



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Ehituse ja arhitektuuri instituut

**RAUDBETOONIST SEINAELEMENTIDE
KVALITEEDI ANALÜÜS VEERENNI KVARTALI
NÄITEL**

**QUALITY ANALYSIS OF PRECAST CONCRETE WALL
PANELS ACCORDING TO THE VEERENNI KVARTAL**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Jane Kikojan

Üliõpilaskood: 153858

Juhendaja: Eneli Liisma, lektor

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.

18. 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, **Jane Kikojan**, sünd. 01.06.1995

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose **Raudbetoonist seinaelementide kvaliteedi analüüs Veerenni Kvartali 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: **JANE KIKOJAN**

Üliõpilaskood **153858**

Õppekava: **EAEI02 Ehitiste projekteerimine ja ehitusjuhtimine**

Peaeriala: Ehitusmajandus ja juhtimine

Lõputöö teema:

RAUDBETOONIST SEINAELEMENTIDE KVALITEEDI ANALÜÜS VEERENNI KVARTALI NÄITEL

Quality analysis of precast concrete wall panels according to the Veerenni Kvartal

Juhendaja: **Lektor, Eneli Liisma**

eneli.liisma@taltech.ee

Lõputöö konsultandid:

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

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Klassifitseerida raudbetoonist seinaelementidel esinenud puudused
2. Analüüsida raudbetoonist seinaelementidega seotud puuduste põhjused ja nende mõju peatöövõtja ehitusjuhtimise tegevusele
3. Võrrelda peatöövõtja kvaliteedijuhtimise efektiivsust raudbetoonist seinaelementidega seotud tööloigul (Veerenni kvartali I ja II etapp)

Töö keel: eesti keel

Lõputöö etapid ja ajakava:

Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1. Teoreetiline osa	02.03.2020
2. Raudbetoonist seinaelementide puuduste ja tootestandardile mittevastavuse monitooring ja kaardistamine	30.03.2020
3. Raudbetoonist seinaelementide puuduste ja tootestandardile mittevastavuse põhjuste selgitused	20.04.2020
4. Peatöövõtja poolt korraldatud kvaliteedijuhtimise korraldamise analüüs	27.04.2020
5. Peatöövõtja poolt korraldatud kvaliteedijuhtimise efektiivsuse võrdlus I ja II etapi näitel	04.05.2020
6. Kokkuvõttev analüüs	11.05.2020
7. Lõputöö esitamine	18.05.2020

Lõputööde 95% ülevaatus, mille läbimine on kaitsmise eelduseks

11.05.2020

Esitlusmaterjalid kaitsmisel: Powerpoint esitlus ja jaotusmaterjalid

Kirjeldus	Tähtaeg
1 PowerPoint esitlus	25.05.2020

Lõputöö esitamise tähtaeg:

25. mai 2020

Lõputöö ülesanne välja antud: 13.01.2020

Juhendaja:

Lektor Eneli Liisma

Ülesande vastu võtnud:

Jane Kikojan

Avalikustamise
piirangu tingimused:

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

SISUKORD

EESSÕNA	8
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU	9
TABELITE LOETELU	10
JOONISTE LOETELU	11
SISSEJUHATUS	13
1. Referentsobjekti üldisloomustus	15
1.1 Ülevaade Veerenni Kvartalist	15
2. PINNAVIIMISTLUSED	18
2.1 Pindade kvaliteediklassid	19
2.2 Terashõõrdepind	20
2.3 Plaatvooderdusega pind	21
2.4 Värvitud pinnad	22
3. BETOONELEMENTIDE TOOTMINE	23
3.1 Tellisvoodriga seinaelemendi tootmine	24
4. BETOONELEMENTIDE TOLERANTSID	26
4.1 Üldnõuded	26
4.2 Nõuded materjalidele	27
5. RAUDBETOONIST SEINAELEMENTIDE PUUDUSED	28
5.1 I etapi puuduste detailne analüüs	40
5.1.1 Telliste astmelisus	40
5.1.2 Telliste kõverdumine	41
5.1.3 Vuukide erinevus	43
5.1.4 Defektsed tellisplaadid	45
5.1.5 Määrduvad tellisplaadid	46
5.1.6 Tühimikud soojustuses	48
5.1.7 Defektid soojustuses	50
5.1.8 Mõõtmete mittevastavus	53
5.1.9 Defektid raudbetoonist seinaelementide servades	55
5.1.10 Tapivarrastega seotud puudused	57
5.2 II etapis esinenud puudused	59
5.2.1 Puudused tootejoonistega	60
5.2.2 Taridetailide ja tapivarraste puudumine	61
5.2.3 Tellistega seotud puudused	63
5.2.4 Mõõtmete mittevastavus	64
6. PUUDUSTE KVALITEEDIJUHTIMINE	65

6.1	Näidiselemendi ülevaatus	67
6.2	Arhitekti vaatenurk.....	68
7.	TOOTE HINNA JA KVALITEEDI SUHE	69
	KOKKUVÕTE	72
	SUMMARY.....	73
	KASUTATUD KIRJANDUS	74
	LISAD	76
	Lisa 1 Valmistustolerantsid: pikkus, kõrgus, paksus	77
	Lisa 2 Valmistustolerantsid: pinnadiagonaalide vahe, kaardumus, kiive	78
	Lisa 3 Valmistustolerantsid: avad, taridetailid, elektritoosid	79
	Lisa 4 Nõuded tellispindadele	82
	Lisa 5 Ehitustolerantsid	85
	Lisa 6 Küsimustik 1.....	88
	Lisa 7 Küsimustik 2.....	98

EESSÕNA

Käesolev magistritöö on valminud koostöös ettevõttega AS Merko Ehitus Eesti. Diplomitöö teema sõnastati lõputöö juhendaja, Tallinna Tehnikaülikooli Ehituse ja arhitektuuri instituudi lektori, Eneli Liisma algatusel.

Soovin tänada AS Merko Ehitus Eesti töotajaid vajamineva informatsiooni ja lähtematerjalide võimaldamise eest. Eriti sooviksin tänada objektiinseneri Tõnu Stern, kvaliteedijuhti Aleksandr Gildi ning konstrueerimisosakonna vaneminseneri Uku Sikk nende panuse eest lõputöö valmimisse. Lisaks soovin tänada ettevõtte Arhitekt Tarbe OÜ arhitekti Johann-Aksel Tarbe, kes abistas lõputöö koostamisel tekkinud küsimuste lahendamisel.

Eriline tänu lõputöö juhendajale, Eneli Liismale, kelle esmaklassilised teadmised ja motivatsioon aitasid jõuda soovitud tulemuseni.

Võtmesõnad: betoonvalmistode, raudbetoonist seinaelement, kvaliteedijuhtimine, magistritöö

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

IFC	- Faili formaat, milles sisaldub ehitise arhitektuurne ja konstruktiivne 3D mudel ja mida kasutatakse BIM programmides (ingl k Industry Foundation Classes)
MTL	- Wienerberger Terca keraamilise tellisplaadi formaat. MTL85 puhul on tegemist mõõtmetega 285x85x20 mm
MTL L	- Wienerberger Terca keraamilise tellisplaadi nurgaplaat. MTL85 L puhul on tegemist mõõtmetega 285x20x85 mm
MTL V	- Wienerberger Terca keraamilise tellisplaadi nurgaplaat. MTL85 V puhul on tegemist mõõtmetega 285x85x85 mm
MUO-A	- A-klassile vastav vormipind (soome k Muottia vasten valettu pinta)
SW-paneel	- Kolmekihiline raudbetoonist seinaelement, mis koosneb sise- ja väliskoorest ning nende vahelisest soojustuskihist (ingl k Sandwich Panel)
THI-B	- B-klassile vastav terashõõrdepind (soome k Teräshierretty pinta)
TIIP-AA	- AA-klassile vastav plaatvooderdusega pind (soome k Tiililaattapinta)

TABELITE LOETELU

Põhiosas leitavad tabelid:

Tabel 1.1	I etapi majade korruste arv	15
Tabel 1.2	II etapi majade korruste arv	15
Tabel 1.3	Raudbetoonist seinaelementide lähteandmed	17
Tabel 2.1	Pinnaviimistluse klassid (Allikas: Ehitusprojekti seletuskiri, TP, [8])	19
Tabel 3.1	Peamised betoonelementide tootjad Eestis	23
Tabel 4.1	Materjalide puhul nõutud standardid	27
Tabel 7.1	Ametite kuupalgad 2019 (Allikas: http://andmestikud.stat.ee/ametipalk/ , [15]) ..	71

Lisas leitavad tabelid:

Lisa tabel 1	Pikkus, kõrgus, paksus (Allikas: Betoonelementide tolerantsid, BÜ9, [5])	77
Lisa tabel 2	Pinnadiagonaalide vahe, põikkaardumus, kiive (Allikas: Betoonelementide tolerantsid, BÜ9, [5])	78
Lisa tabel 3	Avad, taridetailid, elektritooside asend ja pinnatasasus (Allikas: Betoonelementide tolerantsid, BÜ9, [5])	79
Lisa tabel 4	Nõuded tellispindadele (Allikas: Betoon ja raudbetoon, BÜ4, [10])	82
Lisa tabel 5	Paiknemine, vuugi asukoht, kaardumus (Allikas: Betoonelementide tolerantsid, BÜ9, [5])	85

JOONISTE LOETELU

Põhiosas leitavad joonised:

Joonis 1.1 Uus-Veerenni arenduse asendiplaan (Allikas: www.merko.ee/veerenni , [10])	16
Joonis 1.2 Uus-Veerenni kvartali I-III etapi ülevaade (Allikas: www.merko.ee/veerenni , [10])	16
Joonis 1.3 Välissein VS16 (Allikas: Majade piirdekonstruktsioonide tüübid, TP)	17
Joonis 2.1 Illustratiivne foto Veerenni Kvartali 6-korruselise hoone pinnaviimistlusest (Allikas: https://merko.ee/veerenni-allee/ , [10])	18
Joonis 2.2 Terashõõrdepind (Allikas: https://www.betoonelement.ee , [14])	20
Joonis 2.3 Veerenni Kvartali hoone fassaad (Allikas: www.merko.ee/veerenni , [10])	21
Joonis 2.4 Veerenni Kvartali värvitud pinnakattega seinaelemendid (Foto autor: objektiinsener T. Stern)	22
Joonis 3.1 Tellisvoodriga raudbetoonist seinaelemendi valmistamine	24
Joonis 3.2 Raudbetoonist seinaelemendi valmistamine. (Vasakpoolsel fotol: tellispinna valmistamine, parempoolsel fotol: soojustuse tühimike täitmine (Fotode autor: kvaliteedijuht A. Gildi)	25
Joonis 3.3 Raudbetoonist seinaelementidega tehtavate tööde järjestus	25
Joonis 5.1 Veerenni Kvartali I etapi hoonete numbriline jaotus (Allikas: www.merko.ee/veerenni , [10])	28
Joonis 5.2 Raudbetoonist seinaelementide puudused (I ETAPP)	29
Joonis 5.3 Veerenni Kvartali I etapi raudbetoonist seinaelementide montaaž korruste kaupa ...	31
Joonis 5.4 Veerenni Kvartali I etapi raudbetoonist seinaelementide montaažijärjekord	32
Joonis 5.5 Puuduste arv nädalate kaupa	33
Joonis 5.6 Puuduste tüüpide protsentuaalne esinemine	34
Joonis 5.7 Puuduste esinemine majade kaupa (I etapp)	35
Joonis 5.8 Puuduste sõltuvus majade korruselisusest (I etapp)	36
Joonis 5.9 Puuduste kajastamine mudelis (Vasakul: 9. maja IFC mudel, paremal: 9. maja IFC mudel koos esile tõstetud vigaste raudbetoonist seinaelementidega)	37
Joonis 5.10 Mudelis olevad kommentaarid	38
Joonis 5.11 Telliste astmelisus (Fotode autor: objektiinsener T. Stern)	40
Joonis 5.12 Telliste kõverdumine (Fotode autor: objektiinsener T. Stern)	42
Joonis 5.13 Tellisplaatide liitumine betooniga (Allikas: Veerenni kvartali ehitusprojekti arhitektuurne osa, TP)	43
Joonis 5.14 Vertikaalvuukide erinevus (Foto autor: objektiinsener T. Stern)	44
Joonis 5.15 Defektsed tellisplaadid (Fotode autor: objektiinsener T. Stern)	45
Joonis 5.16 Nired tellisplaatidel ja vuukides (Fotode autor: objektiinsener T. Stern)	46
Joonis 5.17 Tellisplaatide määrdumine (Parempoolsel fotol on näidatud tehases vuugitud tellisplaadid, vasakpoolsel fotol lõpptulemus) (vasakpoolse foto autor: objektiinsener T. Stern, parempoolse foto autor: kvaliteedijuht A. Gildi)	47
Joonis 5.18 Raudbetoonist seinaelemendi sise- ja väliskihti ühendavad diagonaalsidemed (Allikas: www.peikko.com , [16])	48
Joonis 5.19 Soojustusplaatide vahed (Fotode autor: objektiinsener T. Stern)	48
Joonis 5.20 Tühimik soojustusplaatide vahel (Foto autor: objektiinsener T. Stern)	49
Joonis 5.21 Illustreeriv foto kolmekihilisest raudbetoonist seinaelemendist	49
Joonis 5.22 Defektne soojustus raudbetoonist seinaelemendis (Foto autor: objektiinsener T. Stern)	50
Joonis 5.23 Raudbetoonist seinapaneeli defektne soojustus (Foto autor: kvaliteedijuht A. Gildi)	51
Joonis 5.24 Tehasest saanud raudbetoonist seinaelement (Foto autor: objektiinsener T. Stern)	51
Joonis 5.25 Raudbetoonist seinaelemendi tõsteskeem (Allikas: www.peikko.com , [17])	52
Joonis 5.26 Väliskooriku mõõtmete muutus (Fotode autor: objektiinsener T. Stern)	53
Joonis 5.27 Defektne betoonserv (Fotode autor: objektiinsener T. Stern)	55
Joonis 5.28 Raudbetoonist seinaelementi läbiv pragu (Foto autor: objektiinsener T. Stern)	56

Joonis 5.29 Tapi ava läbiv armeering (Foto autor: objektiinsener T. Stern).....	57
Joonis 5.30 Puhastamata tapivarda ava (Foto autor: objektiinsener T. Stern).....	58
Joonis 5.31 Raudbetoonist seinaelementide puudused (II ETAPP).....	59
Joonis 5.32 Puuduva avaga raudbetoonist seinaelemendi tootejoonis (Joonise autor: konstrueerimisosakonna vaneminsener U. Sikk)	60
Joonis 5.33 Puuduv taridetail (Joonise autor: konstrueerimisosakonna vaneminsener, U. Sikk)	61
Joonis 5.34 Taridetaili vale asukoht (Foto autor: konstrueerimisosakonna vaneminsener U. Sikk)	61
Joonis 5.35 Tellisplaatide puudused (Vasakul: pragunenud tellisplaadid, paremal: purunenud tellisplaadid) (Fotode autor: A. Gildi).....	63
Joonis 5.36 Raudbetoonist seinaelemendi maha lõigatav osa (Foto autor: konstrueerimisosakonna vaneminsener U. Sikk)	64
Joonis 6.1 Peatöövõtja kvaliteedijuhtimise peamised etapid	66
Joonis 6.2 Näidiselemendi välispind (Foto autor:kvaliteedijuht A. Gildi).....	67
Joonis 7.1 Raudbetoonielementide tootjate pakkumisi imiteeriv skeem.....	69
Joonis 7.2 Raudbetoonist seinaelementide kalendergraafik autorile teadaolevate lisatöödega ..	70

Lisas leitavad joonised:

Lisa joonis 1 Pikkus, laius, kõrgus ja paksus (Allikas: EVS-EN 13369:2018, Lisa H, [1]).....	77
Lisa joonis 2 Pinnadiagonaalide vahe (Allikas: EVS-EN 13369:2018, lisa H, [1]).....	78
Lisa joonis 3 Serva põikkaardumus ja kiive (Allikas: EVS-EN 13369:2018, lisa H, [1])	78
Lisa joonis 4 Ava mõõtude hälbed (Allikas: Betoonelementide tolerantsid, BÜ9, [5])	80
Lisa joonis 5 Taridetaili või ava asukoha hälve (Allikas: Betoonelementide tolerantsid, [5])	80
Lisa joonis 6 Taridetaili süvistushälve (Allikas: Betoonelementide tolerantsid, BÜ9, [5]).....	80
Lisa joonis 7 Seinakingade ankrupoltide ja keermestatud taridetailide asukoha hälve (Allikas: Betoonelementide tolerantsid, BÜ9, [5])	80
Lisa joonis 8 Seinakingade ankrupoltide ja keermestatud taridetailide väljaulatus (Allikas: Betoonelementide tolerantsid, BÜ9, [5])	81
Lisa joonis 9 Elekritooside asend (Allikas: Betoonelementide tolerantsid, BÜ9, [5])	81
Lisa joonis 10 Pinnatasasus (Allikas: Betoonelementide tolerantsid, BÜ9, [5])	81
Lisa joonis 11 Plaadi kõverdumine tasapinnas (Allikas: Betoon ja raudbetoon, [10]).....	83
Lisa joonis 12 Mõrdi laotumine (Allikas: Betoon ja raudbetoon, [10])	83
Lisa joonis 13 Plaadi kõverdumine tasapinnast (Allikas: Betoon ja raudbetoon, [10]).....	83
Lisa joonis 14 Pinna lainelisus (Allikas: Betoon ja raudbetoon, [10]).....	84
Lisa joonis 15 Tellisplaadi pinnavead, lõhed, murenenud serv (Allikas: Betoon ja raudbetoon, [10]).....	84
Lisa joonis 16 Naaberseinte puhas vahekaugus (Allikas: Betoonelementide tolerantsid, BÜ9, [5])	85
Lisa joonis 17 Paiknemishälve (Allikas: Betoonelementide tolerantsid, BÜ9, [5]).....	86
Lisa joonis 18 Hälve vertikaalist (Allikas: Betoonelementide tolerantsid, BÜ9, [5])	86
Lisa joonis 19 Vuugi asukoha hälve (Allikas: Betoonelementide tolerantsid, BÜ9, [5])	86
Lisa joonis 20 Vuugi servade kõrguste vahe (Allikas: Betoonelementide tolerantsid, BÜ9, [5]) ..	87
Lisa joonis 21 Seinte telgede vaheline hälve (Allikas: Betoonelementide tolerantsid, BÜ9, [5])	87
Lisa joonis 22 Seinte kaardumus korruste vahel (Allikas: Betoonelementide tolerantsid, BÜ9, [5]).....	87

SISSEJUHATUS

Ehitus kui protsess on paljude osapoolte koostöö, mille tulemusena valmib ehitus või rajatis. Osapoolte rohkuse tõttu on vigade teke paratamatu. Vigade iseloom on samuti erinev. Millises ehitusfaasis vead tekivad ning millal need avastatakse, mõjutavad oluliselt ka ehituse ajalist kulgu. See omakorda väljendub kulutustes, millega pole eelarves arvestatud.

Käesolev diplomitöö keskendub raudbetoonist seinaelementidele. Hooneid võib ehitada nii monoliitselt kui ka betoonvalmistoodete abil. Lõputöös keskenduti Veerenni Kvartalile, mis baseerub raudbetoonist valmiselementidel. Betoonvalmistoodete kujutab endast betoontoodet, mis on valmistatud väljaspool tema lõplikku kasutusk kohta. Betoonvalmistoodete valmistatakse tööstuslikku tehnoloogiat kasutades [1]. Betoonvalmistoodete alla kuuluvad peamiselt sillaelemendid, vundamendivaiad, õõnespaneelid, trepid, sein- ning varraselemendid.

Valiti Veerenni Kvartal, sest betoonvalmistoodetega seotud vigade arv oli märkimisväärne. Diplomitöö keskendub raudbetoonist seinaelementide vigade analüüsimisele. Argumenteeritud analüüs annab ülevaate nii tekkepõhjustest kui ka lahendustest.

Esmased raudbetoonist seinapaneelid võeti kasutusele 1920. aastal [2]. Tänu tehnoloogilisele arengule tootmises ja materjalide valdkonnas on betoonvalmistoodete populaarsus 50 aastaga märkimisväärselt tõusnud [2]. Algselt kasutati elemente vaid madalhoonete ehitamiseks, tänapäeval kasutatakse betoonvalmistooteid laialdaselt ka mitmekorruseliste hoonete puhul [3]. Varasemalt kasutati hoonete puhul pigem tüüplahendusi, mille geomeetria oli lihtne. Korruste- või lausa hoonete kaupa oli võimalik sarnaseid betoonvalmistooteid valmistada.

Tänapäeva innovaatilised lahendused nõuavad aga suuri väljakutseid. Iga hoone on projektipõhine. Nõudlus innovaatilistele, kuid samas ka kvaliteetsetele hoonetele on tõusnud. Kvaliteedi tagamisel on tootmise korraldusel aga suur roll. Kui juhtumisi puuduvad osapooltel pühendumus ja vajalikud teadmised, võib lõpptulemus jääda oodatust madalamaks [4]. Kasutatakse eri materjale ja pinnaviimistlusi, millele kehtivad konkreetsete kvaliteedinõuded, mis on välja töötatud tuginedes senisele praktikale.

Esmased raudbetoonist seinaelemendid olid oma olemuselt lihtsad armatuurist ja betoonist koosnevad elemendid. Tänapäeval lisatakse ka näiteks diagonaalsidemed, side- ja tõsteaasad. Lisaks eeltoodule muutus keerukamaks ka geomeetria. Iga betoonvalmistoodete sobib vaid kindlaksmääratud asukohta. Kui aga projekteerimises või valmistamisel esinevad vead, ei pruugi betoonvalmistooted omavahel kokku sobida.

Antud lõputöö raames analüüsitakse millised puudused ilmnedid Veerenni Kvartali raudbetoonist seinaelementidel. Teisalt vaadeldakse ka kuidas lahendati raudbetoonist seinaelementidega seotud probleemid peatöövõtja vaatenurgast. Diplomitöö raames koostas autor küsimustikke osapoolte seisukohtade välja selgitamiseks (vt lisa 6 ja lisa 7).

Raudbetoonist seinaelement koosneb kahest raudbetoonkihist, mille vahele paigaldatakse soojustusmaterjal. Soojustusmaterjalideks võivad olla nii pehmed mineraalvillad kui ka jäigad vahtplastid [5]. Raudbetoonist sise- ja väliskiht ühendatakse omavahel diagonaalsidemetega.

Raudbetoonist seinaelementide kogupaksus on enamasti üle 300 mm [3]. Betoonvalmistoodete mõõtmed ja kaal on piiratud vastavalt tehase ja transpordi võimekusele [6]. Lisaks eeltoodule iseloomustab raudbetoonist seinaelemente ka suur õhumüra isolatsioonivõime ning vibratsiooni summutusvõime [7]. Betoonvalmistoodete eelisteks on ka tulepüsivus ja madalad hoolduskulud [8].

Betoonvalmistooted, mida valmistatakse tehases kontrollitud tingimustes, on enamasti parema kvaliteediga [4]. Tootmine on seejuures ilmastikumõjude eest kaitstud ning teostatud tootestandardi alusel [9]. Vertikaalsed betoonvalmistooted nagu seinad ja postid valmistatakse tehases horisontaalselt [4]. Betoonvalmistoodete kasutamine hõlbustab aastaringset ehitamist hoides ka ehitusplatsil tehtava lisatöö arvelt aega kokku [6].

Veerenni Kvartalis aga paraku nii ei läinud. Kui võrrelda näiteks masinatööstusega, kus kasutatakse robotikat, on betoonvalmistoodete ehitamine peamiselt käsitöö. Igas etapis alates planeerimisest lõpetades valmistootega on nõutud kindlad tolerantsid. Arhitekt seab vuukide asukohad ja mõõtmed paika. Tootejoonistel võivad need vuugid tolerantside vahemikus erineda. Betoonvalmistoodete ehitamisel on aga järgmised tolerantsid. Lõpptulemus võib aga visioonist sootuks erineda.

1. REFERENTSOBJEKTI ÜLDISELOOMUSTUS

Diplomitöö referentsobjektiks sai valitud Veerenni Kvartal. Täpsemalt öeldes Veerenni Kvartali I ja II etapp. Autor keskendus raudbetoonist seinaelementidega seonduvatele kvaliteediküsimustele, kuna tegu oli tavapärasest keerukama fassaadilahendusega. Keerukad lahendused tõid aga kaasa hulganisti probleeme, mille analüüsimine annab väärt teadmisi nii projekteerimis- kui ka ehitusjuhtimise valdkonda.

1.1 Ülevaade Veerenni Kvartalist

Uus-Veerenni arendusprojekti raames ehitatakse korterelamuid, mis jagunevad vastavalt 3-, 4- või 6-korruselisteks. Hoonete ehitus on jagatud 3 etappi, millest esimene valmib 2019. aasta lõpuks ning viimane aastal 2021 [10].

