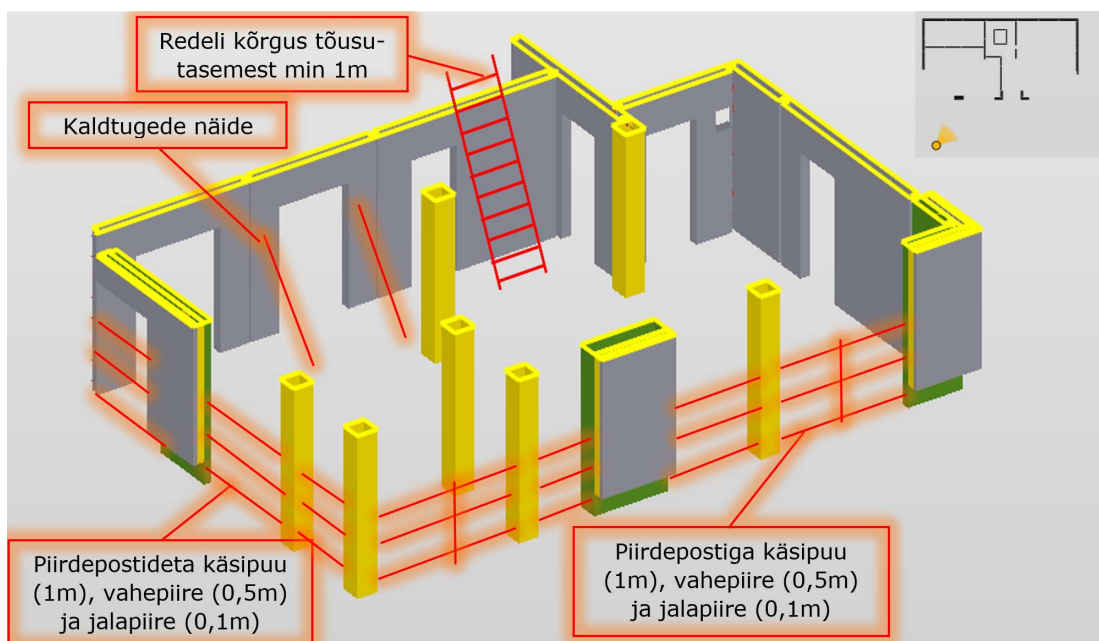


Joonis 3.12 Näide töösooni eraldamisest ning hoiatavast sildist Veerenni ehitusplatsil (allikas: AS Merko Ehitus Eesti)



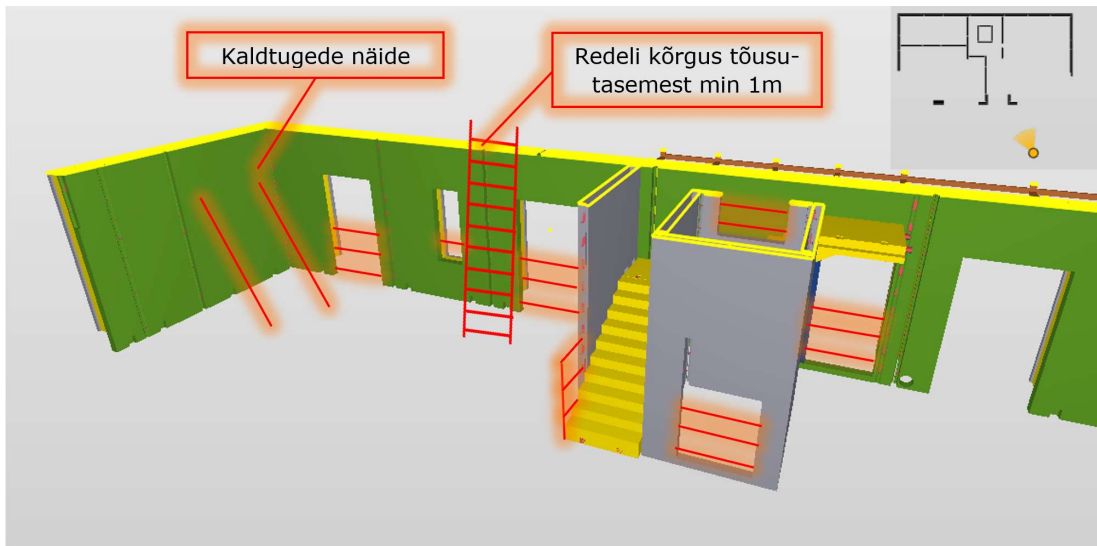
Joonis 3.13 Esimese korruse näide käigute trepist, korruse perimeetrist ning redeli paiknemisest (fotomaterjali autor: Eneli Liisma)

Kuna esimene korrus rajatakse maapinnast kõrgemale, siis tuleb kõik ukse- ja aknaavad piirestada käsipuude, vahepiirete ning jalapiiretega (Joonis 3.14). Avad, mis on suuremad kui 2,25 meetrit, vajavad lisaks ka piirdeposte.



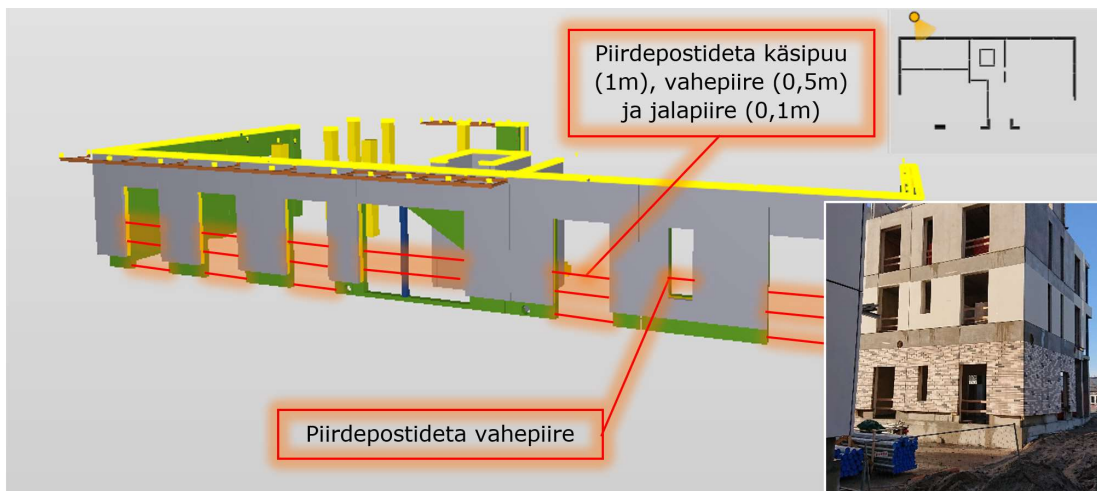
Joonis 3.14 Esimese korruse näide redelist, piiretest, kaldtugedest

Ka liftišaht ning trepikoja trepp peavad olema kukkumisohu vältimiseks piirestatud (Joonis 3.15).



Joonis 3.15 Esimese korruse näited redelist, piiretest, kaldtugedest

Kui aknaava alaserv on alla ühe meetri kõrgune, siis tuleb see ava piirestada (Joonis 3.16).

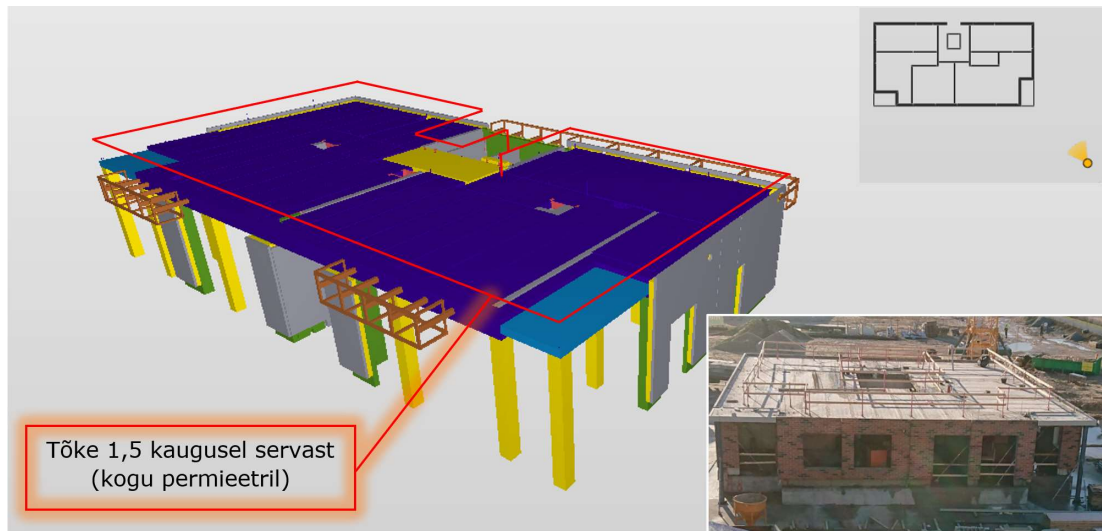


Joonis 3.16 Esimese korruse näide piiretest (fotomaterjali allikas: AS Merko Ehitus Eesti)

3.3.2 Teise korruse kandekonstruktsioonide ehituse ohutusmeetmed

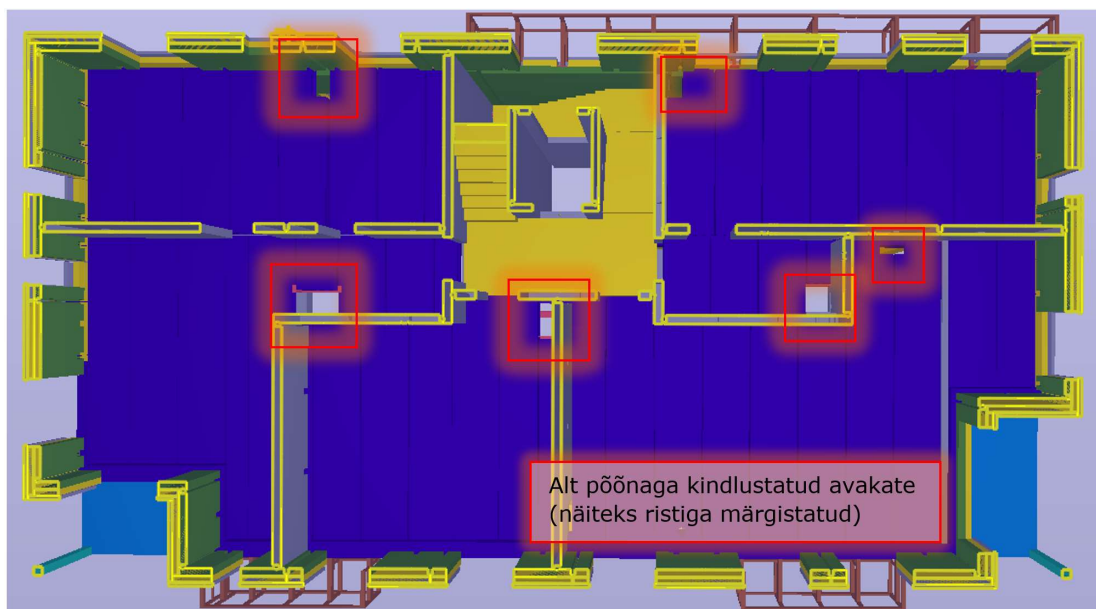
Vaadeldava hoone teisel korrusel on neli korterit ja kaks lodžat. Teise korruse seinte montaaž ning monolitiseerimine võttis aega neli päeva. Sama palju võttis ka teise korruse vahelae monteerimine ning monolitiseerimine.