I etapis valmis 12 maapealset osa, milleles on kokku 137 korterit ja 8 äripinda. 2020. aasta sügisel valmivad aga II etapi 8 hooneosa, milleles on kokku 88 korterit ja 4 äripinda [11]. Esimese etapi krundi suuruseks 8463 m², teises 5182 m². Diplomitöö põhineb I etapi analüüsimises, kuid võrdluseks tuuakse sisse ka II etapi seni teadaolev informatsioon.

I ja II etapi hoonete korruselisust selgitavad tabel 1.1 ja tabel 1.2. Diplomitöö käigus koguti informatsiooni kokku 20 hoone kohta. Majade numbrilist jaotust selgitab Joonis 5.1. Uus-Veerenni arenduseasendiplaanil on näidatud nii I kui ka II etapp (vt Joonis 1.1). Täpsema ülevaate hoonete paiknemisest annab aga joonis 1.2 kus on näidatud ka olemasolevad ning tulevikus planeeritavad hooned.

Tabel 1.1 I etapi majade korruste arv

Majade numbrid	Korruste arv tk
Majad 1-6	3
Majad 7 ja 12	4
Majad 8-11	6

Tabel 1.2 II etapi majade korruste arv

Majade numbrid	Korruste arv tk
Majad 13-16	4
Majad 17 ja 20	2
Majad 18-19	2



Joonis 1.1 Uus-Veerenni arenduse asendiplaan (Allikas: www.merko.ee/veerenni, [10])



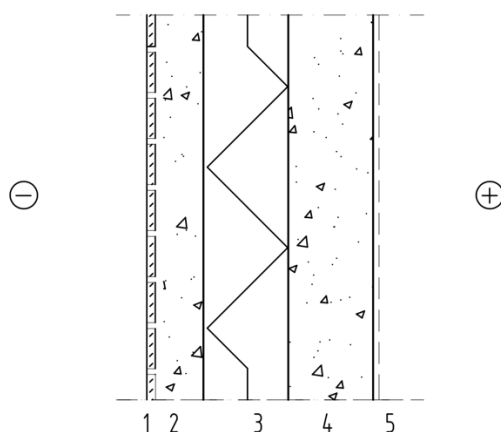
Joonis 1.2 Uus-Veerenni kvartali I-III etapi ülevaade (Allikas: www.merko.ee/veerenni, [10])

Hoonete jäikus saavutatakse vertikaal- ja horisontaalsete jäikuselementidega, mille vertikaalse osa moodustavad välis- ja siseseinad ning horisontaalse osa õõnespaneelidest vahelaed. Kandev karkass koosneb maa-aluses osas monoliitsest raudbetoonist, maapealses osas aga monteeritavatest betoonelementidest. Hoonete välisseinad koosnevad kolmekihilistest-, siseseinad aga ühekihilistest seinapaneelidest [12].

Tabel 1.3 Raudbetoonist seinaelementide lähteandmed

Tunnus	Betoonvalmistooode	Klass, Väärtus	Kommentaar
Keskkonnaklass	Välissein	XC1	Sisekiht
		XC2, XF2	Väliskiit
Betooni tugevusklass		C30/37	Sisekiht
		C35/45	Väliskiit
Piirdetarindi soojusjuhtivus		0,16 W/K·m ²	Maapealsed
		0,26 W/K·m ²	Maa-alused

Raudbetoonist seinaelementide sisekiht peab vastama keskkonnaklassile XC1 (vt Tabel 1.3), väliskiit aga klassidele XC2, XF2 [12]. Klassid XC1 ja XC2 kirjeldavad karboniseerumisest põhjustatud korrosiooni tekke ohtu. Keskkonnaklass XF2 kirjeldab külmumise ja sulamise mõju ning vastab mõõdukalt veega küllastunud olukorrale. Soojustusmaterjalina raudbetoonist sise- ja väliskihi vahel kasutatakse Kingspan Kooltherm 20, et tagada tabelis 1.3 toodud soojuslähivuste väärtused. Joonisel 1.3 on välja toodud välisseina piirdekonstruktsioon illustreerimaks eeltoodud andmeid.



- | | | |
|----|-------|---|
| 1. | 20mm | PINNAVIIMISTLUS, KLINKERPLAAT vastavalt arhitektuuriosale; |
| 2. | 80mm | RAUSBETOON PANEELI VÄLISKIHT, betoon C35/45 XC2, XF2; |
| 3. | 150mm | SOOJUSTUS, KOOLTERM K20 (Kingspan) või analoogne, $\lambda_d < 0.021 \text{ W/mK}$; |
| 4. | 150mm | MONT. RAUSBETOON SEINAPANEELI SISEKIHT; betoon C30/37 XC1; |
| 5. | | PINNAVIIMISTLUS, vastavalt arh. osale |

Joonis 1.3 Välissein VS16 (Allikas: Majade piirdekonstruktsioonide tüübid, TP)

2. PINNAVIIMISTLUSED

Veerenni Kvartali raudbetoonist seinaelementide fassaadi välisviimistluses kasutatakse nii tehasealist värvimist kui ka eri tooni klinkertellise plaate [11]. Analüüsitava betoonvalmistoodete esimene kiht värvitakse tehases, teine aga ehitusplatsil. Klinkertellistena kasutatakse Wienerberger Terca MTL, MTL L ja MTL V plaate [11].

Joonisel 2.1 on näidatud Veerenni II etapi kuuluva hoone fassaad, mis annab aimu soovitud lõpptulemusest. Pinnaviimistlused peavad olema valmistatud vastavalt ehitusprojekti ettenähtud kvaliteediklassidele. Projektikohased nõuded lähtuvad Eesti Betooniühingu poolt avaldatud BÜ4 juhendmaterjalist [11].



Joonis 2.1 Illustratiivne foto Veerenni Kvartali 6-korruselise hoone pinnaviimistlusest (Allikas: <https://merko.ee/veerenni-allee/>, [10])

2.1 Pindade kvaliteediklassid

Betoonvalmistoodete pinnad jaotatakse nelja kvaliteediklassi, milleks on AA-, A-, B- ning C-klass [13]. Kõige rangemad nõuded kehtivad AA- ning kõige vähem rangemad C-klassile. Viimast kasutatakse enamasti nähtamatuks jäävate pindade puhul [13]. Vormiraketise põhja jäävat pinda kutsutakse vormipinnaks (MUO). Tootejoonistel peab olema selgelt märgitud, milline pind on vormipind. Vormipinna paiknemise järgi selgub millist pidi betoonvalmistoodet valmistama hakatakse.

Veerenni Kvartali raames nõutud pinnaviimistluse klassid on välja toodud tabelis 2.1. AA-klassi puhul on tegemist kõige nõudlikuma tarindiga. AA-klassi saavutamiseks tuleb valmistada spetsiaalselt uus ja puhas raketis iga plaatvoodriga raudbetoonist seinaelemendi valmistamiseks [13].

A-klass määratakse puhasvalupindadele, mille puhul on samuti kvaliteetne ja terve vorm nõutud. Alates B-klassist on lubatud raketise nõ korduvkasutamine. Sellest hoolimata peab raketise pind olema heas korras ning hooldatud [13]. Nagu ka projektdokumentatsioonis mainitud, kasutatakse B-klassi pindu maa alla jäävatel konstruktsioonidel.

Tabel 2.1 Pinnaviimistluse klassid (Allikas: Ehitusprojekti seletuskiri, TP, [11])

Kirjeldus	Klass	Kommentaar
Tehaselised raudbetoonelemendid	MUO-A-THI	Maapeelses osas
	MUO-B-THI	Maa-aluses osas
Paigalvalu	A-klass	Maapeelses osas
	B-klass	Maa-aluses osas
Plaatvooderdusega pind	TIIP-AA	
Viimistlusklass	1	
	2	Tehniliste ruumide puhul
Värvitud pinna läike rühm	4	Poolmatt
Nähtavad betoonpinnad, mida ei kaeta viimistlusega	A-klass	

Selleks, et tellija osapool saaks varakult aimu, milline on pinna tegelik välimus, on kasulik teha pinnanäidised. Seejärel teostatakse pinna ülevaatus, mille käigus aktsepteeritakse näidised. Lisaks eeltoodule pannakse paika ka elementide valmistusmeetodid ja kvaliteedikontroll [13].

2.2 Terashõõrdepind

Terashõõrdepind on oma olemuselt enne betooni kividemist töödeldud pind, mis imiteerib vormipinda. Nii teras- kui ka puuhõõrdepind kuuluvad silutud pindade kategooriasse [13]. Neid kirjeldavad süvendid, mügarad ning tööriistade jäljed. Vastavalt valitud tööriistale tekib elemendi pinnale jäljend, mis määrab ära ka pinna kareduse [13]. Nagu ka peatükis 2.1 mainitud, tuleb ka siinkohal valmistada pinnanäidised, mille abil saadakse aimu võimalikust lõpptulemusest.

Nii vormi- kui ka terashõõrdepinnad vajavad enne pinnakattega katmist eeltöötlust, mis parandaks pinna nakkevõimet. Nakke parandamiseks kasutatakse nii kuiva- kui ka märga pinnatöötlust. Lisaks võib kasutada ka happetöötlust või kõrgsurvepesu. Kuiva töötluste puhul eemaldatakse tsemendipiim, märja puhul aga eemaldatakse vee abil tolmuosakesed. Ka happega töötlemine aitab tsemendipiima eemaldada [13]. Terashõõrdepinna saavutamiseks kasutatakse terashõõrutit [14].



Joonis 2.2 Terashõõrdepind (Allikas: <https://www.betoonelement.ee>, [14])

2.3 Plaatvooderdusega pind

Plaatvooderdusega pinnad jaotatakse vastavalt nende valmistusviisile kahte kategooriasse. Esimesed neist paberile liimitud- ja teised rasteriga valmistatud pinnad. Tellisimitatsiooni saamiseks kasutatakse vastavalt keraamilisi- või silikaatplaate [13]. Elemenditootjad keraamilisi plaate iseseisvalt ei valmista, vajalikud plaadid tarnitakse sisse. Tellisimitatsiooniga plaate valmistatakse märg- või kuivpressimeetodil [13].

Plaatvooderdusega raudbetoonist seinaelementide vuugid jäetakse tellisplaatide pinnast madalamale ning nende valmistamiseks kasutatakse taustvaluga sama betooni [13]. Vuukide erinevus peab lähtuma juhendmaterjalis BÜ4 välja toodud nõuetele.

Veerenni Kvartalis kasutatavaid Wienerbergeri tellisplaate iseloomustavad vastupidavus ning ökonoomsus [15]. Arhitektuurses projektis pannakse paika fassaadikassettide jaotus. Spetsifikatsioonis on välja toodud eri tooni plaatide protsentuaalne osakaal vastavalt hoone osadele [11]. Olukorras, kus lõpptulemuses esinevad ebatäpsused, võib arhitekti heakskiidul plaadid ümber jaotada nii, et tulemus oleks ligilähedane plaanitule. Joonisel 2.3 on näha Veerenni Kvartali klinkertelliste värvikombinatsiooni.



Joonis 2.3 Veerenni Kvartali hoone fassaad (Allikas: www.merko.ee/veerenni, [10])

2.4 Värvitud pinnad

Värvitud kattega raudbetoonist seinaelement on betoonvalmistoode, mille puhul toimub tehases lisaks elemendi valmistamisele ka pinna värvimisprotsess. Tehases värvitakse vastavalt 1 või 2 kihti. Veerenni Kvartalis värviti teine kiht ehitusplatsil, et saavutada ühtlasem tulemus. Joonisel 2.4 on näidatud mõned värvitud pinnakattega raudbetoonist seinaelemendid Veerenni arenduses.

Värvitud pinnakatteks nimetatakse kuni 0,4 mm värvikihti, mis koosneb sideainest, pigmendist, täitematerjalist ja lahustist. Kihid, mis on paksuselt suuremad kui 0,4 mm, kuuluvad pindamisainete alla [13]. Seletuskirja kohaselt on nõutud kasutada struktuurvärvi, mille tera suurus jääb alla 3 mm [11].

Fassaadi puhul on oluline, et värvitud pind oleks ilmastikutingimustele vastupidav ega tekitaks raudbetoonist väliskihile nõ lisakoormust [13]. Lisaks on oluline, et värvitud pinnakihi alla niiskust ei koguneks [13]. Tootejuhistes peab olema esitatud ka aluspinna lubatud niiskussisaldus.

Nii vormi- kui ka terashõõrdepind vajavad enne pindamist eeltötlust. Viimistlusklassi 1 saavutamiseks tuleb betoonpinda enne värvimist pahtliga töödelda. Vajadusel kasutatakse ka kruntimist. Mida karedam on betooni pind, seda parem nakketugevus saavutatakse [13].



Joonis 2.4 Veerenni Kvartali värvitud pinnakattega seinaelemendid (Foto autor: objektiinsener T. Stern)

3. BETOONELEMENTIDE TOOTMINE

Eestis on raudbetoelementide tehasealist tootmisest alustatud juba 1950. aastatel. Eestis peamised sertifitseeritud betoelementide tootjad on näidatud tabelis 3.1. Enamik neist on asutatud vahemikus 1990-2006, kuid esineb ka varasemaid ja hilisemaid liitujaid. Peamisteks betoonvalmistoodeteks on sein- ja trepielemendid, postid, talad ning õõnespaneelid.

Tabel 3.1 Peamised betoelementide tootjad Eestis

Tootja	Alustas tegevust	Peamised betoonvalmistooted
AS Lasbet Tootmine (endine Tallinna Raudbetootodete Tehas) (2020. a alates AS Framm koosseisus)	1956	Vaiad, postid, talad, riivtalad, sillused, õõnespaneelid, taldmikud, sokli- ja seinapaneelid
OÜ TMB Element	1961	Seinaelemendid, õõnespaneelid, postid, talad, trepid, rõduelemendid
AS Betoneks (endine Tallinna Elamuehituskombinaat)	1961	Vundamendielemendid, talad ja riivid, TT-talad, õõnespaneelid, trepid, seinapaneelid
AS Framm (endine Talot)	1990	Seinaelemendid, õõnespaneelid, trepimarsid ja -mademed, karkassielemendid, eritooted
VMT Betoon AS	1991	Vundamendid, seinapaneelid, soklielemendid, trepid ja mademed, postid, sillused,
E-Betoelement AS	1992	Vahelaelemendid, karkass, seinapaneelid, trepid
AS Narva Bark	1997	Vundamendi vaiad, postid, trepielemendid, seinapaneelid, talad ja riivid
AS Muuga Betoelement	2006	Seinapaneelid, laepaneelid, trepielemendid, karkassielemendid
OÜ Scaleter	2016	Trepid, trepiastmed, seinapaneelid
Mammutootmine OÜ	2016	Seinapaneelid, vundamendielemendid, vundamendivaiad, vahelaeplaadid, trepielemendid, varrased

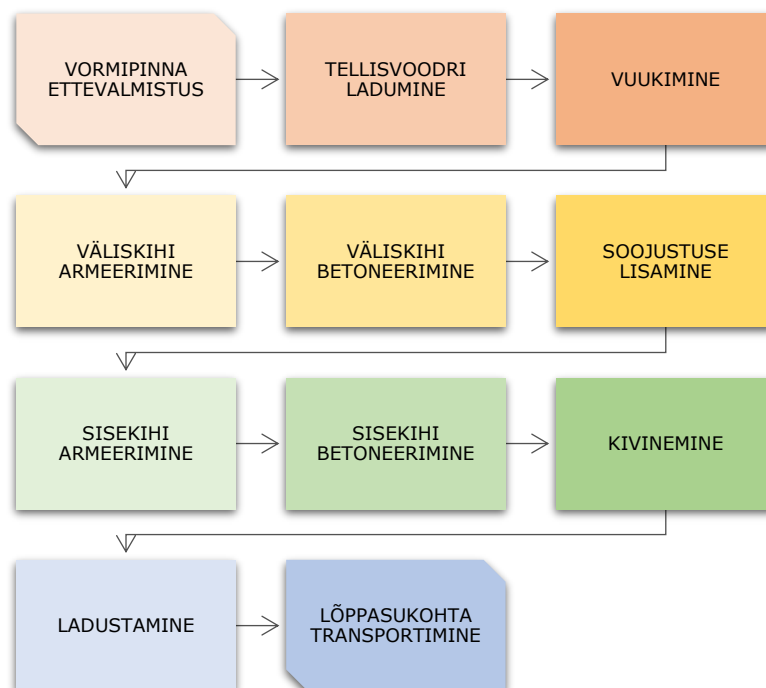
Käesoleva diplomitöö raames käsitletud raudbetoonist seinapaneelide tootja on autorile teada. Mainekahju ärahoidmise eesmärgil tootja nime ei avalikustata.

3.1 Tellisvoodriga seinaelemendi tootmine

Joonisel 3.1 on välja toodud tellisvoodriga raudbetoonist seinaelemendi tootmisprotsesside järjestus. Enne tootma asumist vaadatakse üle valmistatava elemendi tootejoonis. Kontrollitakse, kas kõik vajaminevad mõõtketid, armatuur, side- ja tõsteaasad on näidatud.

Tellisvoodriga seinaelementide tootmist kirjeldab joonis 3.2. Raudbetoonist seinaelemente valmistatakse välimisest kihist sisemise kihi poole. Tellislaotis fikseeritakse spetsiaalse mati abil (vt Joonis 3.2 vasakpoolne foto). Esmalt valmistatakse väliskoor, seejärel lisatakse soojustus ning diagonaalsidemed ja viimaks sisekoor.

Orienteeruvalt 24 tundi pärast kivinemist eemaldatakse betoonvalmistoode raketisest [3]. Betoonvalmistooteid tõstetakse spetsiaalsete tõsteaasade abil lähtudes tõsteskeemist. Normaalingimustel kivinedes saavutab betoon seitsme päevaga ligi 70% oma tugevusest. 28 päeva jooksul peab betoon tagama oma normsurvetugevuse väärtuse.

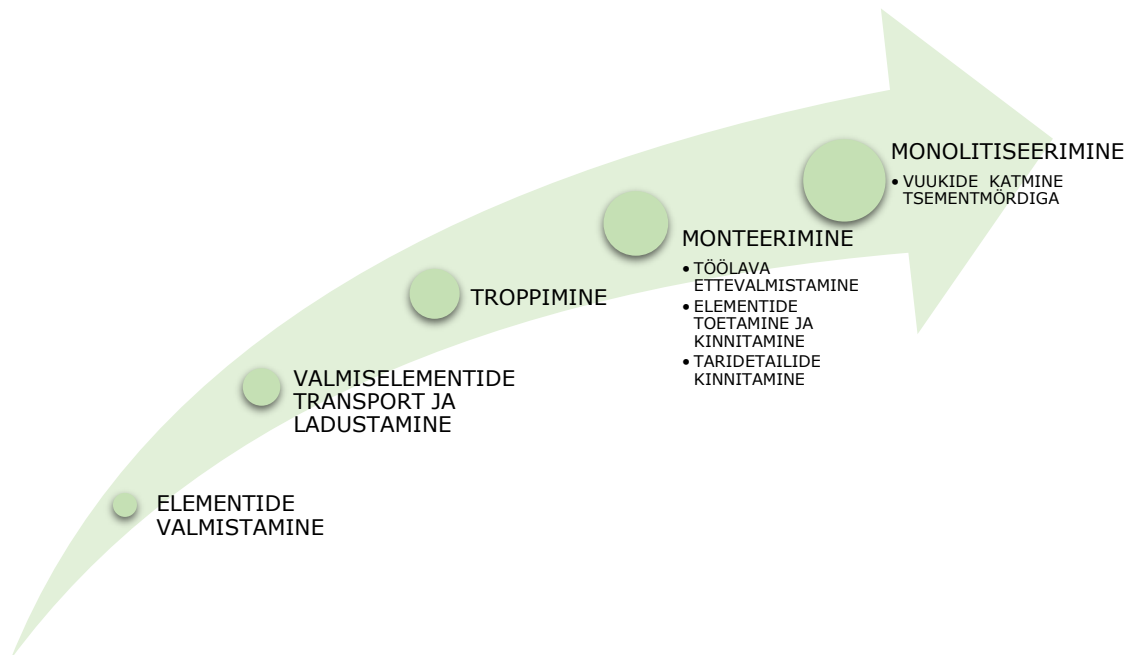


Joonis 3.1 Tellisvoodriga raudbetoonist seinaelemendi valmistamine



Joonis 3.2 Raudbetoonist seinaelemendi valmistamine. (Vasakpoolsel fotol: tellispinna valmistamine, parempoolsel fotol: soojustuse tühimike täitmine (Fotode autor: kvaliteedijuht A. Gildi)

Joonisel 3.3 on välja toodud tööde järjestus, mis selgitab raudbetoonist seinaelementide jõudmist tehasesse oma lõppasukohta. Protsess algab elementide valmistamises sertifitseeritud tehases ning lõppeb monolitiseerimisega. Tegemist on äärmiselt oluliste protsessidega, mis määravad ära lõppviimistluse kvaliteedi.



Joonis 3.3 Raudbetoonist seinaelementidega tehtavate tööde järjestus

4. BETOONELEMENTIDE TOLERANTSID

4.1 Üldnõuded

Tolerants tähendab lubatud hälvete summat. Hälvete all mõeldakse mõõdetud- ja nimiväärtuse erinevust. Tolerantsid jagunevad vastavalt valmistus-, paigaldus- ning mahamärkimis-tolerantsideks, mida võib üheselt nimetada ka ehitustolerantsideks. Nõuded kehtivad nii mõõtmetele, asukohtadele, suundadele, nurkadele kui ka kujule [8].

Nõuded võivad olla nii standardist tulenevad kui ka soovituslikud. Ehitusprojektis peab olema selgelt kirjeldatud, milliseid nõudeid tuleb rakendada. Standardites ja juhendites välja toodud tolerantsid on sarnased, mistõttu on lisaks tolerantsiklassile nõutud ka dokumendi nimetus [8].

Raudbetoonist seinaelementide pindade kvaliteedi määrab esmajoones vormi kvaliteetsus ja puhtus. Lisaks mõjutab pindade kvaliteeti ka betoonsegu koostis ning tihendamine. Suurema vesi-tsementteguriga pinnad on värvuselt heledamad, väiksema teguriga aga tumedamad. Kvaliteedi hindamiseks tuleb jagada betoonvalmistootte pind osadeks vastavalt ühest betoonikogusest saadavale pinnale. Nii saavutatakse võimalikult ühtlane tulemus. Iga järgnev betoonsegu võib eelmisest koostise ebaühtluse tõttu erineda [13].

Betoonvalmistoodete kvaliteedi määravad näiteks konaruste või tühimike olemasolu. Defektid võivad tekkida ka raudbetoelementide transportimise käigus, mistõttu kannatab nii välisilme kui ka kvaliteet. Selleks, et transportimisel vigastusi vältida, tuleb sõidu teekond hoolikalt läbi planeerida ning vajadusel kasutada erimeetmeid betoonvalmistoodete masinas hoiustamisel. Lisaks eeltoodule on oluline ka arhitektide ja projekteerijate töö, mis määrab ära betoonvalmistoodete kuju, viimistluse ning keerukuse.

4.2 Nõuded materjalidele

Ehitusmaterjalid peavad vastama projektis ettenähtud standardile. Betoonvalmistooted tervikuna on reguleeritud standardi EVS-EN 13369 kohaselt. Eraldi kehtib seinaelementidele ka standard EVS-EN 14992. Nimetatud standardites tuuakse välja nõuded materjalidele ja lõpptoodangule. Materjale reguleerivad standardid on näidatud tabelis 4.1 vastavalt materjali nimetusele. Kuna raudbetoonist seinaelementide valmistamisel võib kasutada nii mineraalvilla kui ka paisutatud polüstüreeni, on ka mõlema materjali kohta käivad standardid välja toodud.

Tabel 4.1 Materjalide puhul nõutud standardid

Materjali nimetus	Reguleeriv standard
Betoon	EVS-EN 206
Sarrusteras	EVS-EN 10080
Soojusisolatsioon (mineraalvill)	EVS-EN 13162
Soojusisolatsioon (paisutatud polüstüreen)	EVS-EN 13163
Keraamilised plaadid	EVS-EN 14411

Tabelis 4.1 välja toodud betooni reguleeriv standard määrab ära ka betoonsegu täitematerjalile kehtivad nõuded. Utiliseeritud täitematerjali on küll lubatud uute raudbetoonelementide valmistamiseks kasutada, kuid tingimusel, et täitematerjal ei vähenda tarindi eluiga [1].

Standardis EVS-EN 13369 on määratud ka materjalide katsetamisele kehtivad nõuded. Lisaks eeltoodule peavad raudbetoonist seinaelementides olevad tari- ja ühendusdetailid täitma neile ettenähtud nõudeid. Tarindite akustilised ja soojuslikud nõuded sõltuvad samuti kasutatavate materjalide kvaliteedist [1].

5. RAUDBETONIST SEINAELEMENTIDE PUUDUSED

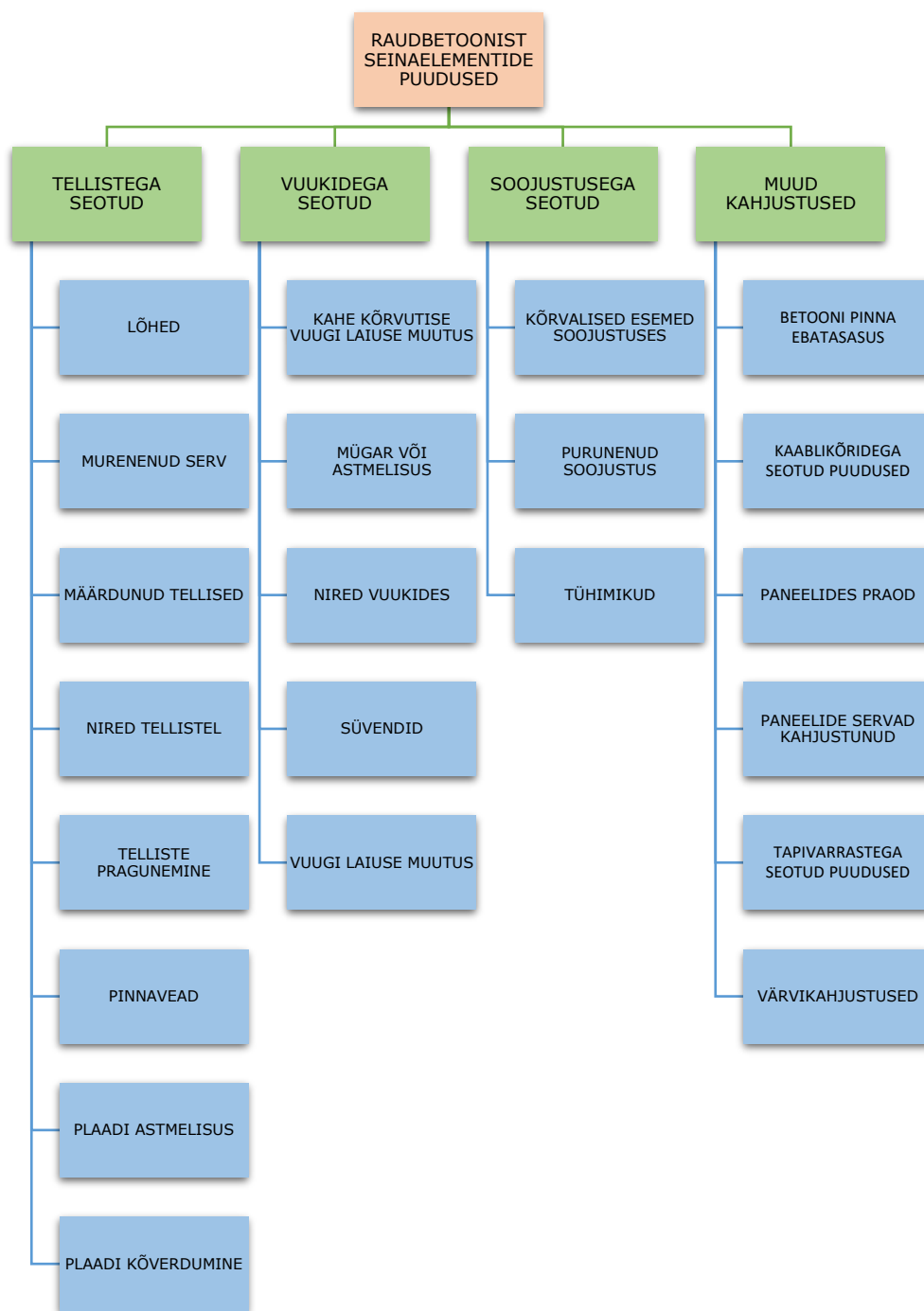
Selles peatükis käsitletakse Veerenni Kvartali I etapi raudbetoonist seinaelementides esinenud defekte ja analüüsitakse nende tekkepõhjuseid. Lisaks tuuakse välja ka võimalikud lahendused või viisid kuidas tulevikus probleeme vältida. Võrdluseks tuuakse välja ka II etapi puudused. Tekkinud probleeme saab jagada visuaalseteks ja konstruktiivseteks, millest viimastel võib olla pikaajaline mõju ehituskvaliteedile.

Vigade analüüsis kasutatav materjal pärineb peatöövõtja objektimeeskonna ning sisejärelvalve järjepideval vaatlusel ja dokumenteerimisel. Puudused jäädvustati fotode ja protokollide näol, kuid leidub ka plaanidele kantud märkmeid. Autor koostas küsimustikke olukorra täpsemaks analüüsimiseks (vt lisa 6, lisa 7).



Joonis 5.1 Veerenni Kvartali I etapi hoonete numbriline jaotus (Allikas: www.merko.ee/veerenni, [10])

Seinaelementides esinenud puudused võib jaotada nelja kategooriasse vastavalt nende päritolule (vt Joonis 5.2). Eraldi saab vaadelda tellistega-, vuukidega- ja soojustusega seotud vigade esinemist. Kõige detailsemalt on esitatud tellistega seotud vead. Lisaks on defineeritud ka vuukides ja soojustusmaterjalis esinenud probleemset kohad. Muude kahjustuste all on välja toodud raudbetoonist seinapaneeli sise- ja väliskoores ilmnenud probleemid.



Joonis 5.2 Raudbetoonist seinaelementide puudused (I ETAPP)

I etapi raudbetoonist seinaelementide montaaž algas 15. novembril 2018 ja lõppes 19. juunil 2019. Esmalt alustati 8. majaga, seejärel lisandusid juba 4. ja 9. maja, lõpetades 10. majaga. Teisisõnu alustati 6-korruseliste hoonetega ning ajapikku lisandusid 3- ja 4-korruselised.

Joonisel 5.3 on näidatud raudbetoonist seinaelementide montaažijärjekord korruste kaupa. Seinaelementide tarnete vahele jäävad ajavahed vahelaesüsteemide monteerimiseks. Lisaks hoonete põhikorrustele on välja toodud ka nõ lisakorrused ehk vastavalt hoonetele parapeti või pööningu osa. Ülemiste korruste eraldi väljatoomine on vajalik, kuna ka seal esines mõningaid puudusi.

Vaadeldes joonist 5.3 näeme, et 3. jaanuarist 2018 kuni 26. märtsini 2019 monteeritakse märkimisväärselt rohkem raudbetoonist seinaelemente kui 2019. aasta aprillis ja mais. Jaanuarist märtsini on suurem koormus nii elemente tootval tehasel kui ka objekti meeskonnal.

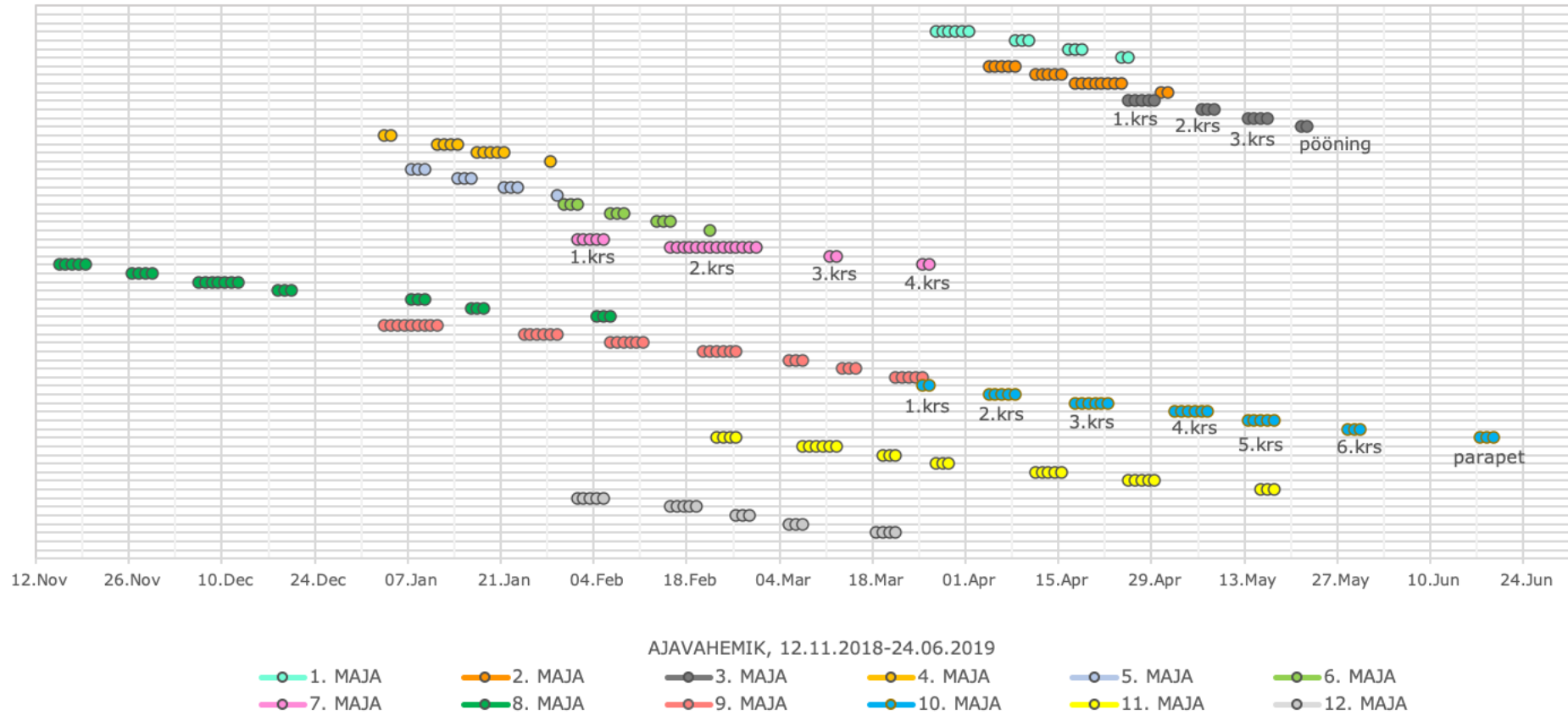
Kui esimesel korrusel esineb tõsiseid puuduseid, võib tekkida olukord, et järgmise korruse montaažiga pole võimalik jätkata. Kui aga valdav enamus valmiselementidest saabub ehitusplatsile defektsetena, tekib peatöövõtjal suluseis. Ühelt poolt on tal õigus elemendid tootjale parandamiseks tagasi saata, teisalt võib see kaasa tuua ehituse mõne nädalase seiskamise. Seejuures muutub aga probleem juriidiliseks, mistõttu võib olla keeruline osapoolte vaheline koostöö jätkamine.

Uurides joonist 5.3 näeme, et 9. ja 10. ehitise esimeste korruste seinte monteerimise vahel on suuremad pausid võrreldes teiste hoonetega. Kuna tegemist on I etapi algusega ja ilmnemiseks ka esimesed defektid, oli vajalik ka ehituse ümberkorraldamine (vt peatükk 6). 4-korruseliste hoonete puhul on pausid väiksemad, kuna probleemid on tuttavad, lahendused välja mõeldud ja ka betoonelementide arv on väiksem.

Joonis 5.4 kirjeldab iga hoone valmiselementide montaaži. Siinkohal on arvestatud ka vahelagede monteerimisega. Iga maja on välja toodud konkreetse värviga. Parema ülevaate saamiseks on lisatud ka monteerimise alg- ja lõppkuupäev.

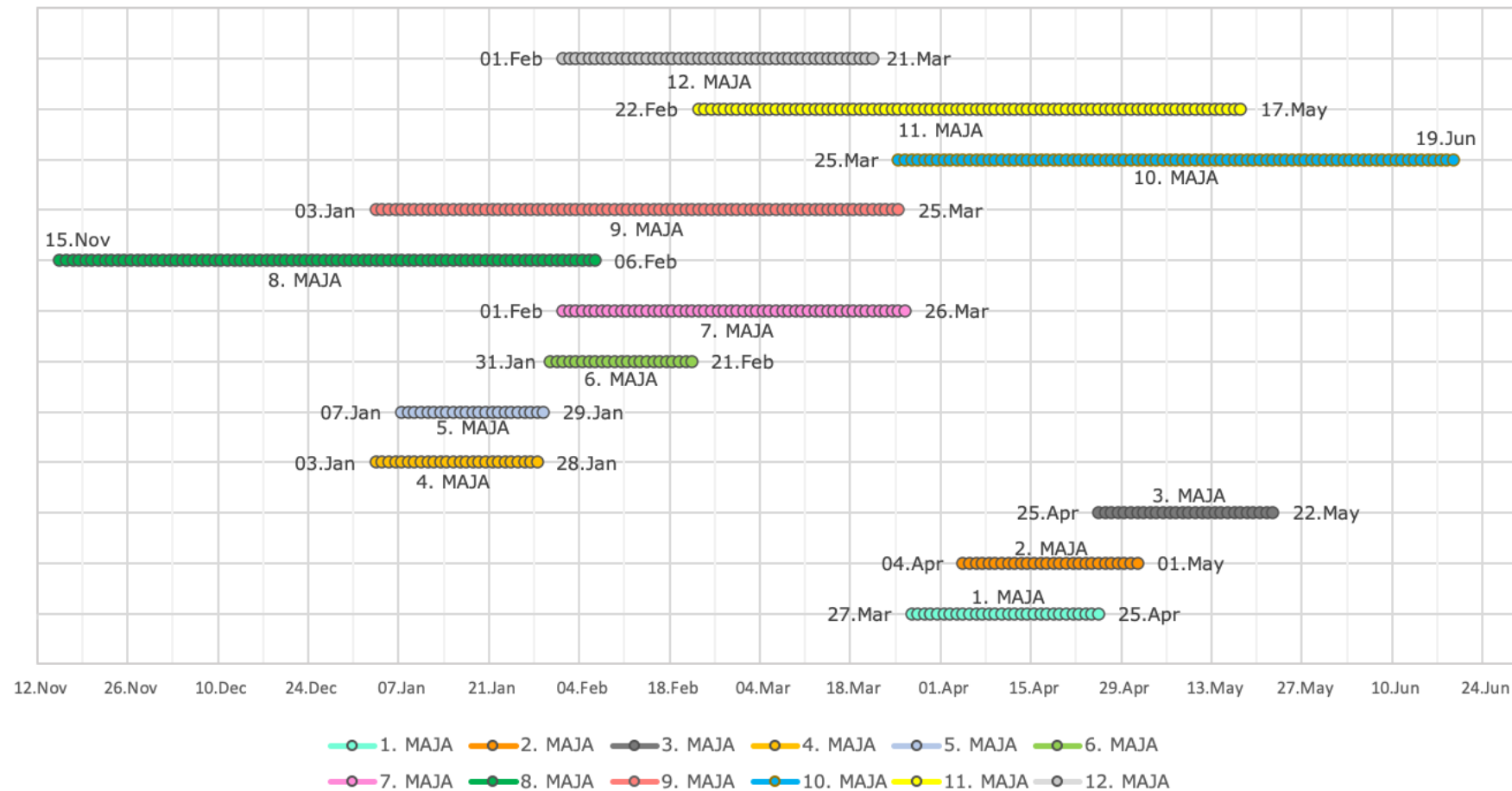
Seinaelementides esinenud puudusi võrreldakse juhendmaterjalides väljatoodud nõuetega. Peamisteks allikateks on Eesti Betooniühingu pool avaldatud BÜ4 ja BÜ9 juhendid. Eesti Betooniühingu andmetel valmib 2020. aasta sügisel valmib ka korrektset betoonvalmistoodete transporti kirjeldav juhend.

RAUSBETOONIST SEINAELEMENTIDE MONTAAŽ



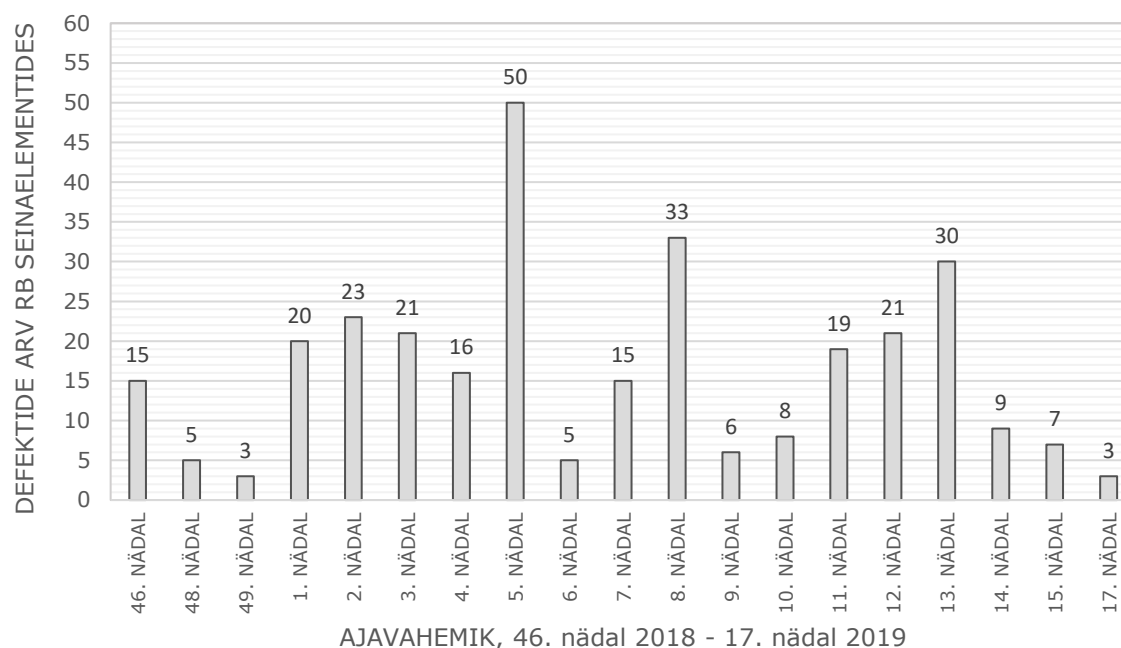
Joonis 5.3 Veerenni Kvartali I etapi raudbetoonist seinaelementide montaaž korruste kaupa

VALMISELEMENTIDE MONTAAŽ



Joonis 5.4 Veerenni Kvartali I etapi raudbetoonist seinaelementide montaažijärjekord

PUUDUSTE ARVUKUS NÄDALATE LÖIKES



Joonis 5.5 Puuduste arv nädalate kaupa

Joonis 5.5 annab ülevaate vigade arvukusest nädalate lõikes. Joonis lähtub kalendergraafikust. Välja on toodud vaid need nädalad, mille puhul on võimalik tagasiulatuvalt puuduseid tuvastada. Iga vea tüüpi arvestatakse ühe elemendi lõikes vaid ühe korra. Kui näiteks ühes elemendis on mitu defektset tellist, ei tooda välja konkreetsete telliste arvu, vaid probleemi enda olemasolu.

Vaadeldes 46. nädalat näeme, et juba esimestel elementidega esines probleeme, mis lähinädalatel küll koguliselt vähenesid, kuid 2019. aasta alguses suurenesid. Kuna jaanuaris lisandusid 4., 5. ja 9. maja montaažitööd, võime seostada vigade kasvu töömahu suurenemisega. Suurendades tehases töökoormust, suureneb ka transpordi töökoormus, mistõttu esineb ka hooletust transportimisest tekkinud vigu. Alates 14. nädalast selgelt näha, et vigade kogus on langustrendis.

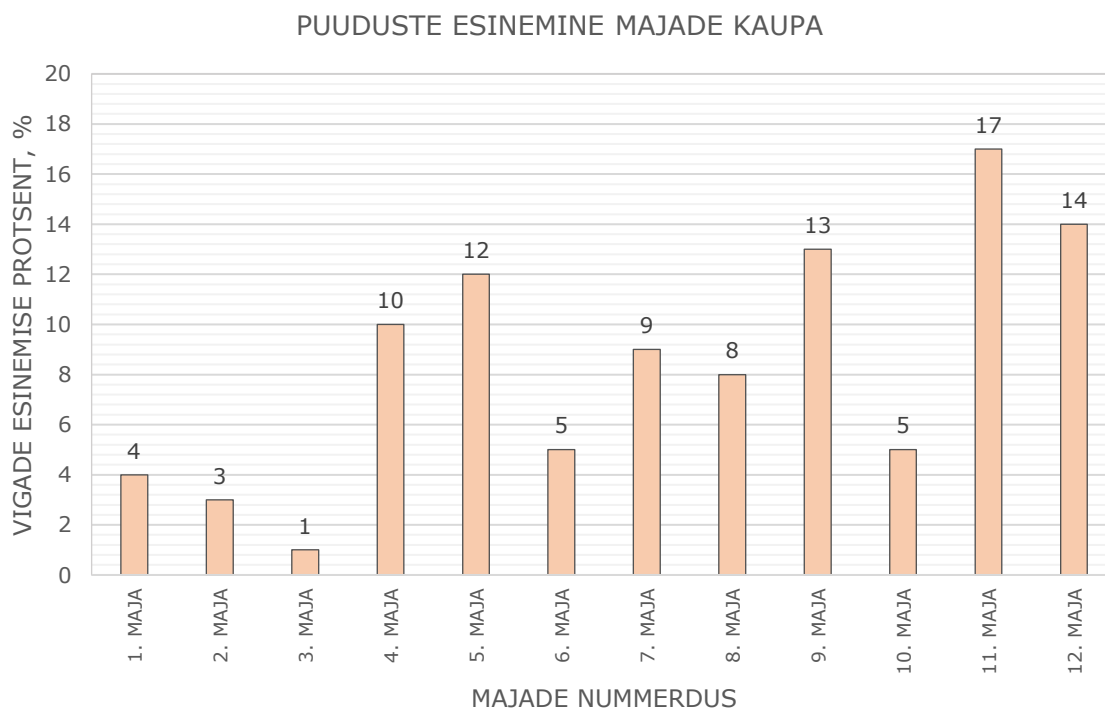
5. töönädal jääb ajavahemikku 28. jaanuar kuni 1. veebruar. Võrreldes omavahel jooniseid 5.4 ja 5.5 näeme, et jaanuari lõpus on kõige kriitilisem aeg, kus tarnitakse enim elemente. Vigade arv tõuseb ligikaudu 2 korda, mis toob kaasa ka samas mahus lisatöid, mis aga ettenähtud kalendergraafikus ei sisaldu. Lisatööd on aja- ja rahakulu nii elemendi tehasele kui ka peatöövõtjale. Ajakulu väljendub aga rahalistes lisakulutustes, mida kumbki osapool kanda ei soovi.

Pea pooled raudbetoonist seinaelementide puudused võib seostada plaatvoorderdusega. Defektsete telliste alla kuuluvad murenenud servad, pinnavead, lõhed ja telliste pragunemine. Eraldi vaadeldakse ka tellise kõverdumist/astmelisust tasapinnas ja tasapinnast. Lisaks võib vaadelda ka pinna lainelisust, mis võib olla põhjustatud raketise ebataasasusest [13].

Vuukide puhul ilmnes samuti pragunemist, süvendeid ja tühimikke, mida oli 3-5% kõikidest vigadest. Telliste ja vuukide peal jooksevad nired, mis kahjustavad ehitise välisilmet. Lisaks leidub ka määrdund telliseid, mida tuli ehitusplatsil parendada.

Ligi 10% vigadest oli seotud soojustusmaterjaliga. Märkimisväärselt leidis silmnähtavalt purunenud ja deformeerunud soojustust, mille parandamine tuli korraldada ehitusplatsil pärast montaaži. Eraldi tähelepanu vajavad soojustuses leiduvad tühimikud, mille teke on seotud raudbetoonist seinaelemendi tootmistehnoloogia, kuid mille olemasolu tuleks vältida. Mõne elemendi puhul oli soojustus puudulik, mis võib viidata ka puudulikele elemendi tootejoonistele.

Puuduste eemaldamiseks või leevendamiseks kasutati erinevaid võtteid vastavalt tekkinud situatsioonile. Täpsem ülevaade alates peatükist 5.1, milles kirjeldatakse konkreetsete vigade tekkepõhjuseid ja lahendusmeetmeid.