Enne teise korruse elementide paigaldamist tuleb piirestada kogu perimeeter tõketega (Joonis 3.17 fotomaterjal) Seejuures tuleb nüüd arvesse võtta ka trepikoja ja lifišahtiga – ka need peavad olema kukkumisohutud.



Joonis 3.17 Teise korruse näide perimeetri tõkkest (fotomaterjali allikas: AS Merko Ehitus Eesti)

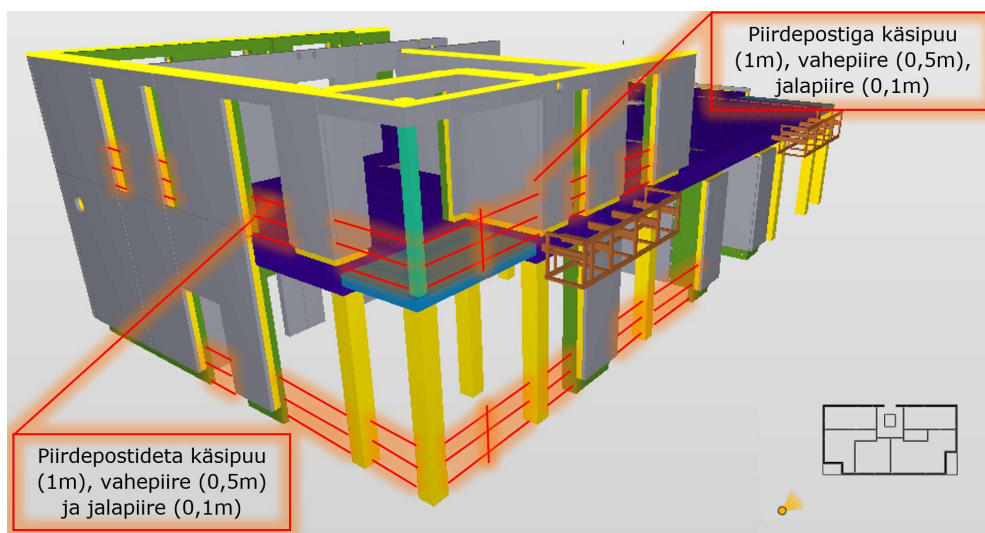
Kuna kõik korrusel esinevad avad on jalast suuremad, siis tuleb need kohtkindlalt katta. Kõikide avade sild on üle 50 cm, see tähendab, et avakate peab olema alt varustatud põõnaga (Joonis 3.18). Avakatted peavad olema kergesti märgatavad (näiteks punase ristiga tähistatud).



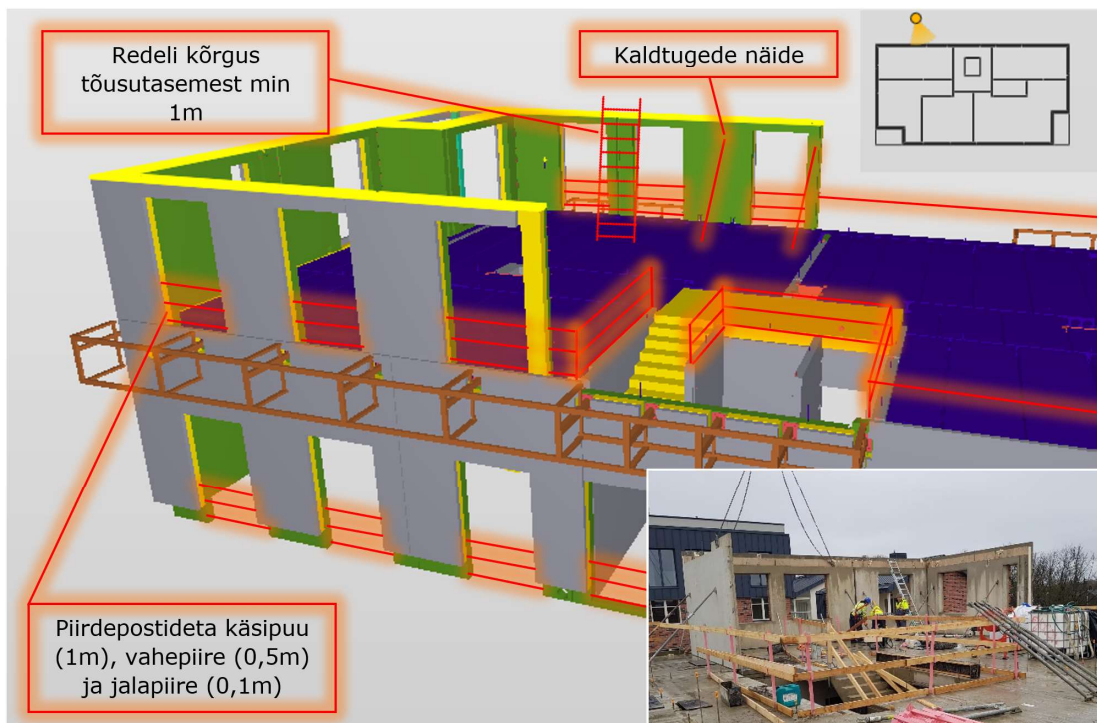
Joonis 3.18 Teise korruse näide avakatetest

Peale avakate paigaldamist tuleb veenduda, et kõik vajalikud piirded on paigaldatud ning kaldtugede paigaldamisel kasutatakse õiget redelit (Joonis 3.19 ja 3.20).

Kui tööülesande täitmine nõuab kukkumist takistava või peatava piirde ajutist kõrvaldamist, tuleb rakendada asendavaid – tõkestavaid või hoiatavaid – ohutusmeetmeid. Kui piirde kõrvaldamise tinginud töö on lõpetatud, tuleb see koheselt tagasi paigutada.



Joonis 3.19 Teise korruse näide piiretest

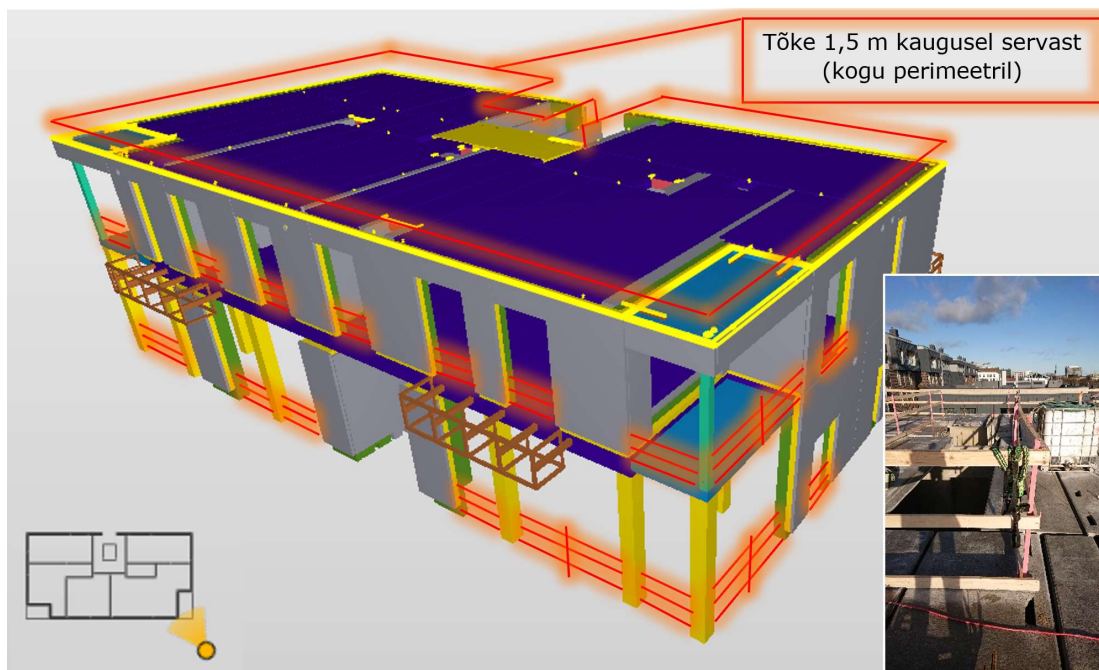


Joonis 3.20 Teise korruse näide piiretest, redelist ning kaldtugedest (fotomaterjali allikas: AS Merko Ehitus Eesti)

3.3.3 Kolmanda kuni viienda korruste kandekonstruktsioonide ehituse ohutusmeetmed

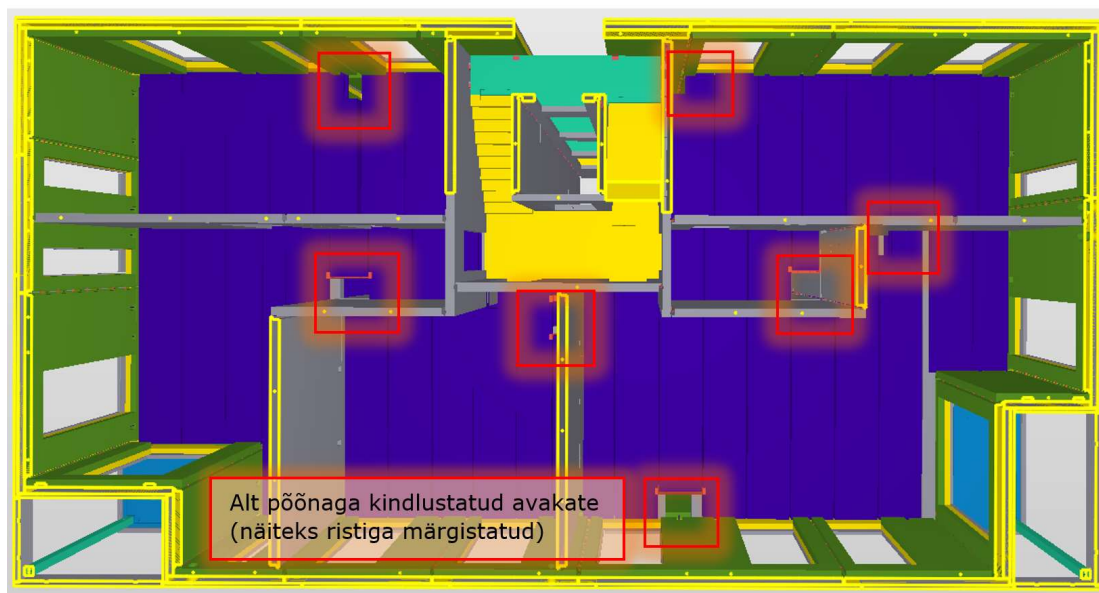
Referentsobjekti vaadeldava hoone kolmas, neljas ja viies korrus on sama ülesehitusega. Seetõttu on nendel korrustel rakendatavad ohutusmeetmed analüüsitud kolmanda korruse põhjal. Kolmandal korrusel on neli korterit kahe lodžaga. Korruse seinte monteerimiseks ja monolitiseerimiseks kulus viis päeva ning vahelae monteerimiseks ja monolitiseerimiseks kulus kolm päeva. Neljanda korruse seinapaneelide monteerimiseks ja monolitiseerimiseks kulus kolm päeva, vahelagedele aga neli. Ning viienda korruse seinte monteerimiseks ja monolitiseerimiseks kulus kolm päeva, vahelagede monolitiseerimiseks neli päeva.