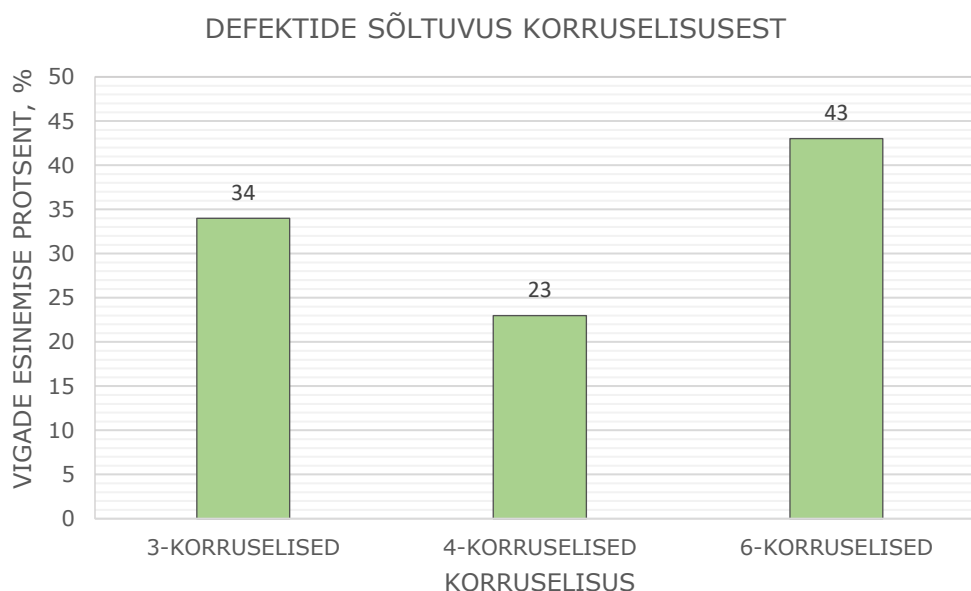


Joonis 5.7 Puuduste esinemine majade kaupa (I etapp)

Joonis 5.7 kirjeldab vigade esinemist majade lõikes. Tegemist on protsentuaalse ülevaatega. Majad 1-6 on 3-korruselised, 8-11 omakorda 6-korruselised ning ülejäänud 4-korruselised. Arvestades, et hoonetes 1-6 leidub samal hulgal raudbetoonist seinaelemente, mis on omavahel ka sarnased, võiksime näha tasakaalu. Paraku selgub, et majades 4-6 ilmnes enam kui kolm korda rohkem defektseid kohti kui majades 1-3. Põhjuseks on asjaolu, et 4-6 maja montaaž jääb nõ kriitilisse perioodi, kus monteeriti paralleelselt 6-7 hoonet.

Hooned 8-11 on 6-korruselised ehk neis on ka enim raudbetoonist seinaelemente, mistõttu võib neis esineda tavapärasest rohkem puuduseid. Küll aga selgub, et hoonetes 4-5 ilmneb samaväärselt vigu, kuigi viimased on 3 korrust madalamad. Hooned 4 ja 5 monteeriti jällegi samaaegselt mitme teise hoonega. Töökoormuse suurenedes tõusis ka vigade arv.

Enim puuduseid pärineb 11. majast, mida monteeriti 22. veebruarist 17. maini (2018). Arvestades, et 7. ja 12. maja on sarnased ning monteeriti samaaegselt on märkimisväärne nende vigade erinevus. Nimelt on 12. majal 1,5 korda rohkem puudujääke kui 7. majal.



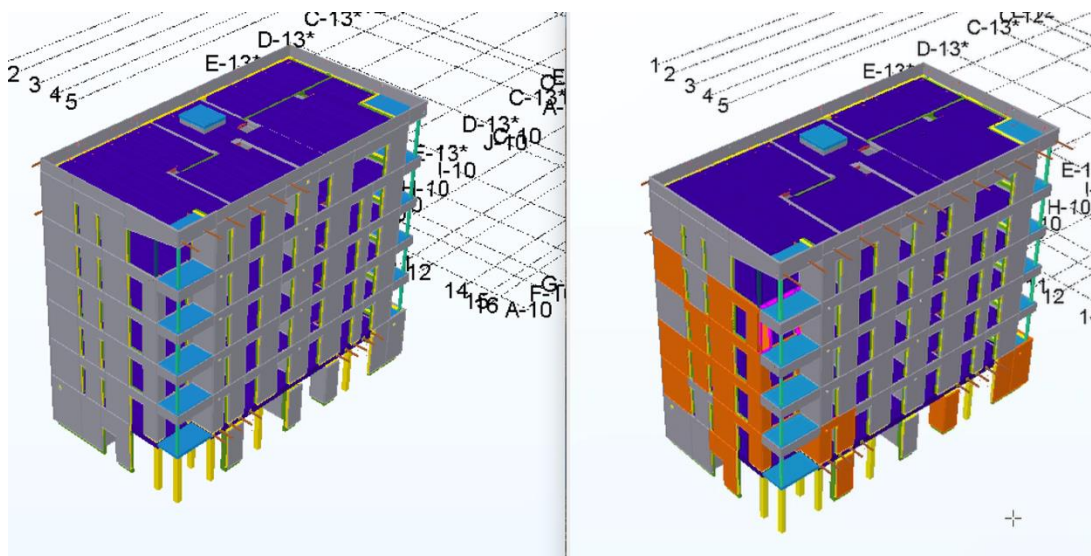
Joonis 5.8 Puuduste sõltuvus majade korruselisusest (I etapp)

Joonisel 5.8 on näidatud puuduste sõltuvus majade korruste arvuga. Nagu ka joonisel 5.7 on ka siin tegu protsentuaalse ülevaatega. Pea pooled defektid võime leida 6-korruselistest majadest. Lisaks sellele, et 6-korruselistel elamutel on rohkem elemente, on nende vigade parandamist ka raske juhtida.

Mida varasemalt puudused ilmnevad ja mida kõrgem on hoone, seda pikemad on montaaži seisakud. Puuduste lahendamiseks kulus rohkem aega. Lisaks eeltoodule nõuavad kõrgemad hooned ka rohkem ressursi, kuna betoonelementide arvukus on suurem. Montaažigraafikust selgub, et esmalt alustati just 6-korruselise hoone ehitamist. Kuna hoonete montaaž toimus ka samaaegselt, polnud võimalik järgmises hoones eelmistes ilmnenud puuduseid vältida.

Võttes aluseks ühe korruse kohta leitud puudused, on pingerida järgmine: enim vigu esines 3-korruselistes elamutes, vähim aga 4-korruselistes. Nagu ka eespool mainitud, on 3-korruseliste hoonete puuduste põhjuseks just kriitiline periood, kus töömahud pea kahekordistuvad. Nii elemente tootev tehas kui ka objektimeeskond töötasid oma võimete piiiril. Muudatuste juhtimiseks kulus märkimisväärselt aega ja ressursi, et kalendergraafikus püsida.

Puudustest parema ülevaate saamiseks koostas autor 3D mudeli. Joonise 5.9 vasakpoolsel fotol on kajastatud 9. maja algne mudel, parempoolsel fotol on tegu sama hoonega, kuid lisatud puudustega seonduv informatsioon. 9. hoone osutus valituks seetõttu, et hoone betoonvalmistoodete montaaž jääb kriitilisse perioodi ning seal esines ka keskmisest rohkem vigu.

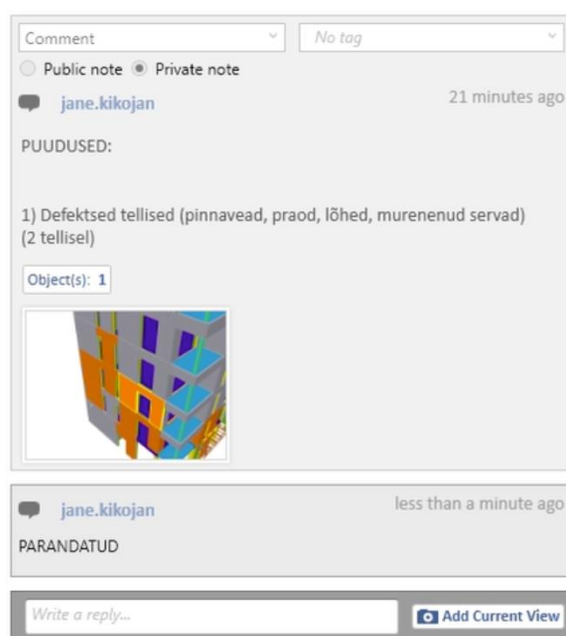


Joonis 5.9 Puuduste kajastamine mudelis (Vasakul: 9. maja IFC mudel, paremal: 9. maja IFC mudel koos esile tõstetud vigaste raudbetoonist seinaelementidega)

Vasakpoolsel pildil on nõ algmudel. Värvide järgi saab eristada eri tüüpi raudbetoonist elemente. Tumesinisega on näidatudvahelagede õõnespaneelid, kollase värvusega on näidatud kolmekihiliste elementide soojustus. Postid on näidatud helerohelise ja tumedama kollasega ning rõduplaadid helesinise värvusega. Betooni ennast tähistatakse halli värviga. Kuna tegemist on Tekla mudeliga, määrab elemendi värvi tema klass.

Puuduste info lisati IFC mudelile programmi Tekla BIMsight abil. Määrasin teadaoleva informatsiooni alusel elemendile uue värvuse (oranž), mis on abiks elementide eristamisel. Muudetud värvi on võimalik igal ajahetkel endiseks muuta. Mudelisse info kandmise tegi keeruliseks aga asjaolu, et elementide numbrilised tähised olid IFC mudelitest kadunud, mistõttu tuli raudbetoonist seinaelemente plaanide abil tuvastada.

Lisaks värvusele omab iga defektne raudbetoonist seinaelement ka kommentaari (vt Joonis 5.10), milles on täpsed puudused ära kirjeldatud. Kommentaari saab lisada nii igale elemendile eraldi kui ka mitmele korraga. Kui vigased kohad on ära parandatud ja probleemid lahendatud, saab kommentaari alla lisada ka vastuse. Kõik kommentaarid on ka ajaliselt ja nimeliselt dokumenteeritud, mis võimaldab tagasiulatuvalt puuduste ajalist kulgu jälgida.



Joonis 5.10 Mudelis olevad kommentaarid

Nii mudelist kui ka jooniselt 5.9 selgub, et 9. maja esimesel korrusel esines kõige enam puudulikke raudbetoonist seinaelemente. Põhjusteks võivad olla nii seinaelementide keerukus kui ka kasvav töökoormus. Kõige vähem aga 6. korrusel, mis näitab edukust puuduste vältimisel.

Tüüpikorrusteks võime pidada korruseid 2-5 ehk nendel korrustel on elemendid omavahel sarnased kui mitte identsed. Sealjuures tuleb aga arvestada, et kui näiteks elemendi mudeldamisel tehakse viga, võib see järgnevatele korrustele edasi kanduda. Kirjeldatud olukord esineb ka jooniselt 5.9, kus nelja elemendi puhul on näha vigade edasi kandumist.

Joonist 5.9 lähemalt uurides selgub, et kõige rohkem probleeme esineb avade ümbruses. Nagu ka jooniselt 5.6 on ka mudeli alusel selge, et enim vigu seisneb defektsete tellistega. Peamiselt on tegu telliste pragunemise ja pinnadefektidega, kuid leidub ka kõverdumist. Kuna rõdu piirkonnas olevad raudbetoonist seinaelemendid jäävad lõpptarbijale selgelt näha, on sealne kvaliteet äärmiselt oluline.

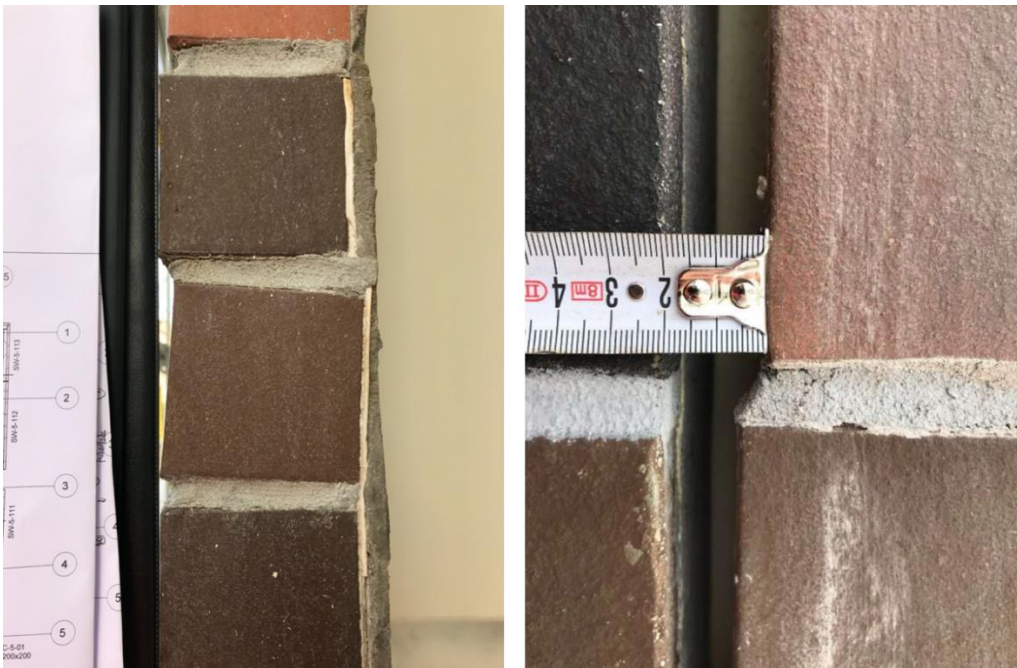
Mudelit on võimalik ka edasi arendada. Kasutades programmi Trimble Connect on võimalik kogu info detailsemalt dokumenteerida ning jagada kõikide osapoolte vahel. Seejuures on võimalik ka juba detailsemalt vigade asukohad märgistada.

5.1 I etapi puuduste detailne analüüs

Vigade detailsemaks analüüsiks valiti välja 10 põhiprobleemi, mis esinesid Veerenni Kvartali I etapis. Tegemist on nii visuaalsete kui ka konstruktiivsete puudustega. Analüüsi käigus antakse ülevaade ka võimalikest lahendusmeetoditest.

5.1.1 Telliste astmelisus

Astmelisuse all mõeldakse telliste nihkumist ettenähtud asukohast (vt Lisa joonis 13). Joonise 5.11 parempoolsel fotol on näidatud telliste astmelisus tasapinnast 6 mm ulatuses. Projekti kohaselt on nõutud tellispinnale TIIP-AA klass, mille puhul tohib astmelisus olla kuni 2 mm. Joonise 5.11 all on välja toodud ka fragment lisas asuvast tabelist nr 4. Vasakpoolse foto põhjal võib mõõtmata hinnata, et astmelisus on enam kui 2 mm.



Joonis 5.11 Telliste astmelisus (Fotode autor: objektiinsener T. Stern)

Fragment Lisa tabelist 4.

Kvaliteeditegurid		Nõuded		
		Klass AA	Klass A	Klass B
Astmelisus	(a) mm	2	3	4

Telliste astmelisust võis põhjustada raudbetoonist seinaelemendi valmistamise tehnoloogia. Nimelt asetatakse tellised raketise vormi põhja ning fikseeritakse näiteks liistude abil. Kui aga tellised pole piisavalt fikseeritud, nihkuvad nad betooni lisamisel paigast. Teisalt võib tekitada nihkumist ka elemendi valmistaja liikumine mööda betoonelemendi pinda (vt lisa 6 küsimustik 1).

Nimetatud probleemi lahendamata jätmine mõjub negatiivselt kvartali välisilmele ja võib pärssida ka korterite müüki. Kuna valmistoode ei vasta AA-klassi nõuetele, on õigus toode tehasesse tagasi saata. Kui aga tehasesse saatmine pole võimalik, tuleb suuremate defektidega tellised ehitusplatsil välja vahetada.

Kui telliste astmelisus tasapinnast on minimaalne, pole kasulik telliseid välja vahetada. Põhjuseks asjaolu, et telliste välja vahetamisel võidakse probleemi süvendada mitte lahendada. Paraku jäävad paranduskohad silmale nähtavaks (vt lisa 6 küsimustik 1).

5.1.2 Telliste kõverdumine

Kõverdumise all mõeldakse tellisplaatide nihkumist ettenähtud asendist (vt Lisa joonis 11). Tellisplaadid võivad kõverduda nii tasapinnas kui ka tasapinnast. Joonisel 5.12 toodud fotodel on näha tellisplaatide tasapinnalist kõverdumist.

Telliste kõverdumine tasapinnas või kaasa tuua pinna lainelisuse (vt Lisa joonis 14). Lainelisuse põhjuseks võib pidada vormipinna ebatasasust. Analoogselt telliste astmelisusele põhjustab ka kõverdumine välisilme halvenemist. Tegemist on visuaalse defektiga. Selleks, et märgata ehitusplatsil näidatud puuduseid ei pea olema spetsialist.

Joonise 5.12 vasakpoolsel fotol on selgelt eristatav telliste tasapinnaline kõverdumine. Kuna nõutud on TIIP-AA klass, tohib plaadi kõverdumine tasapinnas olla 1,5 mm. Ilma mõõtmiseta saame öelda, et tellise kõverdumine ei vasta etteantud nõuetele. Selgema ülevaate saamiseks on välja toodud ka fragment kehtivate nõuete kohta. Plaadi kõverdumist selgitav joonis asub lisa 4 (vt Lisa joonis 11).



Joonis 5.12 Telliste kõverdumine (Fotode autor: objektiinsener T. Stern)

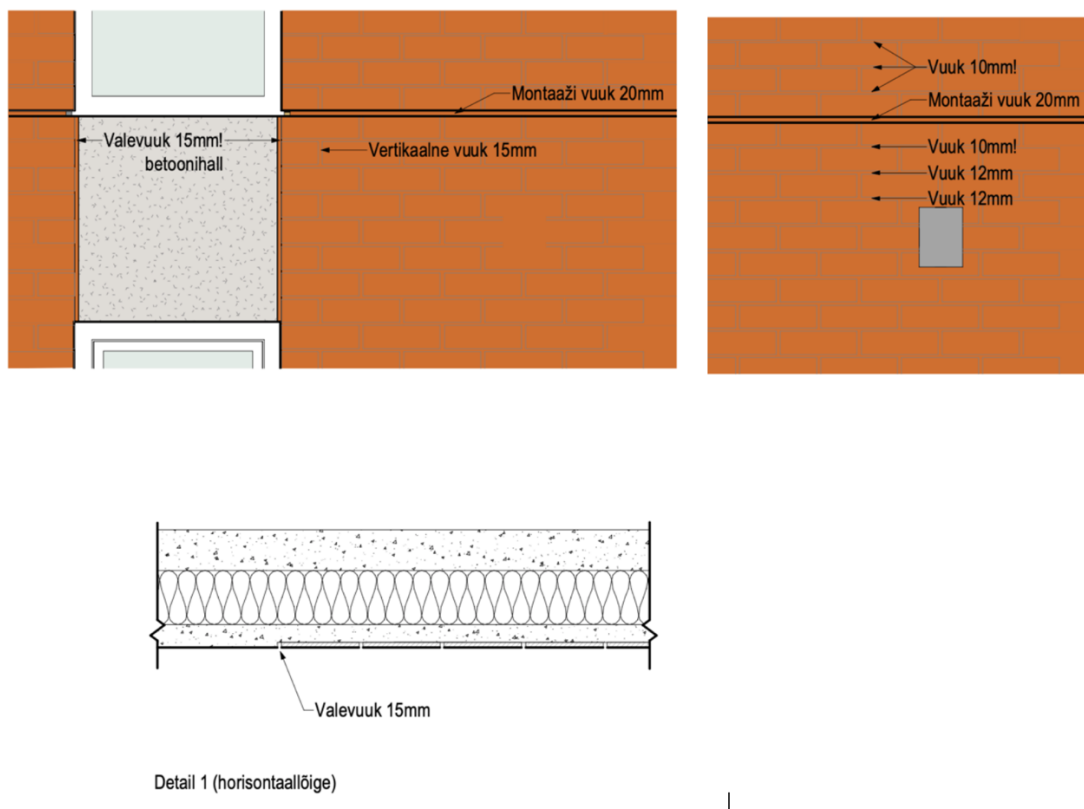
Fragment lisa tabelist 4

Kvaliteeditegurid		Nõuded		
		Klass AA	Klass A	Klass B
Plaadi kõverdumine tasapinnast	(a) mm	1,5	2	3

Sarnaselt peatükis 5.1.1 välja toodud tekkepõhjustele on ka antud probleemi põhjuseks raudbetoonist seinaelemendi valmistamise tehnoloogia eripära. Nimelt nihkuvad tellisplaadid toote valmistamisel. Tellisplaatide tasapinnaline kõverdumine ja vuugi laiuste muutus on omavahel seotud. Ka vale alusmati kasutusel tellisplaatide all on märkimisväärne mõju lõpptulemusele. Betooni raskuse tõttu võivad kivid ettenähtud kohtadest nihkuda põhjustades ka vuukide erinevust (vt lisa 6 küsimustik 1).

5.1.3 Vuukide erinevus

Vuukide erinevuse all mõeldakse vuukide laiuse muutust ning vuugi servade kõrguste vahet. Joonis 5.13 kirjeldab vuukide mõõtmete erinevusi. Kollase värvusega on välja toodud enim silma torkavad vuugid, mis on oma mõõtudelt liiga suured. Veerenni Kvartali ehitusprojekti arhitektuurses osas on vertikaalvuugi mõõduks märgitud 15 mm ja horisontaalvuuk vastavalt 10 või 12 mm (vt Joonis 5.13).

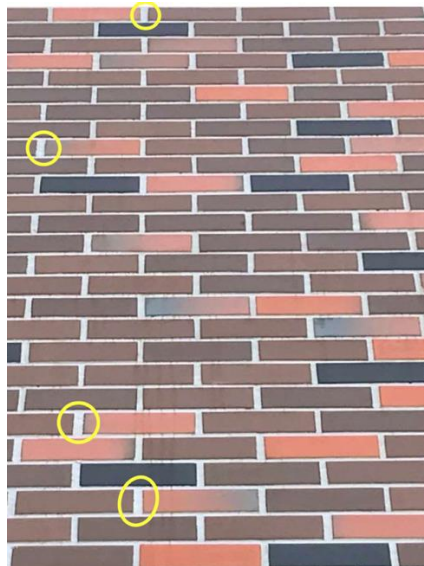


Joonis 5.13 Tellisplaatide liitumine betooniga (Allikas: Veerenni kvartali ehitusprojekti arhitektuurne osa, TP)

Kahe kõrvutise vuugi laiuse muutus võib olla vertikaalvuugi puhul 30% ning horisontaalvuugi puhul 15%, mida kirjeldab ka lisa 4 (vt Lisa tabel 4). Joonisel 5.14 näidatud on vuugid hinnanguliselt 50% suuremad. Kõrvutiste vuukide erinevust kirjeldab ka Lisa joonis 11.

Fragment lisa tabelist 4

Kvaliteeditegurid		Nõuded		
		Klass AA	Klass A	Klass B
Kahe vuugi laiuse muutus:				
- horisontaalne vuuk	%	15	20	20
- vertikaalne vuuk	%	30	40	40



Joonis 5.14 Vertikaalvuukide erinevus (Foto autor: objektiinsener T. Stern)

Lisaks eeltoodule võib seinaelementide ehitustolerantside alusel (vt Fragment lisa tabelist 5) ulatuda vuugi asukoha hälve kuni 12 mm. Siinkohal tuleb aga meeles pidada, et lisaks ehitustolerantsidele tuleb arvestada ka nõutud pinnaviimistluse kvaliteediklasse. Selleks, et kõik nõuded oleksid tagatud, tuleb toode valmistada rangemate nõuete kohaselt. Vuukide erinevuste võimalikud põhjused ja lahendused on toodud peatükkides 5.1.1 ja 5.1.2.

Fragment lisa tabelist 5

Mõõde		Lubatud hälve, mm	Allikas	Mõõtme määratlus
Vuugi asukoha hälve		±12	-	Lisa joonis 19
Vuugi servade kõrguste vahe	Sisekiht	±8	-	Lisa joonis 20
	Väliskiht	±12	-	Lisa joonis 20
	$0,45 m < t < 0,9 m$	$\pm \frac{t}{30} mm$	EN 13670 10.4	Lisa joonis 21
	$t \geq 0,9 m$	±30	EN 13670 10.4	Lisa joonis 21

5.1.4 Defektsed tellisplaadid

Tellisplaatide puhul on peamisteks puudusteks lõhed, pinnavead, praod või murenenud servad (vt Lisa joonis 15). Nagu ka joonisel 5.6 näidatud, esines Veerenni kvartali I etapis just kõige enam defektsete tellistega seonduvaid probleeme, moodustades 41% kõikidest eri tüüpi puudustest.



Joonis 5.15 Defektsed tellisplaadid (Fotode autor: objektiinsener T. Stern)

Lisas 4 on välja toodud tellispindade defekte puudutavad nõuded. Vaadeldes väljatoodud fragmenti näeme, et AA-klassis ei ole lubatud nii murdunud plaadid, pinnavead kui ka defektsed servad. Lõhesid tohib olla 1-2 tk m² kohta. Lähtudes kehtivatest nõuetest tuleb kõik nõuetele mittevastavad tellised, mis on leitavad joonisel 5.15, parandada või uute telliste vastu välja vahetada.

Fragment lisa tabelist 4

Kvaliteeditegurid		Nõuded		
		Klass AA	Klass A	Klass B
Lõhed ≥ 50 mm ² (TIIP):				
- suurim suurus	mm ²	100	200	300
- suurim arv	tk/m ²	2	5	5
- keskmiselt	tk/m ²	1	2	2
Murdunud plaadid	tk/pind	Ei ole lubatud	21)	21)
Pinnavead, 20...200 mm ²	tk/m ²	Ei ole lubatud	4	4
Defektne serv, laius 2...4 mm	m/m ²	Ei ole lubatud	4	4

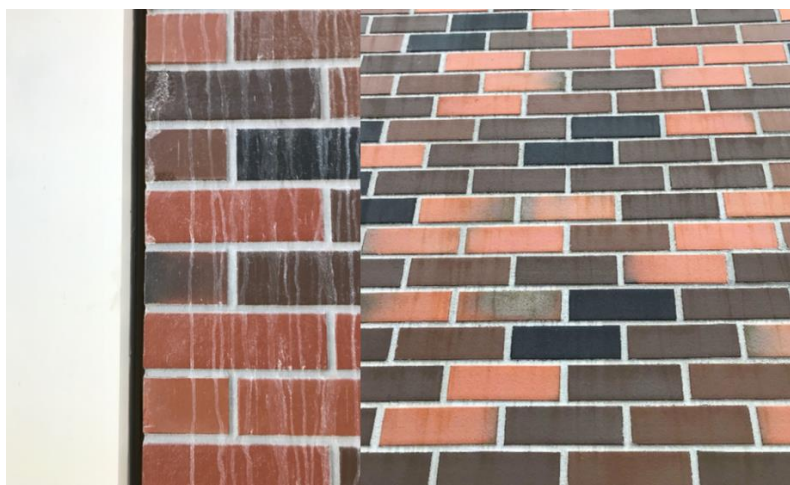
Defektid võisid ilmnedagi nii tehases lahti rakestamisel, transportimise käigus kui ka ehitusplatsile maha laadimisel. Kui valmiselemendid pole transportides piisavalt fikseeritud, hakkavad nad vastu teineteist või vastu haagist pörkuma, lõhkudes nii betoonkeha, soojustusmaterjali kui ka tellisvoodrit (vt lisa 6 küsimustik 1).

Defektsed telliste väljavahetamisel piigatakse olemasolev tellis oma asukohast välja ja asendatakse külmakindla seguga uus tellisplaat. Sealjuures tuleb arvestada ka arhitektuurses projektis näidatud telliste värvitoonidega, et välisilme ei kahjustuks. Nagu ka ennist mainitud, tuleks ehitusplatsil läbiviidavaid parandustöid teostada vaid tõsisemate probleemide puhul, kuna paranduskohad jäävad nähtavaks ning võivad olukorda raskendada (vt lisa 6 küsimustik 1).

5.1.5 Määrduud tellisplaadid

Määrduud telliste puhul saame vaadelda kahte olukorda. Esmalt vaatleme tellisplaatidel ja vuukides esinenud niresid (vt Joonis 5.16) ning seejärel määrduud tellisplaate (vt Joonis 5.17). Mõlema puuduse puhul on tegemist visuaalse defektiga.

Nirede tekkepõhjused pole seni lõplikult välja selgitatud, kuid oletuste kohaselt põhjustas probleemi tsemendiliimi puhastusvahend. Vuugisegu eemaldamiseks tellisplaadi pinnalt kasutati happesuu. Sealjuures tuleb aga arvestada, et tellisplaatide tüme värvus võib happega kokkupuutel värvi eraldama hakata. Tekib nõ pigmendita joon tellisplaatil ja vuugis. Selleks, et vuukidest niresid eemaldada, tuleb kasutada lihvimist. Halvimal juhul tuleks ka tellisplaate välja vahetada (vt lisa 6 küsimustik 1).



Joonis 5.16 Nired tellisplaatidel ja vuukides (Fotode autor: objektiinsener T. Stern)

Joonise 5.17 vasakpoolsel fotol on näidatud telliste määrdumine. Põhjused peituvad samuti raudbetoonist seinaelemendi valmistamise tehnoloogias (vt Joonis 5.17 parempoolne foto). Pärast kivide asetamist vormi pinnale lisatakse vuugisegu. Kui aga vuugisegu on liialt vedel, võib see tellisplaatide alla tungida jättes jäljed plaatidele. Samuti võib põhjus seisneda ka tellisplaatide nihkumises.



Joonis 5.17 Tellisplaatide määrdumine (Parempoolsel fotol on näidatud tehases vuugitud tellisplaadid, vasakpoolsel fotol lõpptulemus) (vasakpoolse foto autor: objektiinsener T. Stern, parempoolse foto autor: kvaliteedijuht A. Gildi)

Tellisplaatide puhastamiseks kasutatakse happesust. Tegemist on riskantse protsessiga, sest tumeda värvusega tellisplaadid võivad hakata oma pigmenti eritama. Võib juhtuda, et vuugisegu on tugevalt tellisplaatidel kinni, mistõttu ei ole ka happesust kasu (vt lisa 6 küsimustik 1).

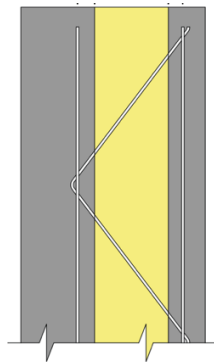
Tehnoloogilise poole pealt võib kasu olla alusmati välja vahetamine. Kasutades elastsemat ja niiskust rohkem imavat tellispaneelide alusmatti, on võimalik probleemi vältida. Veerenni kvartalis võeti teadaolevalt ka nimetatud lahendus kasutusse (vt lisa 6 küsimustik 1).

5.1.6 Tühimikud soojustuses

Jäikade soojustusplaatide vahele jääb betoonkoorikute diagonaalsidemete tõttu 5 mm vahe, mis tuleb montaaživahuga tihendada [5]. Joonisel 5.18 on välja toodud raudbetoonist seinaelemendi sise- ja väliskoort ühendav diagonaalside.

Soojuskadude vältimiseks peavad soojustusplaadid diagonaalsidemete vastas paiknema ning tekkinud tühimikud tuleb montaaživahuga täita. Tegevus peab toimuma juba raudbetoonist seinaelemente tootvas tehases. Antud olukorras tuleb kõik tihendamistööd ehitusplatsil teostada.

Joonisel 5.19 on välja toodud 2 olukorda, millest vasakpoolse puhul jääb soojustusplaatide vahele 5 mm, parempoolsel aga 10 mm. Mõlemal juhul on aga tühimikud täitmata. Mida suurem on plaatide vahele jääv õhkvahe, seda suurem on ka soojuskadu. Uuringute tulemusel selgub, et 6 mm laiune õhkvahe suurendab tarindi soojusläbivust ligi 25%, 10 mm laiune aga juba ligi 50% [5].



Joonis 5.18 Raudbetoonist seinaelemendi sise- ja väliskihti ühendavad diagonaalsidemed (Allikas: www.peikko.com, [16])



Joonis 5.19 Soojustusplaatide vahed (Fotode autor: objektiinsener T. Stern)



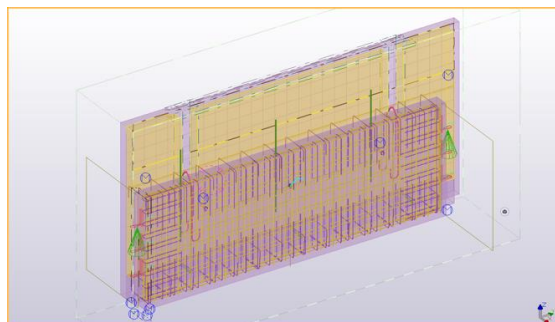
Joonis 5.20 Tühimik soojustusplaatide vahel (Foto autor: objektiinsener T. Stern)

Vaadeldes lähemalt joonist 5.20 näeme, et tegemist on kahe raudbetoonist seinaelemendi vahelise piirkonnaga. Probleem võis tekkida kas vigasest tootejoonisest või puudulikust tootejoonise lugemisest tootmistesahses. Suuri tühimikke saab täita ehitusplatsil näiteks EPS soojustusmaterjaliga. Selleks tuleb sisestada ava mõõtudele vastav soojustus täies ulatuses.

Paraku pole võimalik garanteerida, et elementide betoonkoorikute vahel asuv soojustus on igas elemendis terviklik. Seda aga saab kontrollida soojuskaamerate abil analüüsides tarindite soojusläbivust.

Tootejooniste valmistamiseks luuakse 3D mudel, milles sisalduvad ka kõik armatuurvardad, tõsteaasad jm kinnituselemendid (vt Joonis 5.21). Tootejoonised ise on aga 2D formaadis. Olenemata sellest, et projekteerimise faasis luuakse terviklik 3D mudel, jätkub edasine info pigem 2D formaadis.

Ilma 3D mudelita on raske terviklikku pilti näha. Betoonvalmistooted võidakse valmistada tehases ilma selle naaberelementidele mõtlemata. Tootejooniste valmistamisel võivad mõõtketid kergesti nihkuda. Kui töötempo on kiire ning tootejooniseid palju, ei jõua paraku iga joont üle kontrollida.



Joonis 5.21 Illustreeriv foto kolmekihilisest raudbetoonist seinaelemendist

5.1.7 Defektid soojustuses

Lisaks peatükis 5.1.6 kirjeldatud puudustele esines mitme raudbetoonist seinaelemendi puhul ka purunenud soojustust. Peamisteks purunemiskohtadeks olid elemendi ala- ja ülaseriv ning tõsteaasade ümbrus.



Joonis 5.22 Defektne soojustus raudbetoonist seinaelemendis (Foto autor: objektiinsener T. Stern)

Soojustus võis deformeeruda juba tehases vormist välja tõstmisel. Teisalt võis purunemine toimuda ka tõstes betoonvalmistoodet transportivale masinale, vahetult transpordi käigus või ka tõstes elementi soovitud lõppasendisse. Tõsteskeem on näha joonisel 5.25. Deformeerunud kohad tuleb parandada vastavalt kas sama liiki soojustusmaterjaliga või väiksemates kohtades montaaživahuga (vt lisa 6 küsimustik).

Probleemi vältimiseks tuleks projekteerimisfaasis võimalusel jätta SW-paneeli kõik kihid ühele tasapinnale, et kihid kahjustada ei saaks. Lisaks on võimalik tõsteaasade lähedusse ette näha kindlate mõõtudega soojustusvahe, mis pärast elemendi monteerimist täidetakse. Sellisel juhul välditakse kõrval asuvate soojustuskihtide rebenemist.

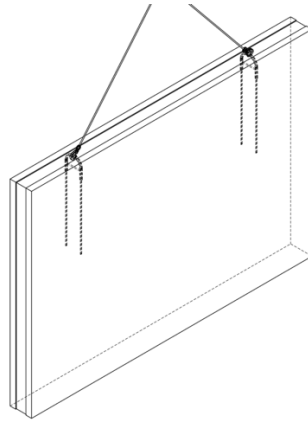


Joonis 5.23 Raudbetoonist seinapaneeli defektne soojustus (Foto autor: kvaliteedijuht A. Gildi)

Joonisel 5.23 on näidatud tehases X asuv raudbetoonist seinaelement. Foto põhjal saame öelda, et soojustusplaatide vahelised tühimikud on montaaživahuga täidetud ning nähtavaid tühimikke ei esine. Küll aga jääb silma valmiselemendi toetusviis. Kui vaadata hoolega raudbetoonelemendi alumist serva näeme, et soojustus on deformeerunud liigse koormuse tagajärjel. Puuduste likvideerimine on aga sageli vaevarikas ja nõuab kahjustunud osa rekonstrueerimist [3].



Joonis 5.24 Tehasest saabunud raudbetoonist seinaelement (Foto autor: objektiinsener T. Stern)



Joonis 5.25 Raudbetoonist seinaelemendi tõsteskeem (Allikas: www.peikko.com, [17])

Projekteerija on ette näinud kindlad vahed valmiselementide ning neis asuvate soojustuskihtide vahel. Tavaliselt jääb see vahemikku 15-20 mm, mida ka tootejooniste valmistamisel on arvestatud. Kui aga soojustus deformeerub jäävad betoonvalmistoodete vahele tühimikud, mida tuleb lisatööna ehitusplatsil ette võtta.

Juhendmaterjalid BÜ4 ega BÜ9 küll soojustusmaterjali tolerantside kohta nõudeid ei kehtesta, kuid probleem ise võib kaasa tuua liitekohtade soojuskadu. Betoonvalmiselemendid on oma eesmärgilt nõ täislahenduse pakkumine ehk terviklik element toodetakse ja transporditakse ettenähtud kohta vähendades objektimeeskonna tööd. Paraku tekib aga nimetatud probleemide ilmnemisel objektimeeskonnale tööd juurde.

5.1.8 Mõõtmete mittevastavus

Mõõtmete mittevastavuse all mõeldakse eksimust valmistustolerantside suhtes ehk olukorda, kus betoonvalmistooded on planeeritust erinevate mõõtmetega. Joonise 5.26 vasakpoolsel fotol on võrreldud raudbetoonist seinaelemendi väliskooriku paksust võttes aluseks vertikaalis oleva loodi. Raudbetoonist väliskoorik pole ühtlase paksusega, vaid muutub ülemises servas silmnähtavalt õhemaks. Tegemist võib olla ka serva kaardumisega. Nimetatud probleem on konstruktiivne ning ehitise visuaali ei mõjuta.



Joonis 5.26 Väliskooriku mõõtmete muutus (Fotode autor: objektiinsener T. Stern)

Joonise 5.26 parempoolsel fotol on näidatud raudbetoonist väliskoore laiuse mõõtmine. Mõõtmise käigus selgus, et väliskoor on 14 mm õhem kui ette nähtud. Teisalt oli ka külgneva elemendi väliskoor 12 mm õhem kui ette nähtud.

Mõlemal juhul on tegu kriitilise olukorraga, kuna betoonkehal on ettenähtud nominaalne kaitsekiht, mis peab olema igal juhul tagatud. Kui element on lubatust õhem, ei pruugi ka armatuur ära mahtuda. Kui nominaalkaitsekiht on olematu, ilmnevad esimestel ekspluatatsiooniaastatel rooste jäljed. Olematu kaitsekiht vähendab konstruktsiooni eluiga (vt lisa 6 küsimustik 1).

Betoonis esinev karboniseerumine sõltub nominaalsest kaitsekihi väärtusest. Kui betoonkaitsekiht on liiga õhuke või olematu, toimub ka karboniseerumine kiiremini, mis viib terase korrodeerumiseni (vt lisa 6 küsimustik 1). Probleem tõuseb esile ka siis kui betoonvalmistootode on oma mõõtmetelt pikem ega mahu ettenähtud asukohta. Sel juhul tuleb raudbetooni lõigata nii, et säiliks konstruktsiooni eeldatav eluiga. Tegemist on väga kriitilise olukorraga, kuna nominaalkaitsekiht on peamiselt 25-35 mm sõltudes kasutuskohast.

Väljatoodud fragmendid kirjeldavad pikkuse, kõrguse, paksuse ja põikkaardumisele kehtivaid tolerantsinõudeid. A-klassi puhul tohib põikkaardumus olla kuni 5 mm. Eeldades, et betoonvalmistootode jääb mõõtmetelt vahemikku 3,0-6,0 m tohivad pikkus ja laius erineda vaid 6 mm, paksus aga kuni 13 mm.

Vaadeldes joonisel 5.26 toodud vasakpoolset fotot näeme, et raudbetoonist seinaelemendi ülemise serva paksus erineb enam kui 6 mm. Parempoolsel fotol on erinevus 14 mm. Mõlemal juhul on tegu nõuetele mittevastavusega. Probleemi lahendamiseks ehitusplatsil paigaldatakse ankrud olemasolevasse betoonkehasse, armeeritakse ja betoneeritakse lisatav osa (vt lisa 6 küsimustik 1).

Fragment lisa tabelist 2

Mõõde	Lubatud hälve, Klass A, mm
Serva põikkaardumus	±5

Fragment lisa tabelist 1

Mõõde		Lubatud hälve, Klass A, mm
Pikkus (L)	$L \leq 0,5 m$	±3
	$0,5 m < L \leq 3,0 m$	±5
	$3,0 m < L \leq 6,0 m$	±6
	$6,0 m < L \leq 10,0 m$	±8
	$L > 10 m$	±10
Kõrgus (B)	$B \leq 0,5 m$	±3
	$0,5 m < B \leq 3,0 m$	±5
	$3,0 m < B \leq 6,0 m$	±6
	$6,0 m < B \leq 10,0 m$	±8
	$B > 10 m$	±10
Paksus (H)		±13

5.1.9 Defektid raudbetoonist seinaelementide servades

Joonisel 5.27 on välja toodud 2 fotot, mis kirjeldavad Veerenni Kvartalis esinenud probleeme seoses raudbetoonist seinapaneelide defektsete servadega. Mõlemal fotol on tegu süvendite tekkimisega betoonvalmistootte pinnale. Purunenud serv võib olla põhjustatud raudbetoonelemendi hooletust eemaldamisest raketisevormi seest. Lisaks võib kahjustusi tekitada ka betoonelementide omavaheline kokkupuutumine näiteks transpordi käigus.

Tegemist on A-klassi pinnaga, millele kehtivad ranged nõuded. BÜ4 juhendmaterjali kohaselt on lubatud vaid vähesed parandustööd pindade kvaliteedi tagamiseks. Servade parandamisel tuleb kasutada betoonsegu, mille tugevusnäitajad, värvus ja muud omadused vastavad olemasolevale betoonile. A-klassi pinna puhul tohib paranduste hulk olla maksimaalselt 1 tk 7 m² kohta. B-klassi kohta pole piiranguid seatud. Antud olukorras tuleb kindlasti parandustööd läbi viia.



Joonis 5.27 Defektne betoonserv (Fotode autor: objektiinsener T. Stern)



Joonis 5.28 Raudbetoonist seinaelementi läbiv pragu (Foto autor: objektiinsener T. Stern)

Joonisel 5.28 on märgata lisaks soojustuse defektile ka elementi läbivat pragu. THI-A klassi puhul tohib maksimaalne prao laius olla 0,1 mm ning pikkus 500 mm. TIIP-AA klassi puhul aga vastavalt 0,1 mm ja 1000 mm [13]. Eeldades, et fotol on näidatud terashõõrdepinnaga betoonpaneel saame visuaalselt öelda, et prao laius on enam kui 0,1 mm. Uuringute kohaselt aga selgub, et problemaatiliseks peetakse pragusid alates 0,3 mm laiusest [13].

Prao tekke põhjustas betoonvalmistoote ladustamise või monteerimise ajal tekkivad tõmbepinged. Raudbetoonist seinaelemendi tõstmisel tõsteaas deformeerus ning paneeli sees olev armatuur ei suutnud pingeid vastu võtta. Nõuetele vastavad praod jäetakse parandamata, suuremad aga pahteldatakse. Vajadusel injekteeritakse epovaiku veetiheduse saavutamiseks (vt lisa 6 küsimustik 1).

5.1.10 Tapivarrastega seotud puudused

Peatükis väljatoodud joonistel (vt Joonis 5.29, Joonis 5.30) on näidatud tapivarraste puhul esinenud probleemid. Esimese foto puhul on näha tapi ava läbivat armatuuri kogust. Fotot lähemalt uurides selgub, et tapivarda paigalduseks puudub piisav paigaldusvaru.

Antud olukorras tuleb lõigata naaberelemendi tapivarras maha, puurida uus tapivarda ava ja paigaldada uus varras keemilise ankruliimiga. Uue varda paigaldamise puhul tuleb konsulteerida projekteerijaga ning jälgida tootejoonisel näidatud armatuuri ja teiste komponentide asukohta. Vahel võib olukorra lahendada ka varda painutamine soovitud asukohta (vt lisa 6 küsimustik 1).



Joonis 5.29 Tapi ava läbiv armeering (Foto autor: objektiinsener T. Stern)



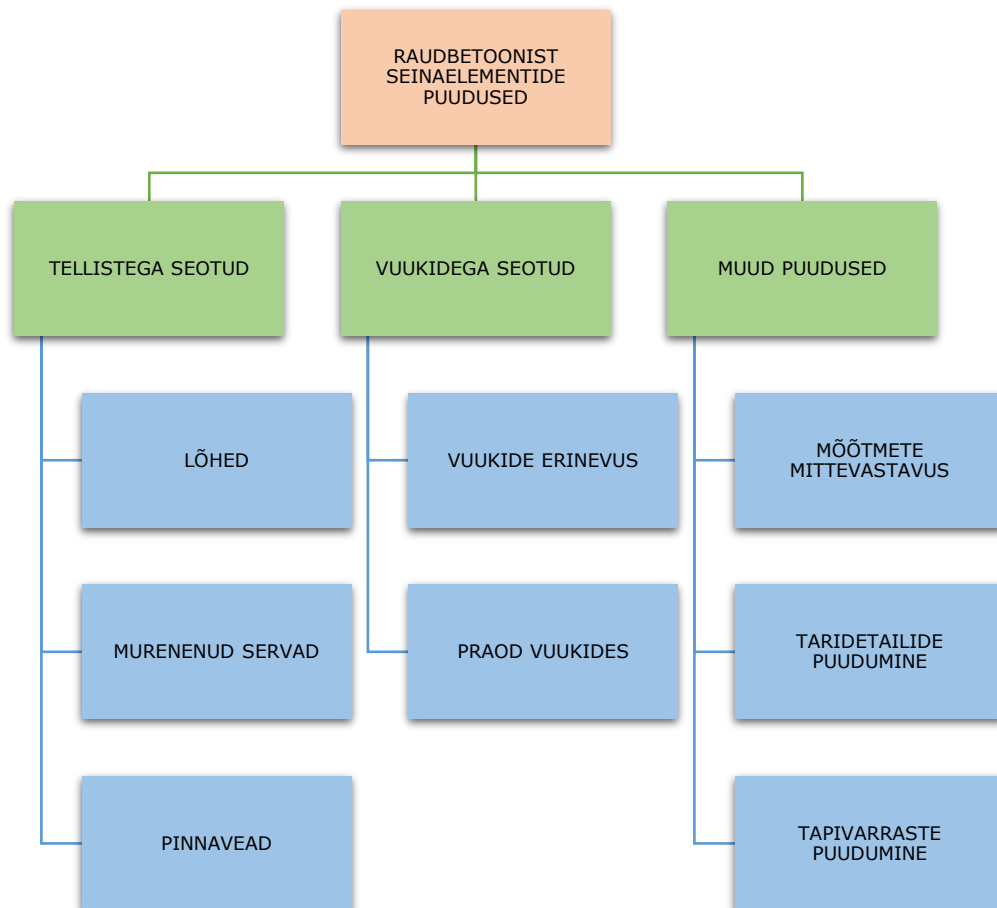
Joonis 5.30 Puhastamata tapivarda ava (Foto autor: objektiinsener T. Stern)

Joonisel 5.30 on näidatud olukord, kus tappi pole võimalik sisestada, kuna tapi ava on tühjendamata. Olukorra lahendamiseks tuleb ehitusplatsil tapivarda ava sobivaks muuta. Lisaks eeltoodule esineb ka juhtumeid, kus tapivarda ja tema ava asukohad ei ühti. Ka sellises olukorras tuleb uus tapivarras paigaldada.

Kuna Veerenni Kvartalis ehitatakse paralleelselt mitmeid hooneid, on paratamatu, et tekib ka mudeldamisel või tootejooniste loomisel vigu. Siinkohal toaksin välja, et 3D mudeldamis programmide kasutuselevõtuga pole nimetatud probleem enam niivõrd aktuaalne, kuna mudel võimaldab vigadele varakult jälile jõuda.

5.2 II etapis esinenud puudused

Põhjalikuma ülevaate saamiseks on välja toodud ka võrdlus II etapis esinenud puudustega. Joonisel 5.31 on välja toodud peamised raudbetoonist seinaelementidega seotud vigade kategooriad sarnaselt joonisele 5.2. Vesteldes kvaliteedijuhi ning konstrueerimisosakonna vaneminseneriga selgus, et mõningad tüüpvead on küll jäänud, kuid olukord II etapis on märkimisväärselt parem.



Joonis 5.31 Raudbetoonist seinaelementide puudused (II ETAPP)

Võrreldes omavahel jooniseid 5.2 ja 5.31 näeme, et tellistega seotud puudused on küll jäänud, kuid märkimisväärselt vähenenud. Sama olukord kehtib ka vuukidega seotud probleemidega. Soojustusega seotud probleemide kohta II etapis tähelepanekuid ei esine. Küll aga lisandusid mõned tootejoonistega seotud vead. Täpsem kirjeldus II etapis esinenud probleemide kohta algab peatükist 5.2.1.