Enne ehitustöödega alustamist, tuleb korrus teha kogu perimeetril ohutuks. Tõkete rajamisel võetakse arvesse ka trepikoja ning liftišahtiga (Joonis 3.21 ja fotomaterjal).



Joonis 3.21 Kolmanda korruse näide perimeetri tõkkest (fotomaterjali allikas: AS Merko Ehitus Eesti)

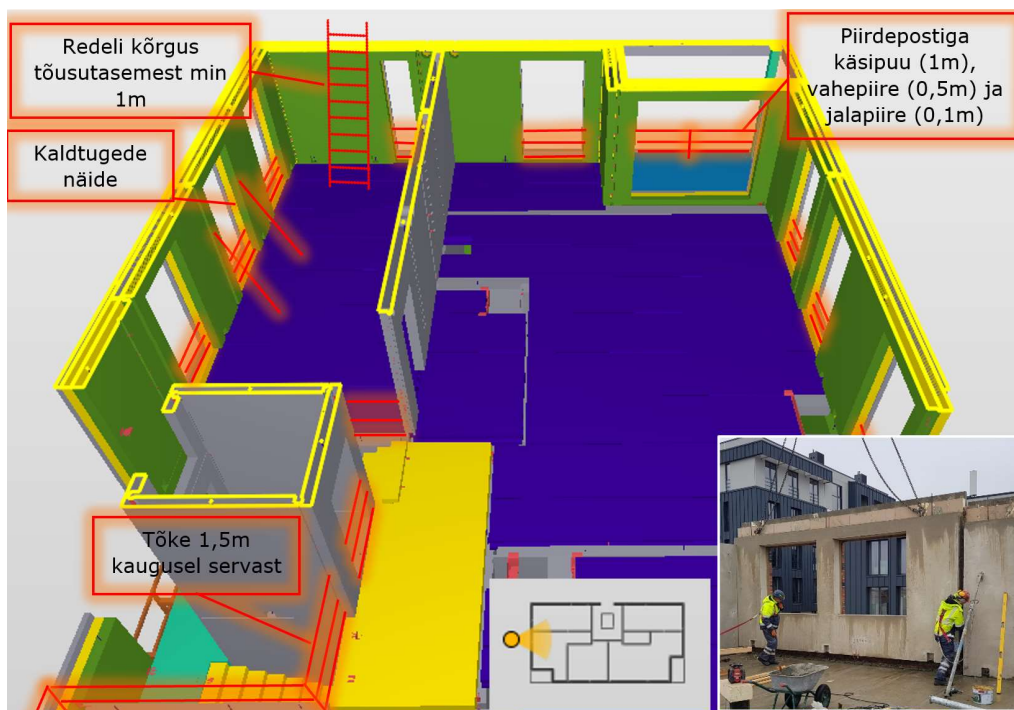
Võrreldes teise korrusega on kolmandal korrusel vaja üks avakate rohkem (Joonis 3.22).



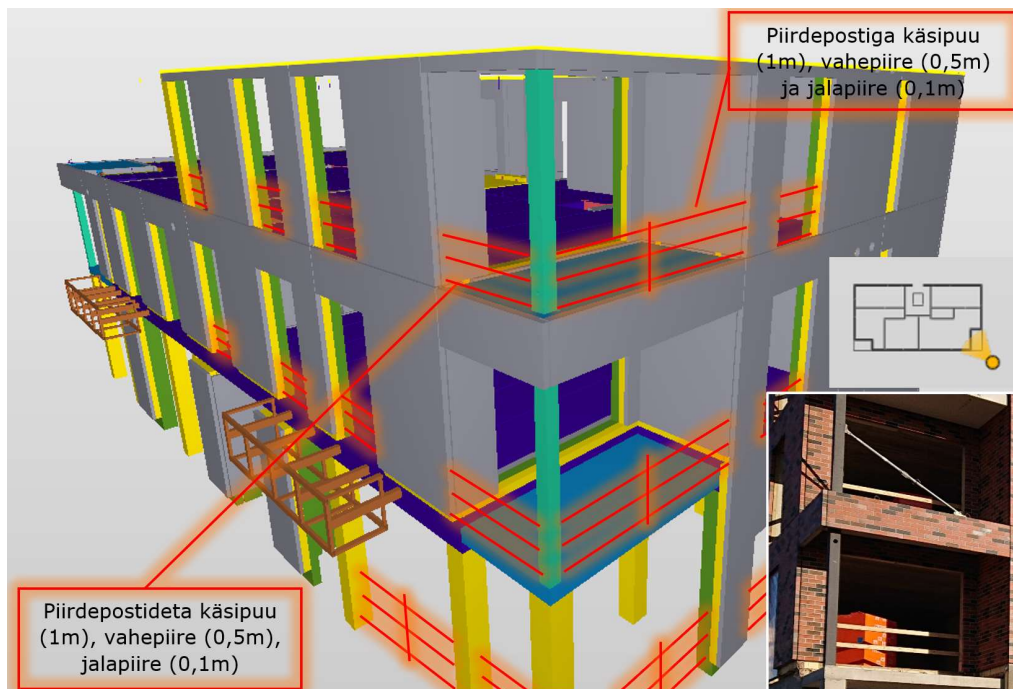
Joonis 3.22 Kolmanda korruse näide avakatetest

Samuti tuleb ka kolmandal korrusel jälgida liftišahti ja trepikoja piiretamist, redeli ning piirete õiget paiknemist (Joonis 3.23 ja Joonis 3.24). Joonise 3.23 fotomaterjalil on näha seinapaneeli paigaldust, kaldtugede seadmist ja piirete püstitamiseks vajalikku

materjali. Juhul kui seinapaneeli aknaavade alumine äär on alla ühe meetri, paigaldavad monteerijad ka avapiirded. Joonise 3.24 fotomaterjalil on aga juba näidatud teise ja kolmanda korruse paigaldatud rõdude piirded.



Joonis 3.23 Kolmanda korruse näide piiretest, kaldtugedest ning redelist (fotomaterjali allikas: AS Merko Ehitus Eesti)

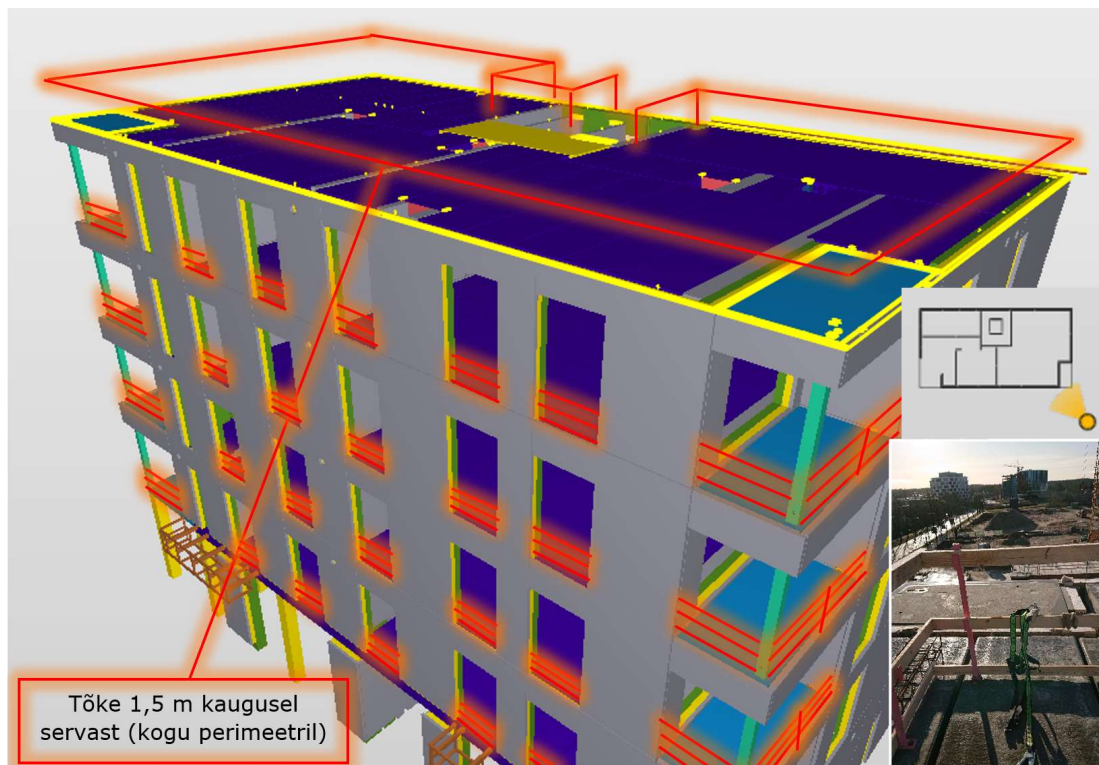


Joonis 3.24 Kolmanda korruse näide rõdu piiretest (fotomaterjali allikas: AS Merko Ehitus Eesti)

3.3.4 Kuuenda korruse ja katuse kandekonstruktsioonide ehituse ohutusmeetmed

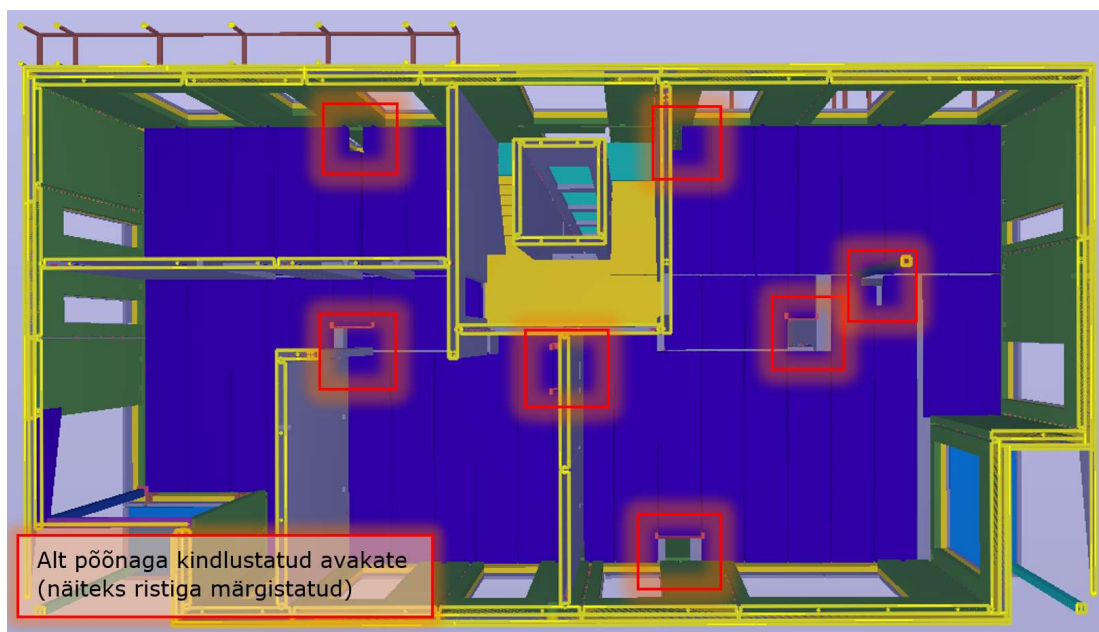
Kuuendal korrusel on aga kaks korterit kahe lodža ning kahe rõduga. Seetõttu on kuuenda korruse seinapaneele vähem ning rohkem metallposte ja -talasid (Joonis 3.26). Kuuenda korruse seinte montaažiks ning monolitiseerimiseks kulus kolm päeva ning vahelae montaažiks ja monolitiseerimiseks neli päeva.

Enne ehitustöödega alustamist paigaldatakse kukkumisohtu vältivad tõkked kogu perimeetrile (Joonis 3.25).

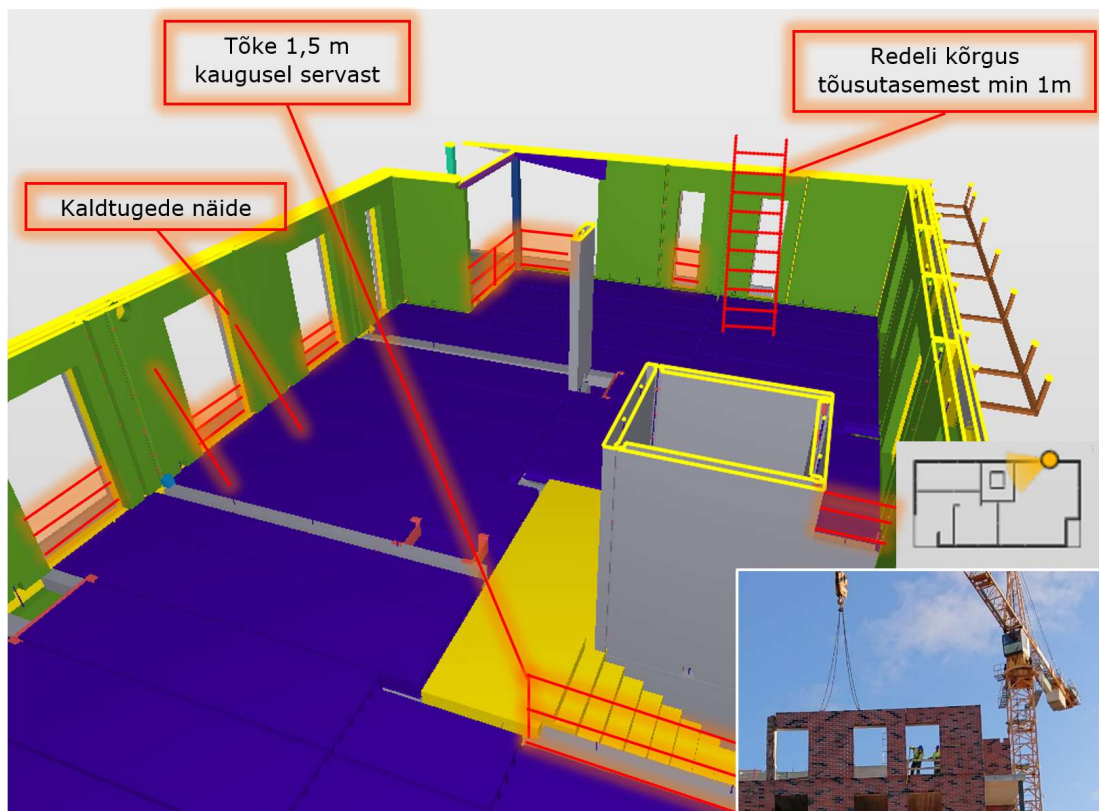


Joonis 3.25 Kuuenda korruse näide perimeetri tõkkest (fotomaterjali allikas: AS Merko Ehitus Eesti)

Võrreldes teiste korrustega on kuuendal kõige rohkem avakatteid vaja (Joonis 3.26). Ka kuuendal korrusel esineb vajadus kontrollida õiget redeli kasutust, kaldtugede paiknemist ning liftišahti ja trepikoja piiramist (Joonis 3.27).



Joonis 3.26 Kuuenda korruse näide avakatetest



Joonis 3.27 Kuuenda korruse näide piiretest, redelist ning kaldtugedest (fotomaterjali allikas: AS Merko Ehitus Eesti)

Tuleb jälgida ka kuuenda koruse vahelae avakatete olemasolu ohutuks katusetöödega jätkamiseks (Joonis 3.28).



Joonis 3.28 Katuse näide avakatetest

4. TÖÖOHUTUSE KAVANDAMISE DIGITALISEERIMISE PROTOTÜÜBI LOOMINE

Praeguse tööohutuse korraldamise probleemiks osutub riski info mitte korrektne kogumine ning jagamine. Traditsiooniline lähenemine nõuab suurt inimressurssi. Riskianalüüsi koostamise peamiseks meetodiks on ehitusprojekti nõuete ning CAD jooniste uurimine kogenud inseneride poolt. Sellise lähenemise miinusteks on subjektiivne hindamine ja madal efektiivsus, mis võivad põhjustada valesid järeldusi ning eksimusi. Lisaks piiratud aja ning vahendite tõttu võib operatiivne riski info kogumine ning jagamine olla keeruline [41].

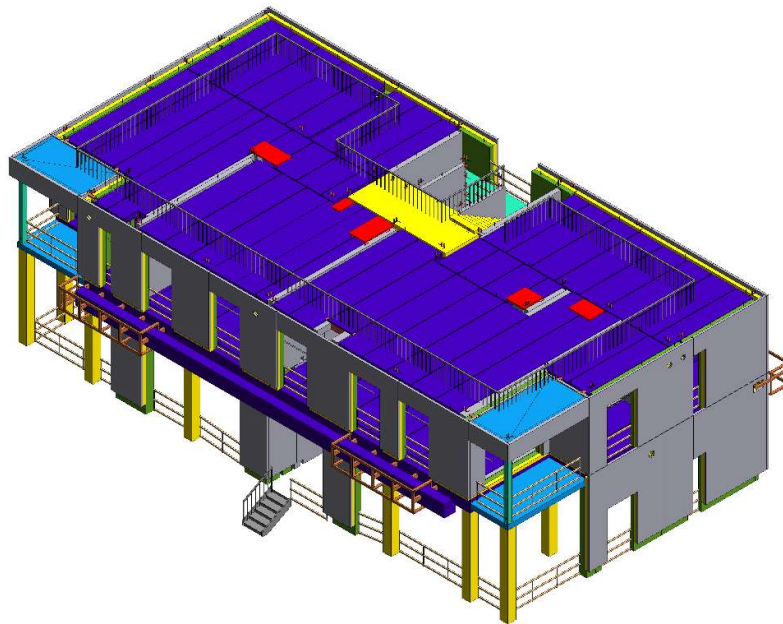
Viimastel aastatel on ehitusinformatsiooni modelleerimine (BIM) muutunud peamiseks ehituse juhtimisplatvormiks selle mitmemõõtmelise visualiseerimise, interaktiivsuse ja mugava jagamisfunktsiooni tõttu. Projekteerimisetapis on BIM järk-järgult asendanud traditsioonilisi kahemõõtmelisi CAD jooniseid. *BIMcloudi* abil saab tehnilist teavet salvestada ja jagada. Kuna platvorm pakub ka liidese funktsiooni, saab see automaatselt eraldada nii sisemise kui ka välise tehnilise teabe. Näiteks saavad BIM-mudelid pakkuda mitte ainult teavet sisemiste staatiliste konstruktsioonikomponentide või seadmete kohta, vaid ka teavet välise dünaamilise keskkonna kohta [41].

Riskide tuvastamine projekti eelstaadiumis on hädavajalik õnnetusjuhtumite vähendamiseks ehituses. Arvestades nõudlusega tõhuse riskituvastamise järele ning arveneva BIM-i platvormiga, formuleeritakse järgmise ülesande: luua BIM-põhine riskituvastuse metoodika, mis aitaks tuvastada ehitusplatsi riske õigeaegselt ja täpselt ehituseelses staadiumis [41].