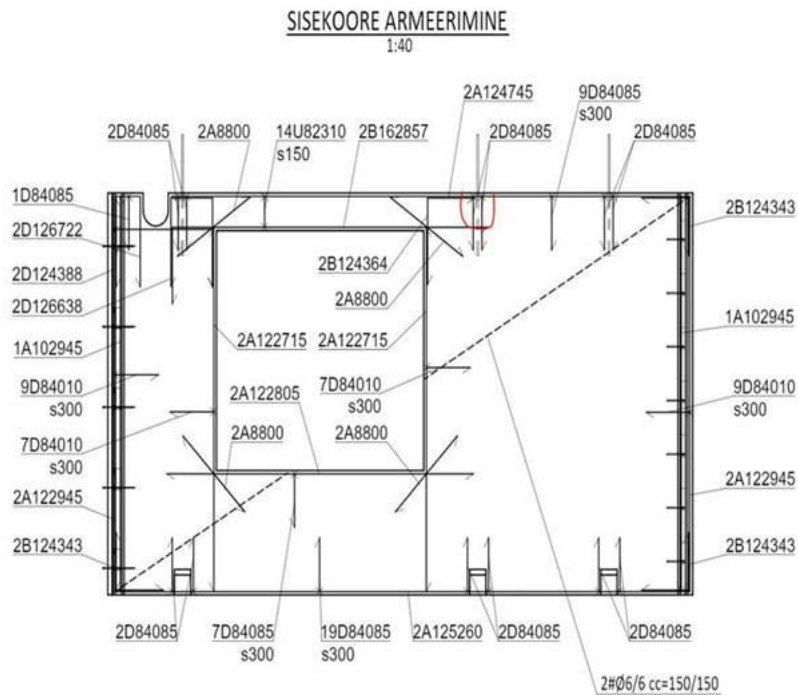
5.2.1 Puudused tootejoonistega

Kirjavahetusest peatöövõtja konstrueerimisosakonna vaneminseneriga selgus, et põhilised puudused on tekkinud tootejooniste koostamisel. Tootejooniseid koostav ettevõtte kasutas oma töös alltöövõtjaid, kelle töötase ning käekiri oli erinev.

Peamine probleem seoses tootejoonistega on betoonvalmistoodete nummerdus. Nimelt erinesid tootejoonistel näidatud raudbetoonelementide numbrid tööprojekti toodud numbritest. Seetõttu oli osapooltel keeruline mõista, millise betoonvalmistootega on tegu.

Lisaks eeltoodule esines tootejoonistel ka mõõtekettidega seotud puuduseid. Mõõteketid asetsesid ebamäärastes kohtades või olid tähistamata. Tootejooniste spetsifikatsioonides esines valeinformatsiooni näiteks viimistluse või materjali omaduste kohta.

Eraldi näitena tooksin olukorra, kus tootejooniselt puudub ava (vt Joonis 5.32). Kui aga raudbetoonist seinaelement valmistati vastavalt tootejoonisele ning viga avastati alles ehitusplatsil, tuleb vajaminevad avad ehitusplatsil puurida. Seejuures tuleb aga arvestada betoonelemendis paiknevate armatuurvarrastega. Kui betoonvalmistootete nominaalkaitsekihti ei suudeta tagada, väheneb tarindi eluiga.



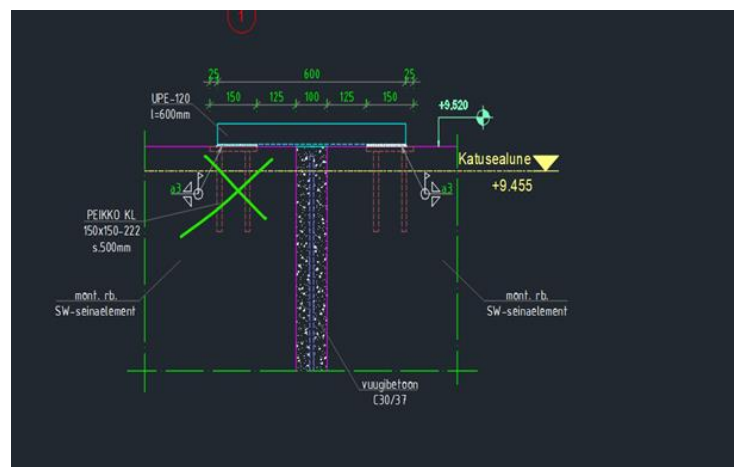
Joonis 5.32 Puuduva avaga raudbetoonist seinaelemendi tootejoonis (Joonise autor: konstrueerimisosakonna vaneminsener U. Sikk)

5.2.2 Taridetailide ja tapivarraste puudumine

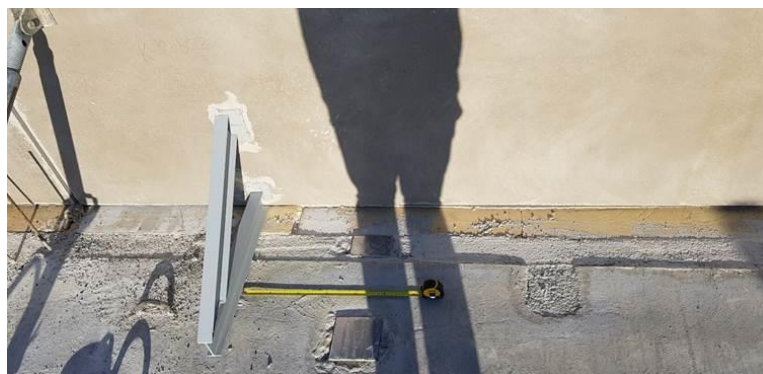
Lisaks peatükis 5.2.1 välja toodud avade puudumisele esines ka olukordi, kus betoonvalmistootes puudusid taridetailid. Joonisel 5.33 on näidatud fragment raudbetoonist seinaelemendist, millel puudus üks kahest taridetailist (Joonis 5.33 vasakpoolne taridetail).

Kvaliteedijuhi arvates tuleb esmalt proovida olemasolevale taridetailile millegi juurde keevitamist ja alles seejärel uue taridetaili paigaldamist. Antud olukorras lisati ehitusplatsil keemilise ankruga uus taridetail.

Lisaks taridetailide puudumisele esines ka tapivarraste puudumist. Esmalt tuleb kontakteeruda projekteerijaga, kelle juhistel valitakse tapivarda jaoks uus asukoht. Olukorra lahendamiseks lisatakse uued tapivardad keemilise ankruliimiga. Tapivarrastega seotud puuduseid kirjeldab lähemalt peatükk 5.1.10.



Joonis 5.33 Puuduv taridetail (Joonise autor: konstrueerimisosakonna vaneminsener, U. Sikk)



Joonis 5.34 Taridetaili vale asukoht (Foto autor: konstrueerimisosakonna vaneminsener U. Sikk)

Järgnevalt on välja toodud olukord, kus taridetail on küll olemas, kuid asub vales kohas (vt Joonis 5.34). Tegemist on II etapi hoonega nr 8. Fragment lisa tabelist 3 kirjeldab taridetaili asukoha lubatud hälvet, mis on A- ja B-klassi pindade puhul ± 10 mm. Taridetaili asukoha hälvet kirjeldab lisa joonis 5. Vaadeldes Joonis 5.34 näeme, et asukoha erinevus on lubatust märkimisväärselt suurem. 8. hoonel esines sama probleemi ka naaberelementide puhul.

Peatöövõtja konstrueerimisosakonna arvates võis juhtuda, et raudbetoonelemendid joonistati peegelpildis. Olukorra tõsidust arvestades tuleks kontrollida ka projekti 3D mudelit. Võid juhtuda, et kõrvuti asetsevaid raudbetoonelemente mudeldasid erinevad inimesed ja ka eri ajaperioodil. Võimalik, et mudeldajate omavaheline info edastamine ei toimunud või toimus liialt hilja kui tootejoonised oli juba tehasele saadetud.

Fragment lisa tabelist 3

Mõõde	Lubatud hälve, Klass A, mm	Lubatud hälve, Klass B, mm	Allikas	Mõõtme määratlus
Taridetaili või ava asukoha hälve	± 10		EN 14992 4.3.1.1	Lisa joonis 5

5.2.3 Tellistega seotud puudused

Veerenni Kvartali I ja II etapi peamine probleem seisnes defektsetes tellistes. I etapi defektsete telliste kohta teostatud analüüs on leitav peatükist 5.1.4. Vaadeldes joonise 5.35 vasakpoolset fotot näeme, et nelja tellisplaadi rida läbib pikk pragu. Kvaliteedijuhi arvates on tellisplaatidega seotud vigade arvukus I etapiga võrreldes märkimisväärselt vähenenud. Vaadeldes joonisel 5.35 näidatud tellisplaatide asendit ning vuukide ühtlust saame öelda, et välisilme on võrreldes I etapiga tunduvad parem.

TIIP-AA klassi puhul peab vuugis oleva prao laius jääma alla 0,1 mm. Lisaks on pragude maksimaalne arv 10 tk/m² kohta. Antud olukorras on tegemist küll ühe praoga, kuid joonise abil pole võimalik prao laiust hinnata. Pragude maksimaalne pikkus peab jääma alla 1000 mm. Arvestades tellisplaadi pikkust on joonise 5.35 vasakpoolsel fotol näidatud prao pikkus orienteeruvalt 500-600 mm. Nagu ka antud olukorras paistavad praod tihtipeale silma ning rikuvad fassaadi välisilme. Võimaluse korral tuleb tellisplaadid välja vahetada.



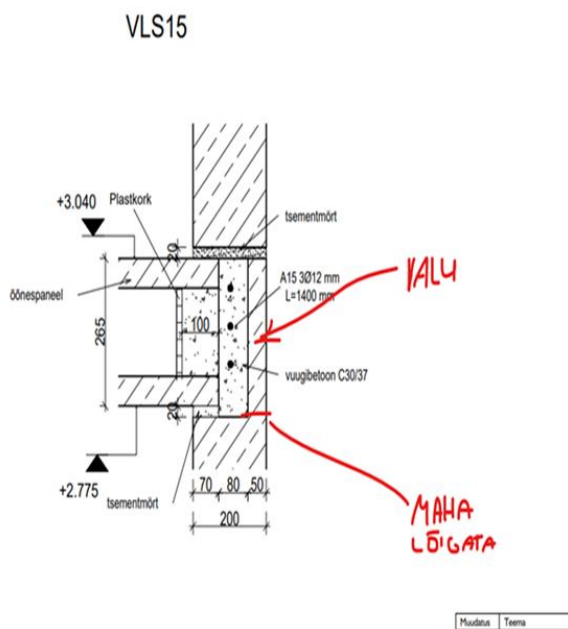
Joonis 5.35 Tellisplaatide puudused (Vasakul: pragunenud tellisplaadid, paremal: purunenud tellisplaadid) (Fotode autor: A. Gildi)

Joonise 5.35 parempoolsel fotol on näha purunenud tellisplaadid. Kvaliteedijuhi arvates tekkisid tellisplaatide mehaanilised vigastused betoonvalmistoote transportimisel või ladustamisel. Sarnane olukord on kirjeldatud ka peatükis 5.1.4. Nagu ka ennist mainitud vahetatakse suuremate defektidega tellisplaadid välja. Väiksemate puuduste korral jäetakse olukord samaks, kuna paranduskohad jäävad paratamatult näha.

5.2.4 Mõõtmete mittevastavus

Veerenni Kvartali ehitamise ajal on peatöövõtja projekteerimismeeskonnani jõudnud palju probleemseid kohti, kus defektne betoonvalmistood on juba monteeritud. Meeskonna igapäevatöö on leida lahendusi, kuidas selliseid betoonvalmistooted oleks võimalik ikkagi ära kasutada.

Joonisel 5.36 on näidatud fragment õõnespaneeli ning raudbetoonist seinaelementide liitumisest. Antud olukorras on tegemist peegelpildis valatud raudbetoonist seinaelemendiga, mille ülemine serv (soome k lippa) asub vael pool. Olukorra lahendamiseks tuli elemendi ülemine serv eemaldada nii, et õõnespaneeli vajalik toetuspind oleks tagatud (info pärineb vestlusest konstrueerimisosakonna vaneminseneriga).



Joonis 5.36 Raudbetoonist seinaelemendi maha lõigatav osa (Foto autor: konstrueerimisosakonna vaneminsener U. Sikk)

Kirjavahetusest kvaliteedijuhiga selgus, et lisaks eeltoodule leidis ka mitmeid raudbetoonist seinaelemente, mille gabariidid oli valed. Vastavalt olukorrale lõigati raudbetoonielementi lõikuriga või ehitati betoonkonstruktsioon ehitusplatsil suuremaks. Gabariitidega seotud vigu esines ka I etapis (vt peatükk 5.1.8). Kuna suuremaid puudusi seoses betoonvalmistoodete mõõtmetega esines mõlemas etapis vähe võime öelda, et probleemi esinemine jätkus.

6. PUUDUSTE KVALITEEDIJUHTIMINE

Vigade arvukus seadis peatöövõtja keerulisse olukorda, kuna suurtes kogustes betoonvalmistoodete tehasesse tagasi saatmisel oleks pidanud edasise töö ehitusplatsil katkestama. Töö peatamine pole aga kiire kalendergraafiku osas võimalik.

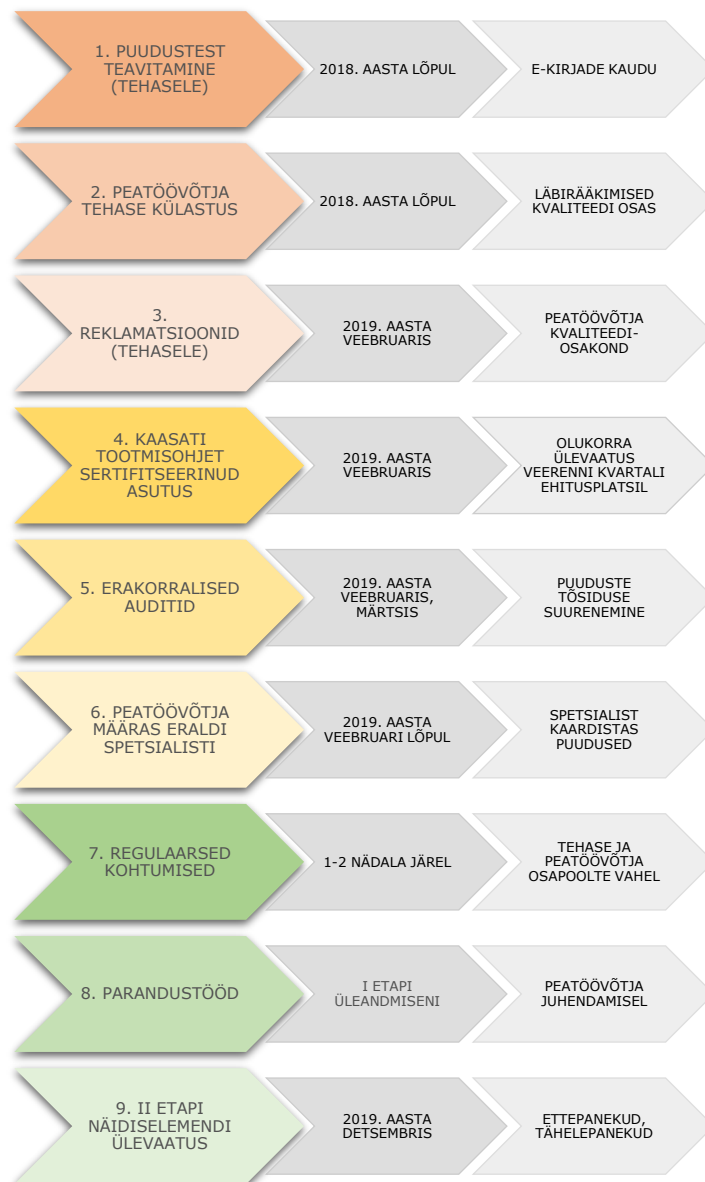
Ehitusplatsil avastatud mittevastavuste korral on kaalutluste järjestus standardi EVS-EN 13670 alusel järgmine:

- Mittevastavuse mõju järgnevatele ehitustöödele kasutusotstarbest tulenevate konstruktsiooni sobivusele
- Võimalused kasutussobivuse taastamiseks
- Taastamiskõlbmatu elemendi asendamine [9]

Peatöövõtja kvaliteedijuhtimise peamised etapid on välja toodud joonisel 6.1. Esmalt alustati peatöövõtja poolt tehasele puuduste teavitamisega. Kui aga puuduste kogus ja tõsidus suurenesid, kaasati ka tehase tootmisohjet sertifitseerinud asutus, kes asus olukorda lähemalt uurima.

Pärast reklamatsioone ja tootmisohjet sertifitseerinud asutuse poole pöördumist hakkas olukord paranema. Peatöövõtja ning elemente tootva tehase vaheline koostöö paranes. Osapooled jõudsid kokkuleppele, kuidas olukorda parandada. Lisaks määras peatöövõtja Veerenni Kvartalisse spetsialisti, kelle ülesandeks oli puuduste kaardistamine, et oleks võimalik süsteemne parandustöö ette võtta.

Parandustööde juhtimist korraldas peatöövõtja objektimeeskond, mis tähendas, et ka peatöövõtja pidi ressursse suurendama. Veerenni ehitusprojekti kalendergraafikutes leiduv info lisatööde kohta on näidatud joonisel 7.2.



Joonis 6.1 Peatöövõtja kvaliteedijuhtimise peamised etapid

Kuna I ja II etapi betonelementide tootja on sama, võeti riskide maandamiseks ette II etapi näidiselementide põhjalik analüüs, et vältida I etapis leitud puuduseid. II etapi näidiselemendi analüüs on leitav peatükist 6.1.

Autorile teadaolevalt on tehases X käimas juhtimis- ja kvaliteedipoliitika alased muutused. Võrreldes omavahel Veerenni Kvartali I ja II etappi, on tehas X läbinud suure arengu ning olukord on oluliselt paranenud. Lisaks on paranenud ka peatöövõtja kvaliteedijuhtimise efektiivsus, mida tõestab II etapi puuduste drastiline vähenemine.

6.1 Näidiselemendi ülevaatus

Pärast I etapi puuduste ilmumist võeti vastu otsus teostada II etapi näidiselemendi põhjalik ülevaatus. Näidiselemendi menetluse käigus määratakse kindlaks mida saaks veel paremini teha [4]. Joonisel 6.2 on näidatud II etapi raudbetoonist seinalelemendi välispind. Tegemist on TIIP-AA klassi pinnaviimistlusega, mille puhul on servadefektid lubamatud.



Joonis 6.2 Näidiselemendi välispind (Foto autor:kvaliteedijuht A. Gildi)

Näidiselemendi ülevaatusel pöörati tähelepanu peamiselt järgmistele punktidele:

- Tehas X peab produtseerima betoonvalmistooteid, mis ei vaja ehitusplatsil lisatöid.
- Kuigi AA-klassi puhul pole servadefektid lubatud võeti vastu otsus, et minimaalsete vigastuste korral telliseid välja vahetama ei hakata.
- Vuukide paranduskohti vormikangaga tuleb osavamalt lahendada, et ei rikuks raudbetoonist seinalelemendi välisilmet. Vuukide pind peab olema ühtlaselt sile.
- Raudbetoonist seinalelemendi servad peavad olema puhastatud ja vuukimiseks valmis.
- Soojusisolatsioon tuleb paigaldada tihedalt vastu diagonaalsidemeid. Sidemetest tingitud 5-6 mm tühimikud tuleb tihendada tehases X enne ehitusplatsile tarnimist.

II etapis paranes märgatavalt tellispinna kvaliteet. Mõneti esines veel tellisplaatide servadefekte, kuid tellisplaatide astmelisuse ja kõverdumise probleemid said lahendatud. Lühülevaade II etapi puudustest on leitav peatükist 5.2.

6.2 Arhitekti vaatenurk

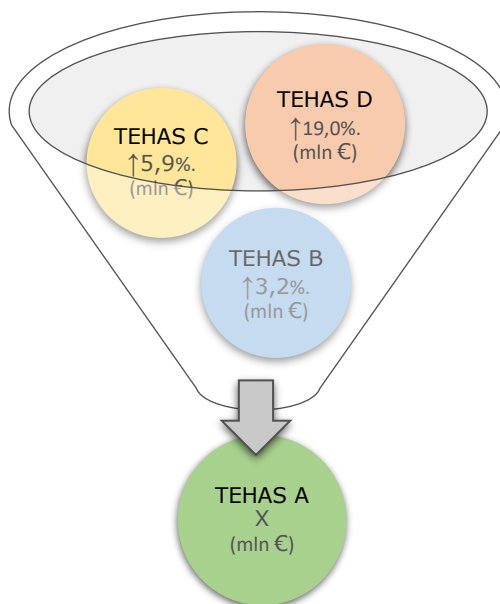
Veerenni Kvartali I ja II etapi eesmärgiks on luua nn etalon-kvartal, mida tuua hea näitena ülejäänud Veerenni arenduse kvaliteedistandardile. Arhitektini on jõudnud ainult kiitvaid sõnu Veerenni I etapi kohta (vt lisa 7 küsimustik).

Enne ehitustööde algust fikseeriti näidiselement, mille järgi võrreldakse kvaliteeti ning millest madalamat kvaliteeti ei lubatud. Puuduste esinemisest esitati protokolle nii tellijale, peatöövõtjale kui ka tehasele. Antud olukorras on kahetsusväärne, et osapooled pole suutnud kokkulepetest kinni pidada. Diplomitöö raames analüüsitud raudbetoonist seinaelemendid ei vasta projektis määratud kvaliteediklassile (vt lisa 7 küsimustik).

Kasutades tehases kleebitava tellisplaadi asemel ehitusplatsil kohapeal laotud tellisvoodrit, oleks võimalus valida rohkemate tellismustrite vahel. Küll aga eelistati tehases paigaldatud tellisvoodrit just ehituskiiruse tõttu. Hea näide kvaliteetsest tellisfassaadist on Stockmanni kaubamaja, mille raudbetoonist seinaelemendid valmistati ettevõtte E-Betonelement poolt (vt lisa 7 küsimustik).

7. TOOTE HINNA JA KVALITEEDI SUHE

Betoonvalmistoodete tootja valimiseks korraldati hange. Veerenni Kvartali I etapis tegi omapoolse pakkumise neli tehas. Joonis 7.1 illustreerib Veerenni Kvartali hankepakkumisi. Pakkujate eristamiseks on välja toodud hindade protsentuaalne erinevus. Näiteks tehas A pakkus hinna X ning tehas C pakkus 5,9% kallima hinna. Veerenni Kvartali hankepakkumise võitis tehas A, kelle hind oli kõige odavam.



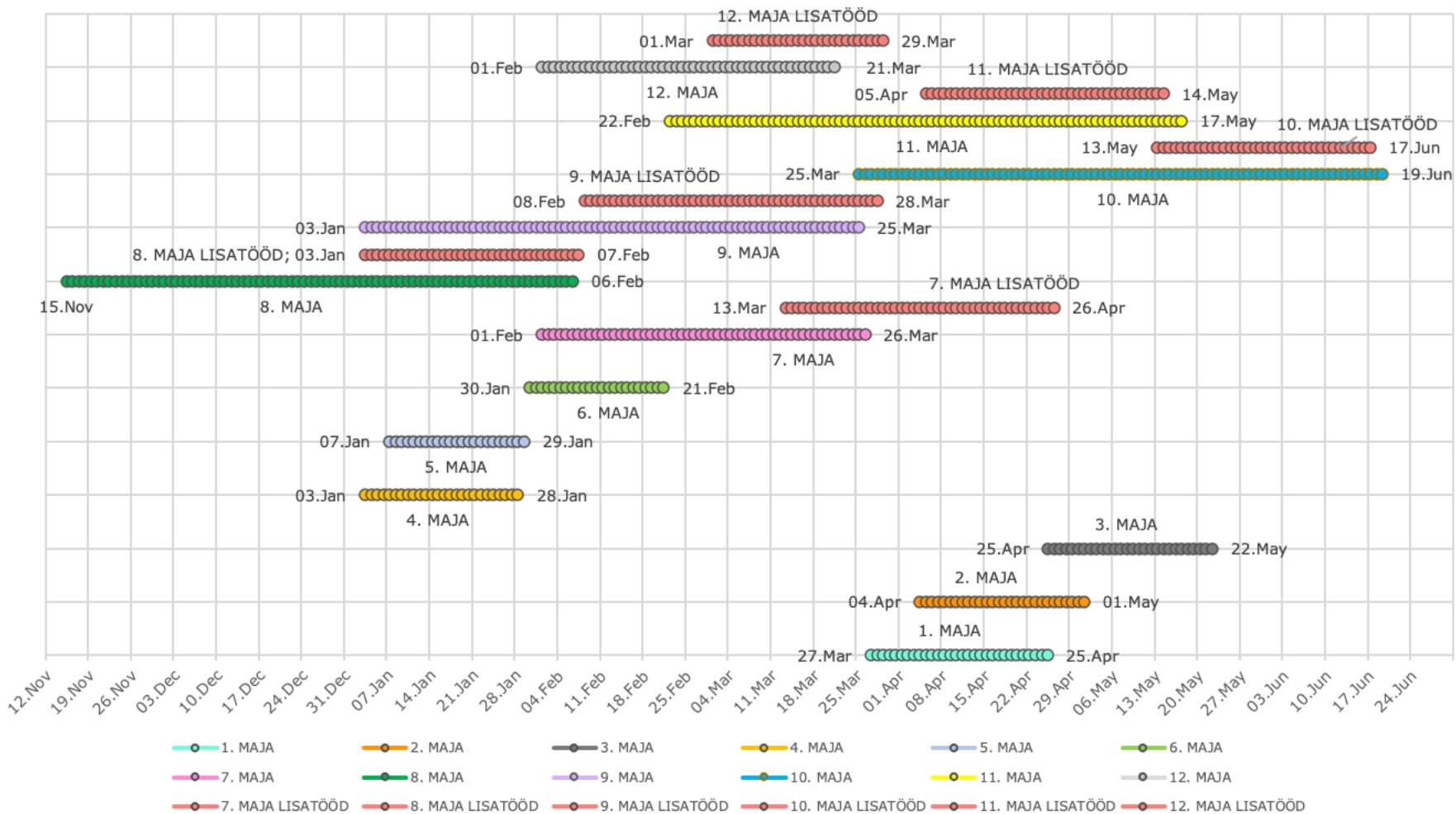
Joonis 7.1 Raudbetonelementide tootjate pakkumisi imiteeriv skeem

Arvestades, et kõik tootjad on sertifitseeritud ning valmis projekti eduka lõpuni viima, pole odavam hinnapakumine end õigustanud. Puudused tekitasid nii ajalist-, majanduslikku- kui ka maine kahju. Ettevõtete müügiartiklites toodud lubadused ei pea alati paika.