4.1 Referentsobjekti tööohutuse kavandamise ja juhtimise prototüübi loomine

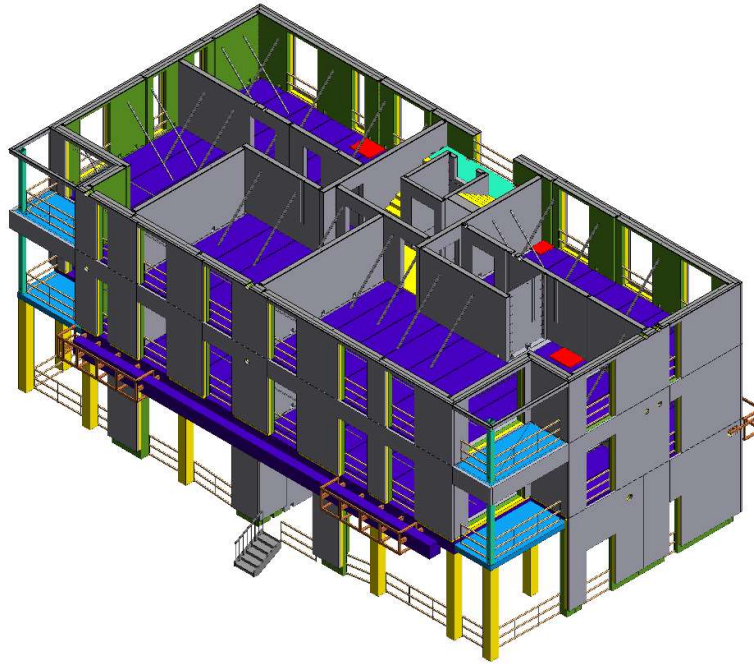
Vaadeldava hoone tööohutuse kavandamise ja juhtimise digitaliseerimise prototüüp loodi antud magistritöö kolmandas peatükis korruste kaupa kajastatud ohutusmeetmete vajaduse analüüsi põhjal. Ehitusinfo mudel loodi tarkvaras AutoDesk Revit. Mudel sisaldab kõikide korruste avatäidete piirdeid, avakatteid, perimeetri tõkkeid ja kaldtugesid. Samuti on ka prototüübis järgitud kolmandas peatükis kajastatud järjekorda:

1. perimeetri piirete püstitamine ning avakatte paigaldamine (Joonis 4.1);



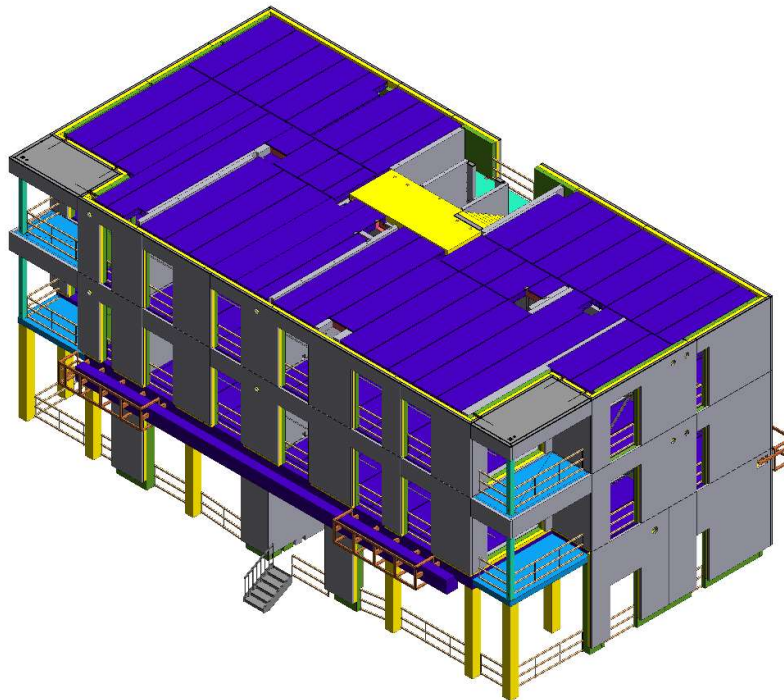
Joonis 4.1 Prototüübi kolmanda korruse perimeetri piirdeid ja avakatted

2. elementide piirete ning kaldtugede paigaldamine (Joonis 4.2);



Joonis 4.2 Prototüübi kolmanda korruse seinapaneelide piirded ja kaldtoed

3. vahelaemontaaž ning kaldtugede eemaldamine (Joonis 4.3).



Joonis 4.3 Prototüübi kolmanda korruse vahelaepaneelid

4.1.1 Prototüübi valideerimine

Prototüübi paikapidavuse kontrollimiseks kasutati koordinaatori poolt täidetud teise etapi montaažitööde perioodi üldkontrollide akte. Üldkontrolle korraldati ehitusplatsil kord nädalas, antud perioodil tehti kokku 13 üldkontrolli ning registreeriti 122 märkust. Üldkontrollide käigus kontrolliti 39 ehitusplatsi tööohutuse aspekti (Tabel 4.1), sealhulgas monteerimistööde ohutusmeetmete osas käsitletud kukkumiskiirdeid, avakatteid ning redeleid. Igal nädalal märgiti üles ligikaudu 10 rikkumist, millest vähemalt üks oli seotud kukkumiskiirde ja avakatete puudumisega.

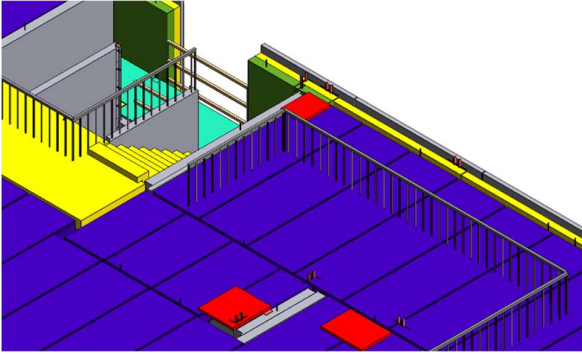
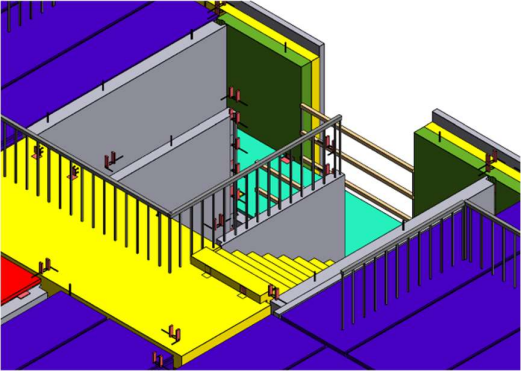
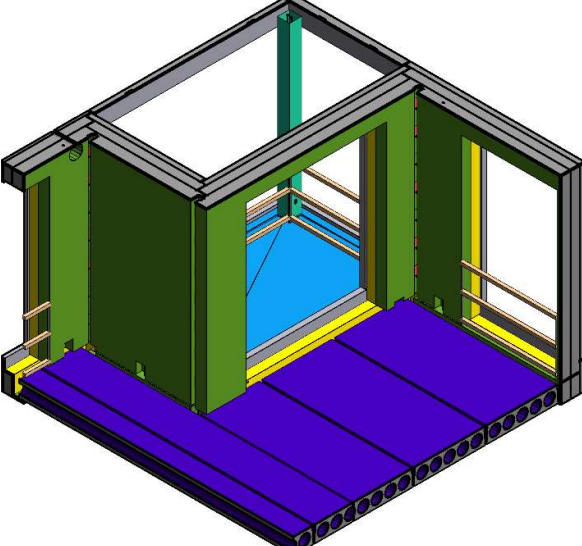
Tabelist 4.1 selgub, et referentsobjektidel eksiti kõige sagedamini elektriseadmete sobivuse ja korrasolekuga. Järgmised korduvad eksimused olid kaitsekiivrite kandmise, kukkumiskiirde ja avakatete korrasoleku vastu. Probleemid esinesid ka tööriistade ja jalanõude kandmisega, ehitusprahi koristusega ja ehitusplatsi käiguteede korrasolekuga.

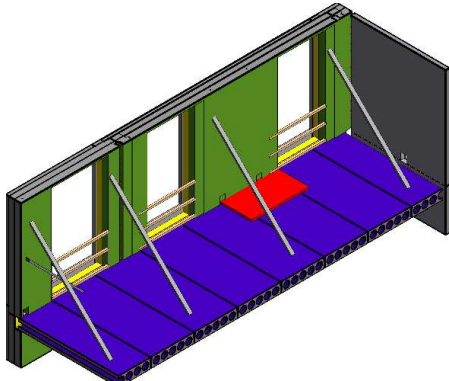
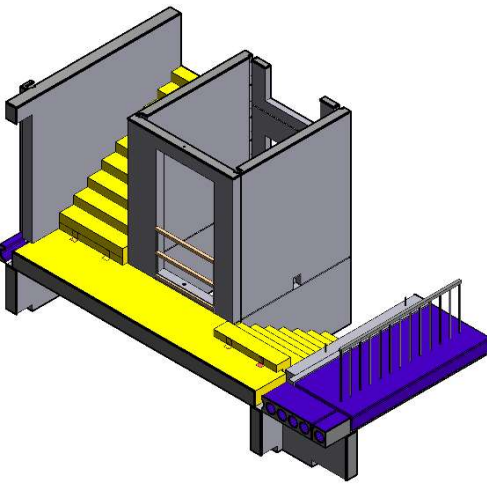
Üldkontrollide märkused tuginesid fotomaterjalil. Prototüübi valideerimiseks kanti kõik üldkontrollides kajastatud märkused koos piltidega sisse, nummerdati ja jagati need neljasse kategooriasse: avakatted, piirded, redelid ning platsi üldkorraldus. Seejärel kaardistati kõik vaadeldava hoone kohta käivad märkused prototüübis (Tabel 4.2 ja Tabel 4.3). Tabelites esitatud fotode autor on Aleksei Svõrov.