Tootja valimisel tuleb arvestada ka varasema kogemusega. Ajalise- ja rahalise kahju põhjal võime öelda, et algselt kallim hinnapakumine oleks võinud hilisemas perspektiivis rahalise kasu tuua. Kindlama tuleviku saavutamiseks tuleb aga valida hankepakkumiste mediaanhind. Seejuures välditakse ebamääraselt madala- ja kõrge hinnaga pakkumisi.

Joonisel 7.2 on välja toodud seni teadaolev info lisatööde teostamise kohta. Olemasoleva info põhjal sai lisada montaažigraafikule (vt Joonis 5.4) majade 7-12 lisatööd. Diplomitöö raames ei olnud võimalik detailset infot majade 1-6 kohta leida.

VALMISELEMENTIDE MONTAAŽ



Joonis 7.2 Raudbetoonist seinaelementide kalendergraafik autorile teadaolevate lisatöödega

Lähtudes kalendergraafikust teostati parandustöid 3. jaanuarist 17. juunini 2019. Sellesse ajavahemikku jääb 24 töönädalat ehk orienteeruvalt 1440 töötundi. Võttes aluseks Statistikaameti 2019. aasta keskmised palgaandmed (vt Tabel 7.1), saame kalkuleerida tööjõukulu puuduste likvideerimiseks.

Tabel 7.1 Ametite kuupalgad 2019 (Allikas: <http://andmestikud.stat.ee/ametipalk/>, [18])

Ametinimetus	Bruto kuupalk (2019), €	Bruto kuupalk tööandjale (2019), €
Ehituslihttööline 1	904	1220
Ehituslihttööline 2	904	1220
Ehituse töödejuhataja	1664	2200
Ehituse objektijuht	1808	2400

Eeldame, et puudusi likvideerivad 2 ehituslihttöölist ning nende tööd juhendavad ja kontrollivad töödejuhataja ning objektijuht. 24 töönädala kohta tõusis valitud hankega (vt Joonis 7.1 tehas A) võrreldes kulutused raudbetoonist seinaelementidele ligi 4,5%, mis ületab tehas B pakutud hinna. Kuna hankepakkumiste puhul on tegu delikaatsete andmetega, ei too autor hinnakalkulatsiooni detailselt välja.

Protsentuaalsele tulemusele (4,5%) lisanduvad aga kulutused näiteks materjalidele (tellisplaatide vahetus), teemantpuurimisele, soojustusmaterjalile ning jäätmete ära veole. Seejuures võinuks juba valides tehase B kokkuhoiu saavutada. Põhjalikul uurimisel selgus, et lisatööd keetsid kuni objekti üleandmiseni ehk lõppesid alles septembris, mis suurendab kulutusi veelgi.

Kõige kauem aega võttis 9. majaga puuduste likvideerimine. Vahemikus 13.-28. märts teostati lisatöid korraka kolmel eri hoonel, mistõttu suurenesid kulutused nii paranduseks kuluvate materjalidele kui ka tööjõule.

Tehase poolt tekitatud puuduste likvideerimiseks kulunud lisakulutused kannab kokkuvõttes tehas ise, kuid ehitusjuhtimisele kulunud vaev jääb peatöövõtja enda kanda. Peatöövõtja poolne ehitusjuhtimine kannatas ka ajaliselt, kuna põhitöö kõrvalt pidi tegelema ka puuduste eemaldamisega. Lisaks takistati puuduste likvideerimisel ka planeeritud ehitustöid. 75% montaaži ajast teostati I etapi parandustöid. Kogu selle aja vältel tuli püsida kalendergraafikus.

Lisaks eeltoodule tekitavad visuaalsed puudused kahju ka Veerenni Kvartali välisilmele ning osapoolte mainele. Korterite ostjatel on õigus esitada olukorra suhtes reklamatsioone, mis tuleb peatöövõtjal kanda.

KOKKUVÕTE

Veerenni I etapi näitel esines raudbetoonist seinaelementidega nii visuaalseid kui ka konstruktiivseid puuduseid. Ligi 40% esinenud vigadest olid seotud tellisvooderpinna defektidega, mille korrigeerimiseks tuli ehitusobjektile teha ette planeerimata ja täiendavaid tegevusi.

Märkimisväärne osakaal oli ka raudbetoonist seinaelementide vuukide ja soojusisolatsiooni mittevastavusel, mille tagajärjel võib olla pikaajaline mõju tarindi soojustehnilistele näitajatele.

Raudbetoonist seinaelementidega seotud puuduseid põhjustasid peamiselt hooletus ja kiire töötempo. Hooletusvigu esines nii tootejoonistel, raudbetoonist seinaelementide valmistamisel kui ka valmistoode transpordil.

Puuduste lahendamiseks pöördus peatöövõtja nii tehase kui ka tootmisohjet sertifitseerinud asutuse poole. Peatöövõtja korraldas Veerenni Kvartali hoonetel tehase tootmisohje kontrolli kaardistades kõikvõimalikud mittevastavused.

Peatöövõtja efektiivse kvaliteedijuhtimise tulemusena saavutati koostöö tehasega. Enne II etapi alustamist viidi läbi põhjalik näidiselemendi analüüs vältimaks tootmise alaseid puuduseid. Võrreldes I etapiga on II etapis vigade arvukus oluliselt vähenenud. Tootmise alased puudused aga asendusid tootejoonistega seotud puudustega.

Hanke käigus valitud odavama hinnaga pakkuja end ära ei tasunud. Ainuüksi lisatööde teostamiseks kulunud ressursid ületasid kallima hinnapakumise. Odavam hind võib sageli olla nõ lühike vaade. Kahjude minimeerimiseks tuleks valida hankepakkumiste mediaanhind.

Arhitektid ning projekteerijad loovad tervikliku 3D mudeli, mille abil koostatakse 2D tootejoonised. Kui aga tootmises ja ehitusplatsil kasutada sama 3D mudelit jättes 2D joonised vahele, oleks võimalik juba varasemas faasis probleeme avastada. Diplomitöö edasiarenduse näol on võimalik kasutada programmi Trimble Connect, mis võimaldaks kaardistada betoonvalmistoodetega seonduvad puudused juba ehitusplatsil kohapeal ning jagada informatsiooni kiirelt soovitud osapooltele edasi.

SUMMARY

In the example of the first stage of Veerenni, there were both visual and structural defects with the precast concrete wall panels. Almost 40% of the defects were related to the defective brick facade. In order to make the adjustments, unplanned and additional activities had to be performed on the construction site.

There was also a significant share of non-compliance related to joints and thermal insulation, which may have a long-term effect on the thermal performance of the structure.

Defects related to precast concrete wall panels were mainly caused by negligence and higher pace of work. Negligence defects occurred in product drawings, in the manufacture of precast concrete wall panels as well as in the transport of finished products.

In order to solve the defects, the general contractor approached to both the factory and the Tallinn University of Technology Certification Authority. The main contractor arranged a product control inspection on the Veerenni Kvartal buildings, mapping out all possible non-compliances.

As a result of the effective quality management of the main contractor, cooperation with the factory was achieved. Prior to the start of phase two, a thorough analysis of the sample element was performed to avoid manufacturing defects. Compared to the first stage, the number of defects has significantly decreased in the second stage. However, the deficiencies in production were replaced by deficiencies in product drawings.

The offer with the cheapest price selected during the procurement was not worth it. The resources spent on additional work alone exceeded the more expensive price offer. A cheaper price can often be a so-called short view. To minimize the losses, the median price of offers should be chosen.

Architects and designers create a complete 3D model that is used to create 2D product drawings. However, if the same 3D model is used in production and on the construction site, omitting 2D drawings, problems could be detected at an earlier stage. In the form of further development of the master's thesis, it is possible to use the Trimble Connect program, which would make it possible to map the deficiencies related to precast concrete products on the construction site and quickly share the information with the desired parties.

KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] *Betoonvalmistoodete üldeskirjad, EVS-EN 13369:2018*, Eesti Standardikeskus, 2018, p. 74.
- [2] Canadian Precast/Prestressed Concrete Institute, „Architectural Precast Concrete Walls - Best Practice Guide,” Ottawa, 2017.
- [3] R. O'Hegarty ja O. Kinnane, „Review of precast concrete sandwich panels and their innovations,” *Construction and Building Materials*, nr 233, 10 veebruar 2020.
- [4] Cement Concrete & Aggregates Australia, „Guide to Off-form Concrete Finishes,” 2006.
- [5] R. Piir, „Kolmekihiliste raudbetoonist seinaelementide soojustuse vuukide soojuslik toimivus,” Tallinn, 2019.
- [6] Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC), „Architectural Precast Concrete Walls - Best Practice Guide,” 2002.
- [7] C. Shen, H. Zhang ja Y. Liu, „Analytical modelling of sound transmission loss across finite clamped triple-wall sandwich panels in the presence of external mean flow,” *Applied Mathematical Modelling*, nr 73, pp. 146-165, september 2019.
- [8] *Betoelementide tolerantsid*, Tallinn: Eesti Betooniühing, 2019, p. 51.
- [9] *Betoonkonstruktsioonide ehitamine, EVS-EN 13670:2010*, Eesti Standardikeskus, 2010.
- [10] „Uus-Veerenni,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://merko.ee/veerenni/>. [Kasutatud 7 jaanuar 2020].
- [11] Johann-Aksel Tarbe, Arhitekt Tarbe OÜ töö nr 663, *Veerenni Kvartali äripindadega korterelamu ehitusprojekti arhitektuurne osa, TP*, 2018, p. 13.

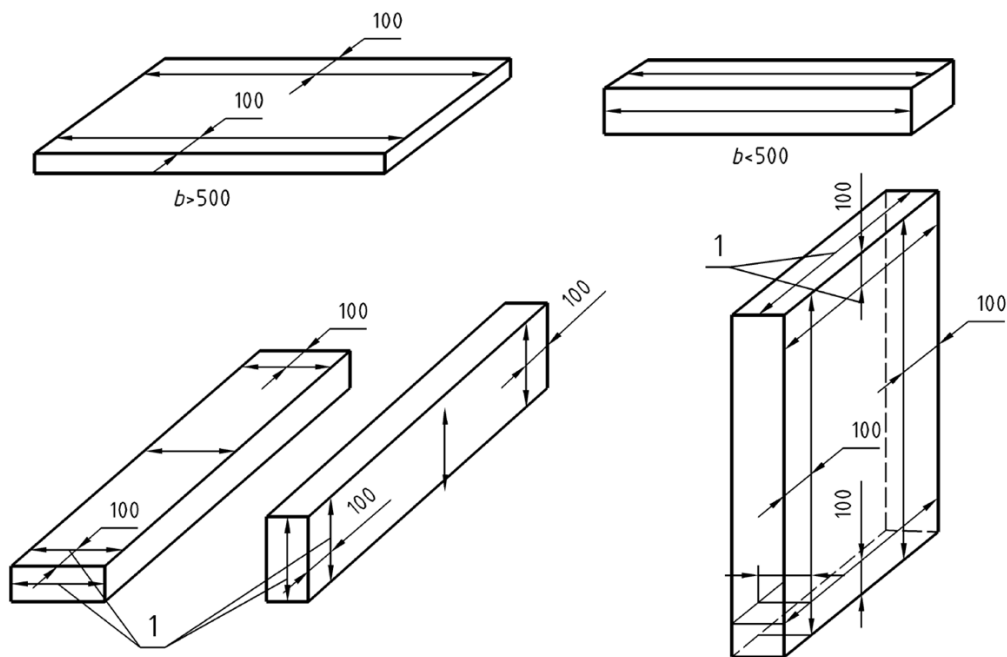
- [12] A. Lukk, O. Sooväli ja O. E-Inseneribüroo, *Uus-Veerenni äripindadega korterelamu ehitusprojekti konstruktiivne osa, töö nr 17-507, PP*, Tallinn, Eesti, 2018, p. 4.
- [13] Betoon- ja raudbetoon, Tallinn: Eesti Betooniühing, 2010, p. 113.
- [14] E-Betoelement, „Betooni pinnad,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.betoelement.ee/tooted/betoonpinnad/>. [Kasutatud 8 mai 2020].
- [15] Wienerberger AS, „Wienerberger,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.wienerberger.ee>. [Kasutatud 8 mai 2020].
- [16] Peikko Group, „PD Diagonal Tie - Connectors for Precast Sandwich Panels,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.peikko.com/products/product/pd-diagonal-tie/>. [Kasutatud 9 mai 2020].
- [17] Peikko Group, „PNLF Sandwich Wall Insert - For Transporting Sandwich Walls,” Peikko Group, [Võrgumaterjal]. Available: https://d76yt12idvq5b.cloudfront.net/file/dl/i/e-JOIw/vTf315NHPP30fRcp00WQ3Q/Peikko_lifting_systems.pdf. [Kasutatud 8 mai 2020].
- [18] Statistikaamet, „Eesti Statistika - Ametite kuupalgad 2019,” [Võrgumaterjal]. Available: <http://andmestikud.stat.ee/ametipalk/>. [Kasutatud 9 mai 2020].

LISAD

Lisa 1 Valmistustolerantsid: pikkus, kõrgus, paksus

Lisa tabel 1 Pikkus, kõrgus, paksus (Allikas: Betoonelementide tolerantsid, BÜ9, [8])

Mõõde		Lubatud hälve, Klass A, mm	Lubatud hälve, Klass B, mm	Allikas	Mõõtme määratlus
Pikkus (L)	$L \leq 0,5 m$	± 3	± 8	EN 14992 4.3.1.1	Lisa joonis 1
	$0,5 m < L \leq 3,0 m$	± 5	± 14		
	$3,0 m < L \leq 6,0 m$	± 6	± 16		
	$6,0 m < L \leq 10,0 m$	± 8	± 18		
	$L > 10 m$	± 10	± 20		
Kõrgus (B)	$B \leq 0,5 m$	± 3	± 8	EN 14992 4.3.1.1	Lisa joonis 1
	$0,5 m < B \leq 3,0 m$	± 5	± 14		
	$3,0 m < B \leq 6,0 m$	± 6	± 16		
	$6,0 m < B \leq 10,0 m$	± 8	± 18		
	$B > 10 m$	± 10	± 20		
Paksus (H)		± 13	± 8	-	Lisa joonis 1

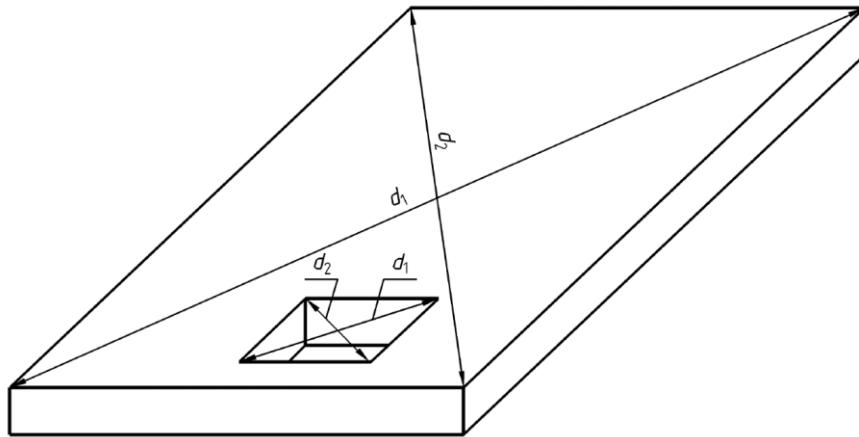


Lisa joonis 1 Pikkus, laius, kõrgus ja paksus (Allikas: EVS-EN 13369:2018, Lisa H, [1])

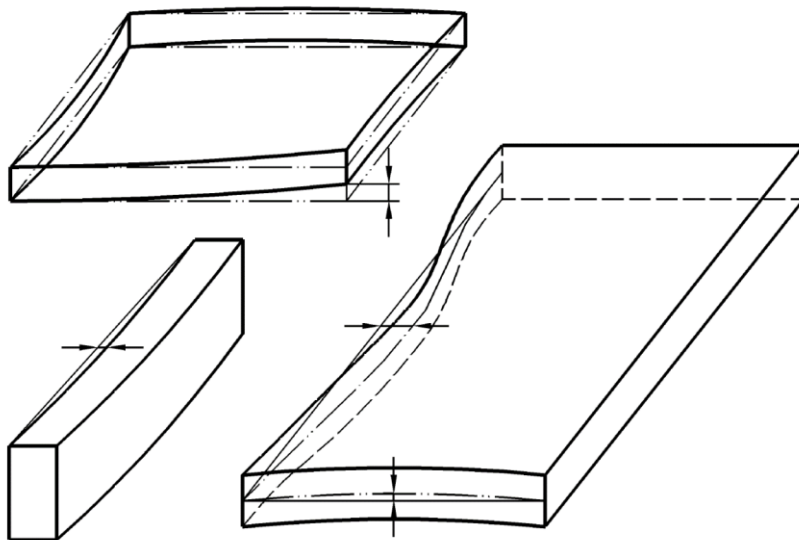
Lisa 2 Valmistustolerantsid: pinnadiagonaalide vahe, kaardumus, kiive

Lisa tabel 2 Pinnadiagonaalide vahe, põikkaardumus, kiive (Allikas: Betoonelementide tolerantsid, BÜ9, [8])

Mõõde		Lubatud hälve, Klass A, mm	Lubatud hälve, Klass B, mm	Allikas	Mõõtme määratlus
Pinna- diagonaalide vahe	$d \leq 0,5 m$	± 3	± 8	EN 14992 4.3.1.1	Lisa joonis 2
	$0,5 m < d \leq 3,0 m$	± 5	± 14		
	$3,0 m < d \leq 6,0 m$	± 6	± 16		
	$6,0 m < d \leq 10,0 m$	± 8	± 18		
	$d > 10 m$	± 10	± 20		
Serva põikkaardumus		± 5	± 14	-	Lisa joonis 3
Kiive		± 10	± 15	-	Lisa joonis 3



Lisa joonis 2 Pinnadiagonaalide vahe (Allikas: EVS-EN 13369:2018, lisa H, [1])

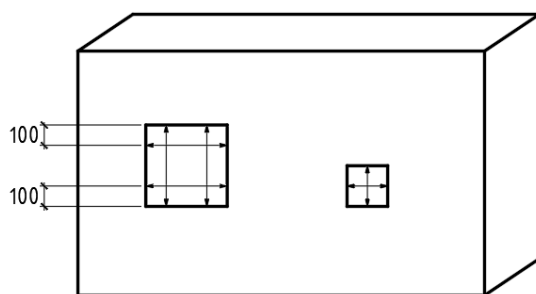


Lisa joonis 3 Serva põikkaardumus ja kiive (Allikas: EVS-EN 13369:2018, lisa H, [1])

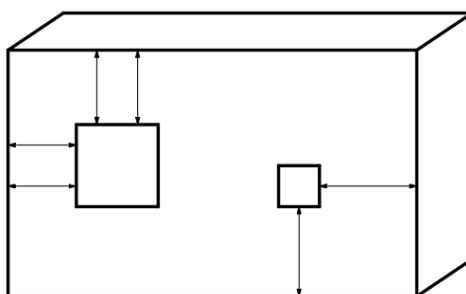
Lisa 3 Valmistustolerantsid: avad, taridetailid, elektritoosid

Lisa tabel 3 Avad, taridetailid, elektritooside asend ja pinnatasasus (Allikas: Betoonelementide tolerantsid, BÜ9, [8])

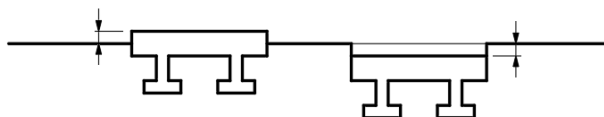
Mõõde		Lubatud hälve, Klass A, mm	Lubatud hälve, Klass B, mm	Allikas	Mõõtme määratlus
Ava mõõtude hälbed	$B; L \leq 0,5 m$	± 3	± 8	-	Lisa joonis 4
	$0,5 m < B; L \leq 3,0 m$	± 5	± 14	-	Lisa joonis 4
	$3,0 < B; L \leq 6,0 m$	± 6	± 16	-	Lisa joonis 4
Taridetaili või ava asukoha hälve		± 10		EN 14992 4.3.1.1	Lisa joonis 5
Taridetaili süvistushälve		± 5		-	Lisa joonis 6
Seinakingade ankrupoltide ja keermestatud taridetailide asukoha hälve $L_1 + \Delta_1$		± 10 Tootja või projekti juhise puudumisel		EN 13670 G.10.8	Lisa joonis 7
Seinakingade ankrupoltide ja keermestatud taridetailide puhaskahe grupis $L_2 + \Delta_2$		± 3 Tootja või projekti juhise puudumisel		EN 13670 G.10.8	Lisa joonis 7
Seinakingade ankrupoltide ja keermestatud taridetailide väljaulatus $L_3 + \Delta_3$		$+25, -5 mm$ Tootja või projekti juhise puudumisel		EN 13670 G.10.8	Lisa joonis 8
Seinakingade ankrupoltide ja keermestatud taridetailide kalle Δ_s		$5 mm$ või $L/200$, neist suurem; Tootja või projekti juhise puudumisel		EN 13670 G.10.8	Lisa joonis 8
Elektritooside asend	Rühma siseselt	± 5	± 5	-	Lisa joonis 9
	Süvistushälve	± 5	± 5	-	Lisa joonis 9
Pinnatasasus	Mõõtepikkus 200 mm	± 2	± 4	EN 14992 4.3.2	Lisa joonis 10
	Mõõtepikkus 3000 mm	± 5	± 10	EN 14992 4.3.2	Lisa joonis 10



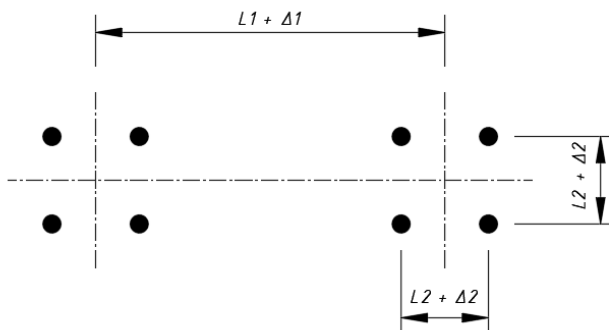
Lisa joonis 4 Ava mõõtude hälbed (Allikas: Betoelementide tolerantsid, BÜ9, [8])



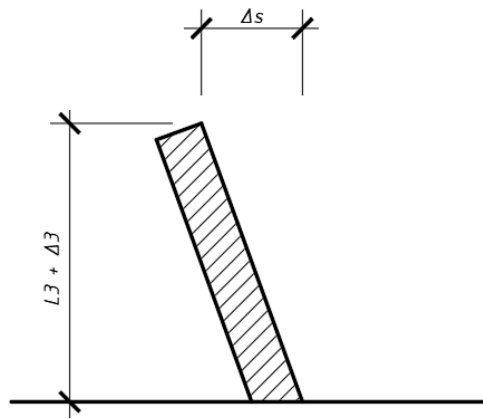
Lisa joonis 5 Taridetaili või ava asukoha hälve (Allikas: Betoelementide tolerantsid, [8])



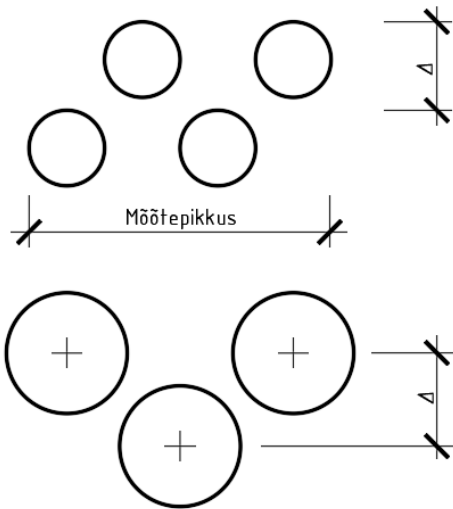
Lisa joonis 6 Taridetaili süvistushälve (Allikas: Betoelementide tolerantsid, BÜ9, [8])