Tabel 4.1 Üldkontrollide käigus tuvastatud töövõtjate eksimuste arv

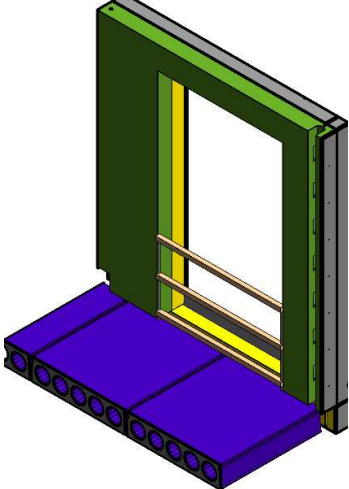
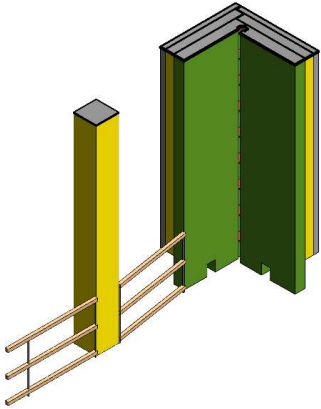
Nädalakontrolli nr	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Kuupäev	6.12.2019	13.12.2019	20.12.2019	10.01.2020	17.01.2020	24.01.2020	31.01.2020	7.02.2020	13.02.2020	21.02.2020	28.02.2020	6.03.2020	13.03.2020
Kontrollitav:													
Tööohutuse plaan/ehitusplatsi skeem													
Ehitusplatsi piirdeaed							1	1	1	1		1	
Ehitusplatsi ohutusteave väravates													
Jalakäijate ohutus ehitusplatsi juures													
Ühistegevuse korraldus													
Liikluskorraldus ehitusplatsil													
Liikluskorraldus liikluseks avatud teel													
Tee hooldus													
Liiklusmärgid													
Kütuse tankimine													
Liftid ja tõstukid töötajatele													
Lastide haarde abiseadmed													
Materjali Ladustamine ehitusplatsil					1								
Kaevise piirded/käigusillad								1					
Kaevise toetus													
Betoonitööde tuguraketised ja toetused													
Ohumärgid/ ohuala piiramine /tähistus													
Otsepuutekaitse katted ja ümbrised											1		
Elektriseadmete korrasolek, sobivus	2				4		1	1	3	1	3	2	4
Kaablite kaite liikumis-ja käiguteedel													
Üldvalgustus													
Töökoha valgustus													1
Tuleohutus ja tuleohutusvahend					2	1	1			2	1	1	
Kaitsekiivrid	1			1	1	1	3	3	1	1	2	3	3
Tööriivad ja jalanõud						1	1	1	1	2		3	3
Muud isikukaitsevahendid	1			1	1		2	1	1	2	2	1	
Käsitööseadmed													
Redelid				1	1								1
Tellingud ja töölavad								1			1	1	
Kukkumiskiirded/ -võrgud/ avakatted	1			2	1	1	2	1	2	2	2	2	1
Ajutised trepid ja käiguteed				1		1					1		
Evakuatsiooniteed ja -pääsud											1		
Ehitusprahi koristas töökohtadel	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1
Liigse tolmu piiramine													
Jäätmete, sh ohtlike mahutid													
Absorbeerivate vahendite olemasolu													
Olmetingimused, pesemisvõimalused													
Esmaabivahendite/ teave EA andjatest													
Kontoritöökohad, soojaku tingimused												1	

Tabel 4.2 Üldkontrollides tehtud piirete märkuste kaardistamine prototüübis

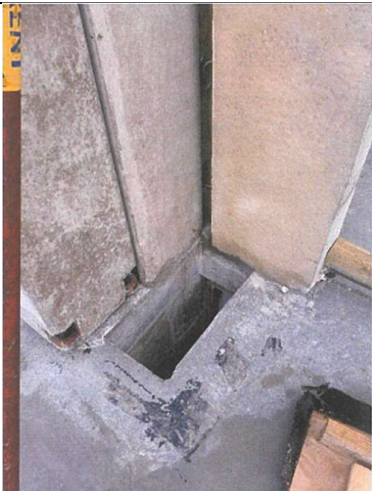
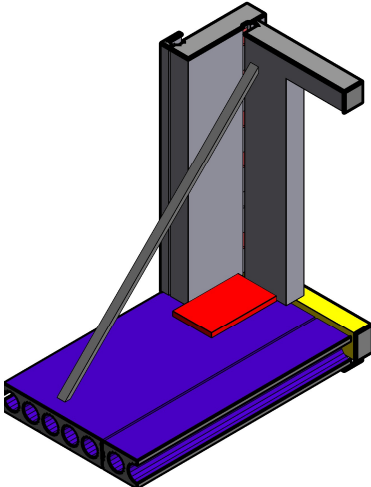
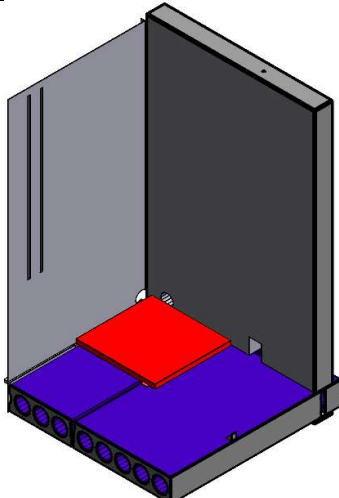
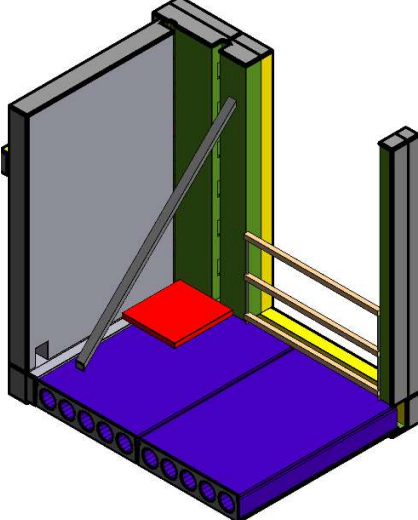
Üldkontrollis tehtud märkuse foto	Prototüübis leitud vaste
Puudub perimeetri piire (tõke 1,5 meetri kaugusel servast).	
	
Puudub trepikoja tõke.	
	
Piirded tagasi paigaldamata: käsipuu (1 m), vahepiire (0,5 m), jalapiire (0,1 m).	
	

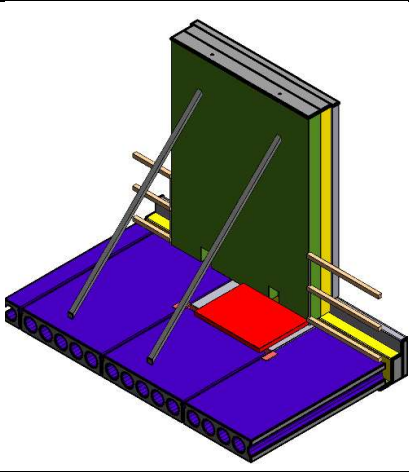
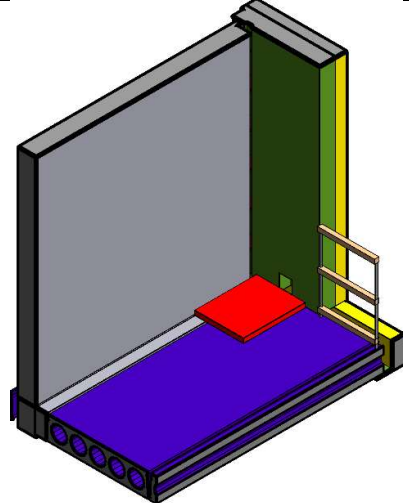
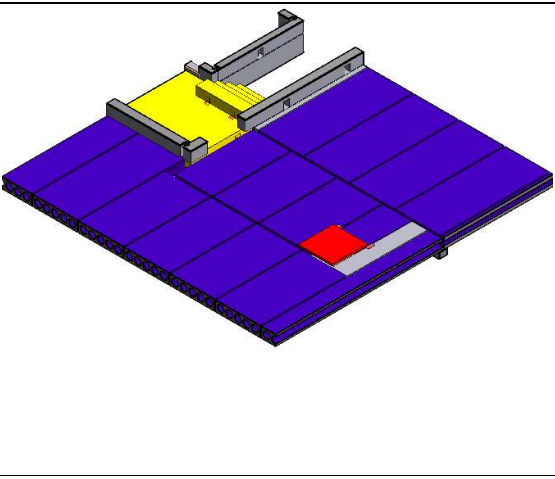
Üldkontrollis tehtud märkuse foto	Prototüübis leitud vaste
Puudub rõdu piire: käsipuu (1 m), vahepiire (0,5 m), jalapiire (0,1 m).	
	
Puuduvad akende piirde: käsipuu (1 m), vahepiire (0,5 m), jalapiire (0,1 m).	
	
Puudub trepikoja piire: käsipuu (1 m), vahepiire (0,5 m), jalapiire (0,1 m).	
	

Tabeli 4.2 järg

Üldkontrollis tehtud märkuse foto	Prototüübis leitud vaste
Piirded tagasi paigaldamata: käsipuu (1 m), vahepiire (0,5 m), jalapiire (0,1 m).	
	
Puuduvad akende piirded: käsipuu (1 m), vahepiire (0,5 m), jalapiire (0,1 m).	
	

Tabel 4.3 Üldkontrollis tehtud avakate märkuste kaardistamine prototüübis

Üldkontrollis tehtud märkuse foto	Prototüübis leitud vaste
Puudub avakate	
	
Avakate tagasi paigaldamata	
	
Puudub avakate	
	

Üldkontrollis tehtud märkuse foto	Prototüübis leitud vaste
Ava kaetud puudulikult, ei ole kohtkindel.	
	
Ava kaetud puudulikult, ei ole kohtkindel.	
	
Ava kaetud puudulikult, ei ole kohtkindel.	
	

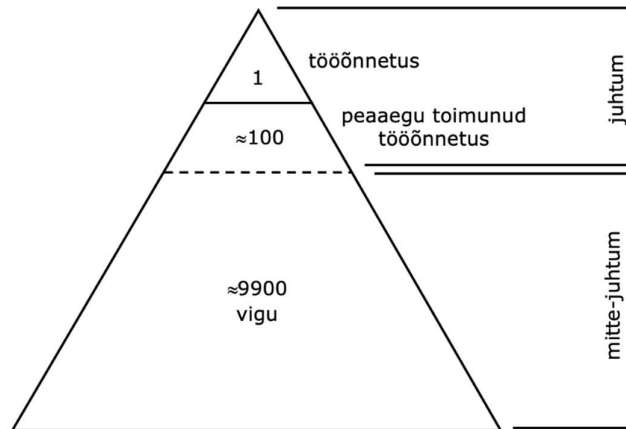
4.1.2 Valideerimise tulemuste analüüs

Tabelis 4.2 on esitatud kõik vaadeldava hoone kohta käivad piirete märkused, kokku kaheksa märkust. Märkused olid tehtud korruse perimeetri, trepikoja ja akende piirete puuduste kohta. Piirded kas puudusid täielikult või olid paigaldatud poolikult – poolikult piirestatud juhtumitel puudus sageli jalapiire ning vahepiire. Kahel korral olid piirded peale töö sooritamist tagasi paigaldamata. Ning veel kahel korral oli koordinaator lisanud piirete puudumisel märkuse ka turvarakmete mitte kandmise kohta.

Korruse perimeetrile oleks pidanud paigaldama tõkked ning trepikoja ja akende piiretamiseks oli vaja üles panna käsipuu, vahepiire ning jalapiire. Kui tööde sooritamise jaoks oli tarvis piirded eemaldada, siis töölised oleksid pidanud kandma turvarakmeid. Vahetult peale töö lõppu pidid piirded olema tagasi paigaldatud.

Tabelis 4.3 on esitatud kõik vaadeldava hoone kohta käivad avakatete märkused, kokku kuus märkust. Neist neljal korral puudus avakate üldse, kahel aga oli ava kaetud puidutükkidega. Kõik need avad olid 0,5 meetrist suurema läbimõõduga – seega oleksid need pidanud olema kaetud kohtkindla alt põõnaga varustatud avakattega, pealt kergesti märgatavalt tähistatult.

Tööohutuse kavandamise nõrkade külgede tõttu on inimteguri esinemine tõenäolisem ja nende kombinatsioonid põhjustavad peaaegu juhtunud tööõnnetusi. Täiendavad inimtegurid võivad aga juba põhjustada suureneva raskusastmega tööõnnetusi. Uuringud on näidanud, et iga tööõnnetuse kohta juhtub ligikaudu 100 peaaegu toimunud õnnetust ning iga peaaegu toimunud õnnetuse kohta 100 tööohutuse viga. [42]. Selle seose kirjeldamiseks on koostatud joonis 4.4.



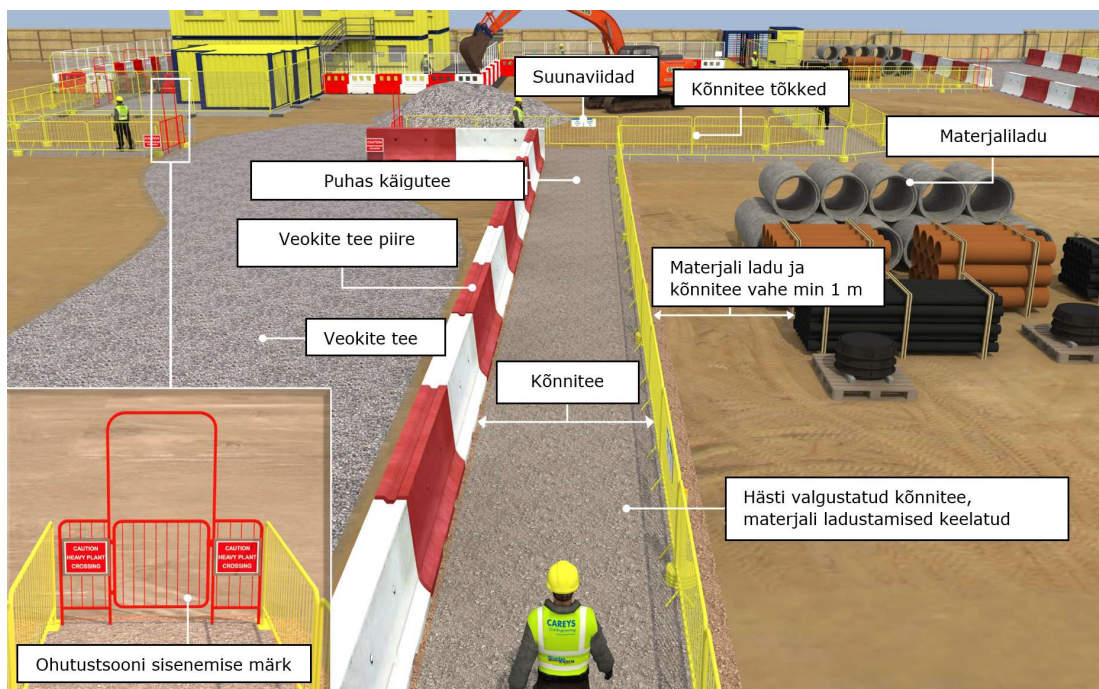
Joonis 4.4 Vigade seos potentsiaalsete ja tegelike tööõnnetuste suhtes

Ligikaudu 10 000 viga teevad kokku 100 rikkumist ning 1 tööõnnetuse. Sellele seosele leiti kinnitust ka referentsobjektil. Veerenni II etapi vaadeldaval perioodil leiti üldkontrollide põhjal 122 rikkumist ning kokku toimus üks kerge tööõnnetus.

Valideerimise tulemustest selgub, et prototüüp sisaldab kasulikku informatsiooni ehitusetappidel rakendatud ohutusmeetmete kohta. See on vajalik tööriist just tööjuhi jaoks, kes kavandab ohutuid ehitusvõtteid ja kontrollib tööohutust. Prototüübist võib välja lugeda ohutusmeetmete kogust, paiknemist ning vajadusel ka materjali ja konstruktsiooni. See aga võib osutuda oluliseks teaveks algajale tööjuhile või inimesele, kes alles tutvub ehitusprojektiga.

BIM-ohutusmudeli visualiseerimist saab edasi arendada kõrgele tasemel, projekteerides ohutusmeetmeid kogu ehitusplatsile ning lisades detaile nii töötajate isikukaitsevahenditest kui ka ohutussiltide paigaldamisest. Sellisele tasemele on näiteks jõutud Ühendkuningriikide ehitusfirma Careys (Joonis 4.5).

Joonise 4.5 lahendus on sobilik ka bioloogilistest ohuteguritest mõjutatud töökeskkonna ohutuse kavandamisel. Referentsobjekti ehitusplatsi skeemil oleks saanud kajastada antud magistriröö ajal ilmnenu lisaohutusnõudeid COVID-19 viiruse leviku ennetamiseks. Visualiseerimise abil oleks võinud planeerida keelu- ja ohutussiltide ning infoplakatite paiknemist, näidata käte desinfitseerimise punkte ning kujutada ehitustööliste maskide ja prillide kandmise kohustust.



Joonis 4.5 Näide ehitusplatsi tööohutuse visualiseerimisest (allikas: careysplc.co.uk)

KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli anda ülevaade Eesti ehitussektori tööohutusest, kandekonstruksioonide ehitusetappide tööohutuse korraldusest ning peatöövõtja rollist selles Veerenni kvartali näitel. Monteerimistööde analüüsi põhjal kaardistati vajalikud ohutusmeetmed loodi tööohutuse kavandamise digitaliseeritud prototüüp, mis valideeriti ehitusplatsi ülkontrollide abil.

Uurimuse käigus esines referentsobjektil vajadus osutada bioloogilistele ohuteguritele tavapärasest rohkem tähelepanu. COVID-19 viiruse leviku ennetamiseks rakendati vajalikud ohutusmeetmed ehitusplatsil. Eriolukord näitas, et ettevõtte rakendatud juhtimissüsteemid peavad olema valmis reguleerima lisaks füüsikalistele, keemilistele ning füsioloogilistele ohuteguritele ka bioloogilisi ohutegureid.

Lõputöö üldkontrolli aktide märkustes võis märgata olulist kattumist Tööinspektsiooni sihtkontrollide tulemustega. 55% (67 122-st) referentsobjekti rikkumistest olid seotud kõrgustest töötamise ohutuse ning isikukaitsevahendite puudumisega. See näitaja toetab tööohutuse ülevaates toodud järeldust, et endiselt on kõrgustes töötamise isikukaitsevahendite kasutamise juhendamine puudulik.

Uuringu tulemusena selgus, et 13 vaatlusnädala jooksul toimus vähemalt üks õnnetusohtlik olukord nädalas avakatete või kukkumiskiirete puudumise tõttu. Seejuures selgus, et prototüüp kajastas kõiki redelitega, kukkumiskiirete ja avakatetega ning ajutiste treppidega seotud märkuseid. Need moodustasid koordinaatori tehtud tähelepanekutest ligikaudu 20%.

Neid rikkumisi võib kategoriseerida *near miss* intsidentidena ehk peaaegu juhtunud õnnetustena. Need on õnnetusohtlikud olukorrad, mis oleksid võinud lõppeda tööõnnetusega, ent tingimuste kokkulangemisel jäid toimumata. Peaaegu toimunud tööõnnetuste uurimine on õnnetuste ärahoidmiseks kriitilise tähtsusega, kuna nad jagavad tööõnnetustega samu kõrvalekaldeid ning põhjuseid.

Prototüübi valideerimisest võib järeldada, et ohtlikud projekti elemendid võivad olla tuvastatud BIM-mudelis. Projekteerijad saavad teha parandusi otse projekti ja teavitada muudatustest töövõtjaid, et parandada ehitustööde korraldust ning ennetada võimalikke tööõnnetusi. Samuti võib järeldada, et ehitusvaldkonna õppekava peaks sisaldama rohkem ehitusplatsi korralduse ning ehitussektorile keskenduvaid õppeained. Kõik ehitusega seotud osapooled sealhulgas ka projekteerijad ja arhitektid peaksid oskama hoomata ehitusprojekti tööohutust.

Tööohutuse BIM-mudel hõlmab teavet projekti iga komponendi kohta; see info on digitaliseeritud ja lihtsalt eraldatav ülejäänud ehitusprojektist. Ohutusmeetmed ehitusinfo mudelis on parametrizeeritud ehk kui muuta ühe komponendi üht näitajat, siis kõik sellega seotud parameetrid muutuvad automaatselt. See omadus lihtsustab ohtlike projektielementide muudatuste haldamist.

Antud magistritöö jätkuna võib täiendada loodud prototüüpi. Selleks võib ehitada ohutuseeskirjade süsteemi klassifitseerides ehitusohutuse alast teavet, ehitades ohutuseeskirjade süsteemi ja tõlkides ohutuseeskirju masinloetavas keelde. Teabe hankimise hõlbustamiseks võib ohutuseeskirjad kodeerida vastavalt õnnetuse tüübile, õnnetuse subjektile ja muudele omadustele. Igale ohutusueeskirjale saab anda oma kood, millest arvuti saab aru.

Samuti võib täiendada uuringut erinevate digitaliseerimise viiside, tööohutuse uudsete tarkvarade rakendamise ning tööohutusse investeeringute kasumlikkuse analüüsiga. Euroopa Liidu komisjoni uuringud on näidanud, et iga tööohutuse peale investeeritud euro toob töandjale tagasi üle kahe euro. Tööohutuse korraldamise kasu väljendub sealhulgas haiguspuhkuste ning töövahendite ja ettevõtte maine kahjustamise ärahoidmises.

Tööohutuse tagamine on ehitamise üks osa, mida on mõistlik integreerida ehitustööde juhtimise kui terviku toimimisse. Head ohutusnäitajad loovad hea maine nii ettevõttele kui ka tervele valdkonnale, mis on oluliseks aspektiks töötajate motiveerimisel ning uute töötajate ja investorite leidmisel. Ettevõtte edukus sõltub oluliselt tööõnnetuste haiguspäevade arvust.

BIM-mudel on visualiseeritud ehitusprojekt – see aitab projekteerijatel ja ohutuskordinaatoritel tuvastada ja parandada ohutust lihtsamini. Prototüübi eesmärgiks on muuta käitumismudelit ning edendada positiivset ohutuskultuuri. Antud prototüübiga hinnatakse töökoha riske. Tööohutuse tagamises ning õnnetuste ennetamises on riskide hindamisel ning visualiseerimisel juhtiv roll.

SUMMARY

This thesis aims to provide an overview of occupational safety in the Estonian construction sector, management of safety during load-bearing construction works and analysis of the main contractor's role in this process in the example of Veerenni quarter. Based on the analysis of the assembly works, the necessary safety measures were defined and a digital prototype of occupational safety was created. It was validated through site inspections.

In the course of the study, it appeared that the reference construction site needed to pay more attention than usual to biological risk factors. The necessary safety measures were taken on-site to prevent the spread of COVID-19. The emergency showed that the management systems implemented by the company must be ready to regulate not only physical, chemical and physiological risk factors but also biological risk factors.

The remarks of the safety inspection reports used in dissertation showed a significant match with the results of the targeted inspections of the Labour Inspectorate. 55% (67 out of 122) of the site's violations were related to the safety of work at heights and personal protective equipment. Those figures support the conclusion made in the occupational safety review chapter that there is still a lack of guidance for the use of personal protective equipment for working at heights.

The study revealed that at least one accident-prone situation per week occurred during the 13 weeks of observation due to the lack of opening covers or fall barriers. It turned out that the prototype reflected all notes related to ladders, fall barriers, opening covers and temporary stairs. They accounted for about 20% of the coordinator's observations.

These violations can be categorised as near-miss incidents. These are situations, which could have lead to an accident if conditions were different. Investigation of near-miss incidents is critical to accident prevention, as they share the same root causes as accidents.

From the validation of the prototype, it can be concluded that hazardous design elements can be identified in the BIM model. Designers can make improvements directly into the project and notify contractors of the changes to improve construction management and prevent potential accidents. It can also be concluded that the curriculum in the field of construction should include more subjects related to

construction site management and the construction sector. All parties involved in construction, including designers and architects, should be able to understand the concept of occupational safety of the construction project.

The occupational safety BIM model includes information of each component of the project; this information is digitised and easily separable from the rest of the project. The safety measures in the construction information model are parameterised, ie if one parameter of one component is changed, all the related parameters change automatically. This feature simplifies the management of changes to hazardous project elements.

As a continuation of this master's thesis, the created prototype can be supplemented. To this end, a system of safety rules can be built by classifying construction safety information, building a system of safety rules and translating the safety rules into a machine-readable language. To facilitate the collection of information, safety rules may be coded according to the type of accident, the subject of the accident and other characteristics. Each safety rule can be assigned its code that the computer understands.

The study can also be complemented by an analysis of the different ways of digitisation, the implementation of innovative occupational safety software and the profitability of investments in occupational safety. Studies by the European Commission have shown that every euro invested in occupational safety returns more than two euros to the employer. The benefits of occupational safety management include the prevention of sick leave and damage to work equipment and the company's image.

Occupational safety is one part of the construction and it is reasonable to integrate it into the operation of construction management as a whole. Good safety indicators create a good reputation both for the company and the industry as a whole, which is an important aspect in motivating employees and finding new employees and investors. The success of a company depends significantly on the number of sick days at work.

The BIM model is a visualised construction project - it helps designers and safety coordinators to identify and improve safety more easily. The prototype aims to change the pattern of behaviour and promote a positive safety culture. This prototype assesses the risks of workplace. Risk assessment and visualisation play a leading role in ensuring the safety of employees and in accident prevention.

KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] Tööinspektsioon, "Töökeskkond 2019," 2019.
- [2] M. Dolores, M. Aires, M. Carmen, R. Gámez, and A. Gibb, "Prevention through design : The effect of European Directives on construction workplace accidents q," *Saf. Sci.*, vol. 48, no. 2, pp. 248–258, 2010, doi: 10.1016/j.ssci.2009.09.004.
- [3] H. J. Lipscomb, J. E. Glazner, J. Bondy, K. Guarini, and D. Lezotte, "Injuries from slips and trips in construction \$," vol. 37, pp. 267–274, 2006, doi: 10.1016/j.apergo.2005.07.008.
- [4] M. Behm, "Linking construction fatalities to the design for construction safety concept," vol. 43, pp. 589–611, 2005, doi: 10.1016/j.ssci.2005.04.002.
- [5] T. M. Toole and J. Gambatese, "The Trajectories of Prevention through Design in Construction," vol. 39, pp. 225–230, 2008, doi: 10.1016/j.jsr.2008.02.026.
- [6] K. Kask *et al.*, "Ehitussektori Tootlikkuse, Lisandväärtuse Ja Majandusmõju Analüüs," 2018.
- [7] R. Akram, M. Jamaluddin, A. Rehman, T. Hussain, and S. Khan, "Exploring the role of building information modeling in construction safety through science mapping," *Saf. Sci.*, vol. 120, no. August, pp. 456–470, 2019, doi: 10.1016/j.ssci.2019.07.036.
- [8] Y. Liu, S. Van Nederveen, and M. Hertogh, "ScienceDirect Understanding effects of BIM on collaborative design and construction : An empirical study in China," *Int. J. Proj. Manag.*, vol. 35, no. 4, pp. 686–698, 2017, doi: 10.1016/j.ijproman.2016.06.007.
- [9] R. Häelme, "Ehitusjuhtimise analüüs ja kvaliteedipõhimõtete rakendamine ehitusinfomudelis," Tallinna Tehnikaülikool, 2019.
- [10] "Töötervishoiu ja tööohutuse seadus – Riigi Teataja." [Online]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/77618>. [Accessed: 18-Apr-2020].
- [11] Euroopa Komisjon, "Tööohutus ja töötervishoid puudutab meid kõiki," 2016.
- [12] "Ehitamise surmavast minevikust helgema tuleviku suunas - Tööelu.ee." [Online]. Available: <https://www.tooelu.ee/et/uudised/statistika/2238/ehitamise-surmavast-minevikust-helgema-tuleviku-suunas>. [Accessed: 17-May-2020].
- [13] "The Human Cost of Construction - A Timeline of the World's Most Notable Construction Projects." [Online]. Available: <https://www.damfirm.com/human-cost-construction/>. [Accessed: 17-May-2020].
- [14] I. Jaanisoo, "Ehitusvaldkonna tuleviku hetkeseis," 2019.
- [15] "TT0119: Hõivatud tegevusala (EMTAK 2008) ja haridustaseme järgi." [Online]. Available: <http://andmebaas.stat.ee/Index.aspx?lang=et&DataSetCode=TT0119#>. [Accessed: 25-Apr-2020].
- [16] "Tööinspektsioon: Avaandmed: Tööõnnetused 2014-2018." [Online]. Available: https://www.ti.ee/fileadmin/user_upload/failid/dokumendid/Meedia_ja_statistika/Statistika-toeoeonnetused/TO_2014_2018_14.02.xlsx. [Accessed: 18-Apr-

2020].

- [17] I. Avi, "Ehitusplatside sihtkontrollid 2014," 2014.
- [18] V. Soone, "Ehitusplatside sihtkontroll," Mar. 2016.
- [19] V. Soone, "Üle-eestilise ehitusplatside sihtkontrolli kokkuvõte," Jun. 2016.
- [20] V. Soone, "Sihtkontroll - ehitusplats nädalavaetusel."
- [21] V. Soone, "Ehitusplatside sihtkontrolli Siseviimistlus kokkuvõte," Dec. 2017.
- [22] V. Soone, "Ehitusplatside sihtkontrolli 'Kõrgustes töötamine' kokkuvõte," May 2017.
- [23] V. Soone, "Kõrgustes töötamise sihtkontrolli kokkuvõte," Nov. 2018.
- [24] V. Soone, "Kõrgustes töötamise sihtkontrolli kokkuvõte," Apr. 2018.
- [25] "Zero accidents - Rakennusteollisuus RT ry." [Online]. Available: <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Tyoturvallisuus/Nollatapaturmaa/>. [Accessed: 17-May-2020].
- [26] R. M. Morillas, J. C. Rubio-Romero, and A. Fuertes, "A comparative analysis of occupational health and safety risk prevention practices in Sweden and Spain," *J. Safety Res.*, vol. 47, pp. 57–65, 2013, doi: 10.1016/j.jsr.2013.08.005.
- [27] A. C. Kristianssen, R. Andersson, M. Å. Belin, and P. Nilsen, "Swedish Vision Zero policies for safety – A comparative policy content analysis," *Saf. Sci.*, vol. 103, no. May 2017, pp. 260–269, 2018, doi: 10.1016/j.ssci.2017.11.005.
- [28] T. Nakkurt, "(Töö)ohutuse kujundamise võimalused (ehitus)ettevõttes Skanska näite põhjal," Tallinna Ülikool, 2014.
- [29] "Ämne: Tillbudsrapportering | Byggföretagen." [Online]. Available: <https://byggforetagen.se/foretagsservice/amnen/tillbudsrapportering/>. [Accessed: 18-Apr-2020].
- [30] Arbetsmiljö Verket, "Helårsrapport 2018 - Register för företag som utstationerar arbetstagare i Sverige," 2019.
- [31] "Register-based labor market statistics (RAMS)." [Online]. Available: <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/arbetsmarknad/sysselsattning-forvarvsarbete-och-arbetstider/registerbaserad-arbetsmarknadsstatistik-rams/>. [Accessed: 18-Apr-2020].
- [32] B. Samuelson, "Arbetsskador inom byggindustrin 2018," 2019.
- [33] European Commission, "European Construction Sector Observatory: Country Profile Sweden," no. June, p. 27, 2017.
- [34] European Commission, "European Construction Sector Observatory: Country Profile Estonia," no. June, p. 27, 2017.
- [35] I. Avi, *Tööohutus ehitusplatsil*. Tööinspektsioon, 2019.
- [36] "Töötervishoiu ja tööohutuse nõuded ehituses – Riigi Teataja." [Online]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/105122018010?leiaKehtiv>. [Accessed: 24-Apr-2020].
- [37] E. Soppe, "Veerenni korterelamud, II etapp — Merko." [Online]. Available: <https://www.merko.ee/projekt/veerenni-korterelamud-ii-etapp/>. [Accessed: 25-

Apr-2020].

- [38] E. Soppe, "Ehitusinfo: Uus-Veerenni II hoonete etapp," 2020.
- [39] AS Merko Ehitus Eesti, "Korterelamu äripindadega põhiprojekti seletuskiri." Tallinn, 2019.
- [40] A. Gildi and E. Pöder, "Ehitusjuhis raudbetoonkarkasside ehitamiseks: EJ-32103," 2019.
- [41] M. Li, H. Yu, and P. Liu, "Automation in Construction An automated safety risk recognition mechanism for underground construction at the pre-construction stage based on BIM," *Autom. Constr.*, vol. 91, no. March, pp. 284–292, 2018, doi: 10.1016/j.autcon.2018.03.013.
- [42] W. G. Bridges, "Gains from getting near misses reported," *Glob. Congr. Process Saf. 2012 - Top. Conf. 2012 AIChE Spring Meet. 8th Glob. Congr. Process Saf.*, vol. 1, pp. 852–875, 2012.