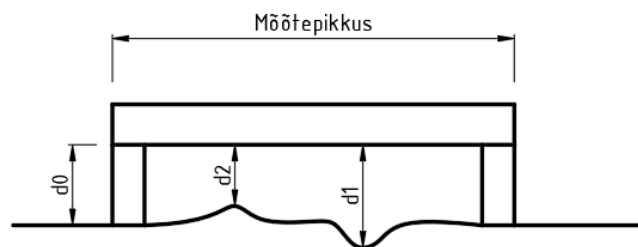
Lisa joonis 7 Seinakingade ankrupoltide ja keermestatud taridetailide asukoha hälve (Allikas: Betoelementide tolerantsid, BÜ9, [8])



Lisa joonis 8 Seinakingade ankrupoltide ja keermestatud taridetailide väljaulatus
(Allikas: Betoelementide tolerantsid, BÜ9, [8])



Lisa joonis 9 Elektritööside asend (Allikas: Betoelementide tolerantsid, BÜ9, [8])

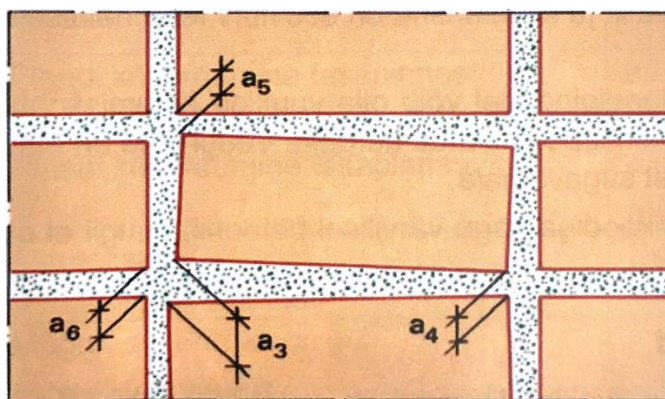


Lisa joonis 10 Pinnatasasus (Allikas: Betoelementide tolerantsid, BÜ9, [8])

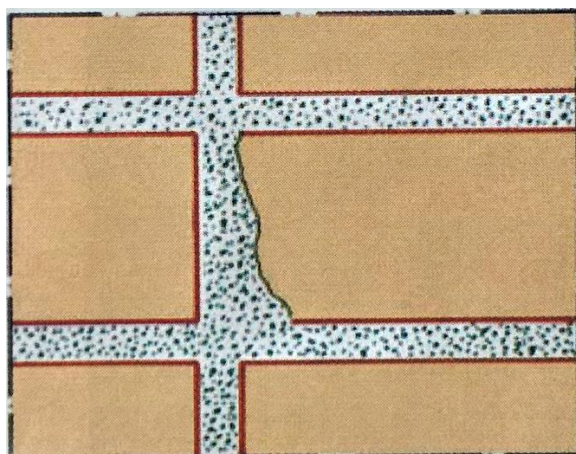
Lisa 4 Nõuded tellispindadele

Lisa tabel 4 Nõuded tellispindadele (Allikas: Betoon ja raudbetoon, BÜ4, [13])

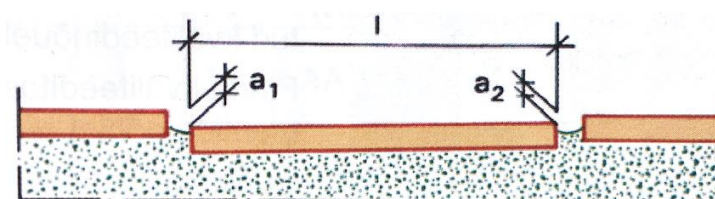
Kvaliteeditegurid		Nõuded		
		Klass AA	Klass A	Klass B
Plaadi kõverdumine tasapinnast	(b) mm	1,5	2	3
Plaadi kõverdumine tasapinnast	(a) mm	2	3	3
Astmelisuus	(b) mm	2	3	4
Kahe vuugi laiuse muutus:				
- horisontaalne vuuk	%	15	20	20
- vertikaalne vuuk	%	30	40	40
Mügar või astmelisuus vuugis:				
- suurim kõrgus või sügavus	mm	2	3	4
- suurim laius	mm	3	4	6
Süvend vuugis:				
- suurim kõrgus või sügavus	mm	1	1	2
- suurim laius	mm	2	2	3
Lõhed ≥ 50 mm ² (TIIP):				
- suurim suurus	mm ²	100	200	300
- suurim arv	tk/m ²	2	5	5
- keskmiselt	tk/m ²	1	2	2
Mördi laotumine:	tk/m ²	Ei ole lubatud	Ei ole lubatud	3
- keskmiselt	tk/m ²	Ei ole lubatud	Ei ole lubatud	1
Murdunud plaadid	tk/pind	Ei ole lubatud	21)	21)
Pinnavead, 20...200 mm ²	tk/m ²	Ei ole lubatud	4	4
Defektne serv, laius 2...4 mm	m/m ²	Ei ole lubatud	4	4
Pinna tasapinnalisus:				
- suurim lubatud hälve	mm/1,5m	3	5	8



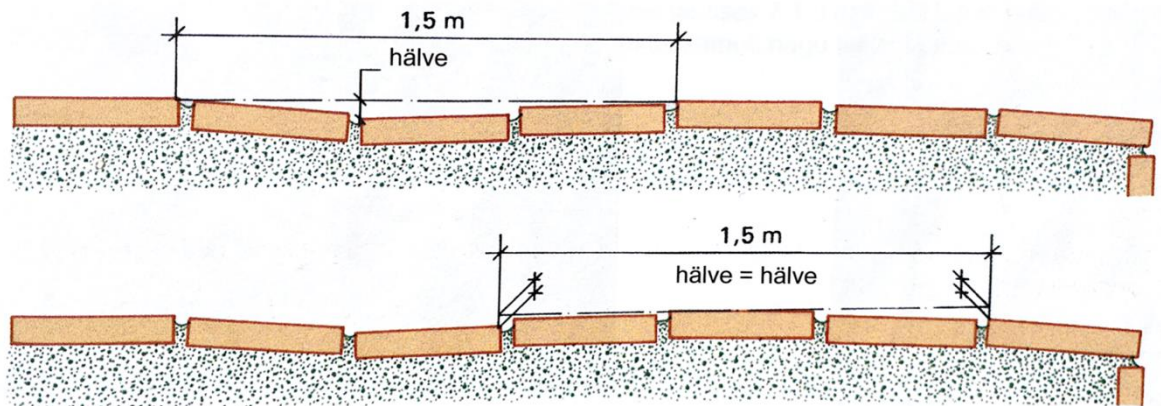
Lisa joonis 11 Plaadi kõverdumine tasapinnas (Allikas: Batoon ja raudbatoon, [13])



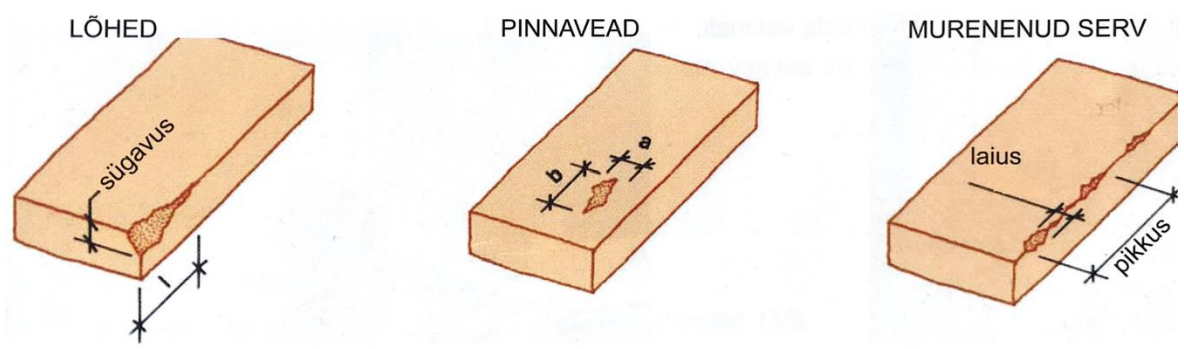
Lisa joonis 12 Mõrdi laotumine (Allikas: Batoon ja raudbatoon, [13])



Lisa joonis 13 Plaadi kõverdumine tasapinnast (Allikas: Batoon ja raudbatoon, [13])



Lisa joonis 14 Pinna lainelisuus (Allikas: Betoon ja raudbetoon, [13])

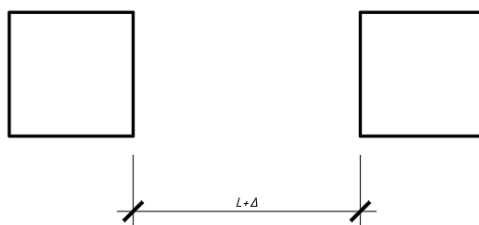


Lisa joonis 15 Tellisplaadi pinnavead, lõhed, murenenud serv (Allikas: Betoon ja raudbetoon, [13])

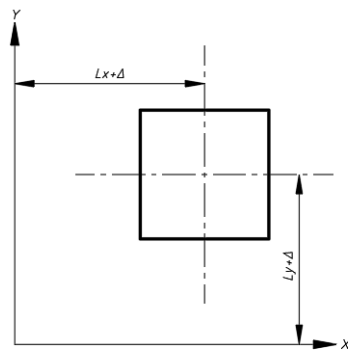
Lisa 5 Ehitustolerantsid

Lisa tabel 5 Paiknemine, vuugi asukoht, kaardumus (Allikas: Betoelementide tolerantsid, BÜ9, [8])

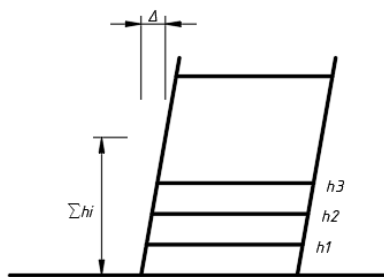
Mõõde		Lubatud hälve, mm	Allikas	Mõõtme määratlus
Naaberseinte puhas vahekaugus	$L \leq 12 m$	± 20	EN 13670 G.10.4	Lisa joonis 16
	$12 m < L \leq 36 m$	$\pm \frac{L}{600} mm$	EN 13670 G.10.4	Lisa joonis 16
	$L > m$	± 60	EN13670 G.10.4	Lisa joonis 16
Paiknemishälve (Seina asend plaanil abipidejoonte suhtes)		$\pm 25 mm$	EN 13670 G.10.4	Lisa joonis 17
Hälve vertikaalist mitmekorruselise hoone puhul		$\pm 50 mm$ või $\pm \frac{\sum h_i}{200 \cdot \sqrt{n}}$ n - korruste arv	EN 13670 10.4	Lisa joonis 18
Vuugi asukoha hälve		± 12	-	Lisa joonis 19
Vuugi servade kõrguste vahe	Sisekiht	± 8	-	Lisa joonis 20
	Väliskiht	± 12	-	Lisa joonis 20
Seinte telgede vaheline hälve	$t \leq 0,45 m$	± 15	EN 13670 10.4	Lisa joonis 21
	$0,45 m < t < 0,9 m$	$\pm \frac{t}{30} mm$	EN 13670 10.4	Lisa joonis 21
	$t \geq 0,9 m$	± 30	EN 13670 10.4	Lisa joonis 21
Seinte kaardumus korruste vahel	$H \leq 4,5 m$	± 15	EN 13670 10.4	Lisa joonis 22
	$4,5 m < H < 9,0 m$	$\pm \frac{H}{300} mm$	EN 13670 10.4	Lisa joonis 22
	$H \geq 9,0 m$	± 30	EN 13670 10.4	Lisa joonis 22



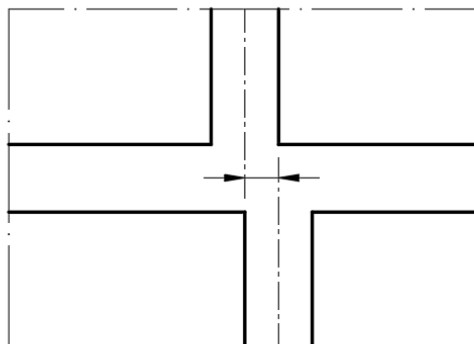
Lisa joonis 16 Naaberseinte puhas vahekaugus (Allikas: Betoelementide tolerantsid, BÜ9, [8])



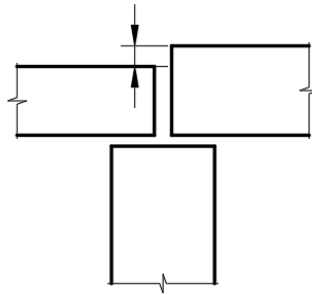
Lisa joonis 17 Paiknemishälve (Allikas: Betoonelementide tolerantsid, BÜ9, [8])



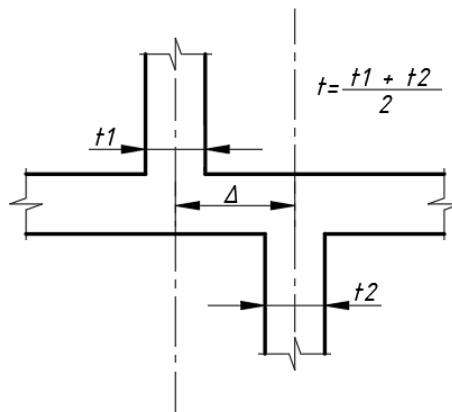
Lisa joonis 18 Hälve vertikaalist (Allikas: Betoonelementide tolerantsid, BÜ9, [8])



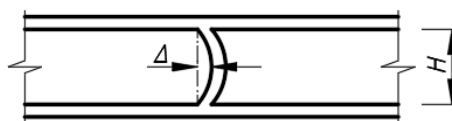
Lisa joonis 19 Vuugi asukoha hälve (Allikas: Betoonelementide tolerantsid, BÜ9, [8])



Lisa joonis 20 Vuugi servade kõrguste vahe (Allikas: Betoonelementide tolerantsid, BÜ9, [8])



Lisa joonis 21 Seinte telgede vaheline hälve (Allikas: Betoonelementide tolerantsid, BÜ9, [8])



Lisa joonis 22 Seinte kaardumus korruste vahel (Allikas: Betoonelementide tolerantsid, BÜ9, [8])

KÜSIMUSTIK RAUSBETOONIST SEINAELEMENTIDE KOHTA

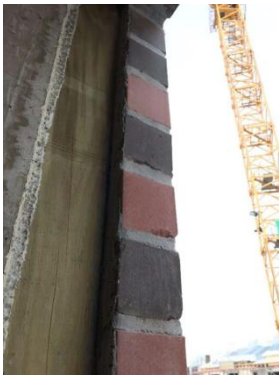
Käesolev küsimustik on mõeldud Uus-Veerenni Kvartalis esinenud raudbetoonist seinaelementides esinenud vigade analüüsimiseks. Küsimustiku vastuseid kasutatakse Ehitiste projekteerimise ja ehitusjuhtimise eriala diplomitöö raames. Lõputöös elementide tootja nime ei avaldata.

Küsimustiku koostas: Jane Kikojan, janekikojan@gmail.com

Küsimustikule vastas:

1. Miks tuleb tellised aknapõse juures lihvida?
Mida ja millal oleks tulnud teha, et sellist olukorda vältida?
Kuidas probleemi ehitusplatsil lahendada?

Vastus:



2. Puudujäägina toodi välja, et seina sisepind on libe.
Mis seda põhjustas?
Kuidas probleemi ehitusplatsil lahendada?
Kuidas oleks saanud probleemi vältida?
Millised on tagajärjed, kui probleemi ei suudeta vältida?

Vastus:



3. Miks on oluline, et paneeli servad oleksid puhastatud?
Millal ja mida täpsemalt oleks tulnud teha, et probleemi vältida?



Vastus:

4. Mis põhjustab kivide määrdumist?
Kuidas probleemi ehitusplatsil parandada?
Kuidas oleks saanud olukorda vältida?



Vastus:

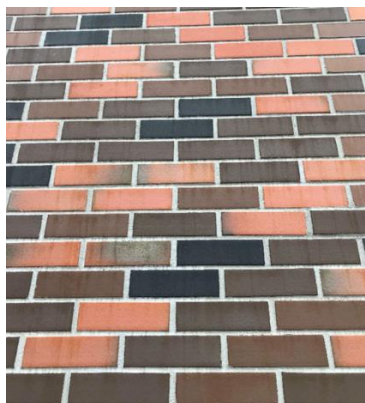
5. Kuidas täideti ehitusplatsil soojustuse tühimikud, et ei tekiks olulist soojuskadu?
Kuidas selline olukord tehases tekib?
Kuidas sellist probleemi vältida?



Vastus:



6. Mille tõttu tekivad välisfassaadile nired?
Kuidas nende tekkimist vältida?
Kuidas probleemi ehitusplatsil parandada?



Vastus:

7. Mis põhjustas telliste purunemist?
Kuidas parandati katkised tellised?
Kuidas oleks saanud probleemi vältida?



Vastus:

8. Kuidas lahendati viltuste ja astmeliste tellistega seotud vead?
Mis põhjustab telliste astmelisust?
Miks on tellised viltu?
Mis põhjustab vuukide ebaühtlust?
Millal ja kuidas oleks saanud probleeme vältida?



Vastus:



9. Miks tekivad raudbetoonist seinaelementidesse praod?
Kuidas neid vältida?
Kuidas probleemi ehitusplatsil parandada?



Vastus:

10. Mis põhjustas kaablikõride muljumist?
Kuidas saavutati vajaminevad avad?
Mis on alternatiiv, et saavutada toimiv lahendus?



Vastus:

11. Kui elemendi mõõtmed on lubatust oluliselt väiksemad, siis kuidas nõutud mõõtmed ehitusplatsil tagada?
Miks tekib tootmises selline viga?
Kuidas oleks saanud antud probleemi vältida?



Vastus:

12. Elemendi taskus puudub tapivarda jaoks paigaldusvaru.
Kuidas olukord lahendada?
Kuidas oleks saanud antud probleemi vältida?



Vastus:

13. Veana oli väljatoodud, et seinaelemendi väliskoorik ei asu soojustuse vastas.
Kuidas probleem lahendati?
Kuidas oleks võimalik antud probleemi vältida?



Vastus:

14. Mis saab siis, kui armatuurvarraste nominaalne kaitsekiht pole tagatud?
Kuidas probleemi ehitusplatsil lahendada?

Vastus:

15. Kuidas lahendada olukord, kui tapivarda asukoht ei ühti ülemise elemendi ava asukohaga?
Kuidas oleks võimalik antud probleemi vältida?

Vastus:

KÜSIMUSTIKU VASTUSED

Küsimuse number	Vastaja 1	Vastaja 2
1.	<p>Tellised tuleb aknapõse juures lihvida selleks, et sinna paigaldav aknaraam oleks vastu betooni.</p> <p>Loomulikult peab ka välimus olema parandatud lihvimisega.</p>	<p>Telliste lihvimine on oluline selleks, et montaaživaht jääks tugevamalt paneeli külge kinni. Tavaliselt on see pind kaetud kivistunud tolmu või kergesti puruneva seguga.</p> <p>Seda oleks pidanud lihvima tehases või monteerimise käigus.</p>
2.	<p>Defekt on põhjustatud betooni puuduliku viimistlemise/silumise ja liigest vee kogusest betoonsegus.</p> <p>Eksisteerib võimalus, et need läikivad kohad pudenevad ning nake kipskrohvi ja betoonseina vahel väheneb.</p> <p>Kriitilisemad kohad parandatakse ehitusplatsil lihvimisega.</p>	<p>Libeda seinapinna põhjustas betoonpaneeli liiga märja rullipinna kivistumine.</p> <p>Libeduse vastu aitavad spetsiaalsed kruntained või tuleb pinda lihvida.</p> <p>Kui probleemi ei suudeta vältida, tekib lisakulu kas paneeli tootjale või peatöövõtjale, sest selline betoonpind vajab lisatöid.</p>
3.	<p>Paneeli servad peavad olema puhastatud selleks, et paneelid oleksid peale montaaži koheselt vuukimistöodeks valmis.</p> <p>Kui servad on puhastamata, ei saa alustada vuugimastiksi paigaldamisega.</p>	<p>Paneeli servade puhtus on oluline selleks, et vuukidesse paigaldatud mastiks oleks tugevalt seotud paneeli servadega.</p> <p>Parim aeg probleemi lahendamiseks oleks olnud tehases paneeli lahti rakestamisel. Halvimal juhul tuleb aga probleemi lahendada ehitusplatsil kui element on juba monteeritud.</p>
4.	<p>Kivide määrdumist põhjustab selliste paneelide tootmise tehnoloogia.</p> <p>Paneelide tootmisel asetatakse kivid vormi põhjale ja vuuke täidetakse vedela vuugiseguga, mis voolab mõnikord tellise alla.</p>	<p>Kivide määrdumist põhjustab vuugisegu lekkimine telliskivide alla. Tavaliselt juhtub see tehases paneeli alusmati purunemisel või kui ülemise betoonkihi raskus telliseid nihutab.</p> <p>Telliskivi pealt on võimalik happesuga vuugisegu eemaldada. See on aga riskantne, kuna happesuga võib tellisest pigmenti eemalduda.</p> <p>Tuleks kasutada elastset ja niiskust imavad paneeli alusmatti, mille peale asetatakse telliskivid.</p>

Küsimuse number	Vastaja 1	Vastaja 2
5.	Suuremad soojustuse tühimikud täideti EPS soojustuse sobiva tükiga või väiksemad tühimikud montaaživahuga.	Suured tühimikud tuleb ava kaudu soojustusmaterjali täis toppida. Väiksemate puhul kasutada montaaživahtu.
6.	Nirede teke pole veel lõpuni selge. Tõenäoliselt põhjustas seda puhastusvahend (tsemendiliimi puhastusvahend/hape). Fassaadi parandati survepesuga.	Vuugisegu eemaldamiseks telliskivi pinnalt kasutatakse happepesu. Kuna tellised on tumedamad ehk pigmendirikkad, võivad need tugeva happega kokkupuutel pigmenti eritama hakata. Vajadusel tuleb telliseid välja vahetada. Vuukide ühtlase tooni saavutamiseks tuleb kasutada lihvimist.
7.	Suuremate vigastustega tellised vahetati kohapeal.	Paneeli tõstmisel on element mõnele esemega kokku puutunud või on transportimisel korralikult fikseerimata. Purunenud telliseid saab välja piigata ning uute telliste vastu vahetada. Paneelid tuleks transpordil paremini fikseerida ning tõstetöodel hoolsam olla.
8.	Suuremate defektidega tellised olid vahetatud kohapeal, väiksemad jäeti parandamata. Paranduskohti on tavaliselt näha. Mõnikord näeb parandatud olukord välja halvem kui parandamata.	Viltused ja astmelised tellised tuleb välja vahetada. Muud varianti pole. Astmelisust ja viltuseid telliseid põhjustab telliste nihkumine betoonpaneeli valmistamisel. Liistud, mille vahele telliskivid asetatakse pole piisavalt fikseeritud. Betoneerimisel võivad kivid nihkuda. Samuti siis, kui paigaldaja telliste peal liigub. Vuukide ebatasasust põhjustab alusmati nihkumine, halvasti paigaldatud mattide vuugikohad või betooni raskuse tõttu nihkunud kivid.

Küsimuse number	Vastaja 1	Vastaja 2
9.	<p>Praod võisid tekkida projekti-, logistika-, tootmise- või monteerimise vigadest.</p> <p>Kõige sagedasem põhjus on ladustamise/montaaži ajal tekkivad dünaamilised koormused (juhuslikud löögid, kokkupuuted teiste paneelidega)</p> <p>Pildil tundub, et paneeli tõstmisel deformeerus tõsteaas ning see põhjustaski pragunemist.</p> <p>Enne parandama asumist tuleb konsulteerida projekterijatega, kas parandamine on vajalik. Tavaliselt parandatakse pahteldamise teel.</p> <p>Kui konstruktsioon peab olema veetihe, injekteeritakse ka epovaiku.</p>	<p>Pragude tekke põhjuseks võib olla asjaolu, et betoon pannakse lokaalselt tõmbele tööle ja armatuur ei suuda piisavalt deformatsiooni kinni hoida.</p> <p>Olukorra lahendamiseks tuleks raudbetoonelemente täpsemalt armeerida ning tõstetöid paremini korraldada.</p> <p>Tuleb kasutada korrektseid tõstmisvõtteid. Näiteks ei tohi teljega risti aasast tõmmata.</p>
10.	<p>Kaablikõrde muljumine tekkis paneelide ladustamisel või elemendi transpordil.</p> <p>Muljunud kaablitorud lõigati betoonpinnani.</p>	<p>Kaablikõrid põrkusid ilmselt vastu teist paneeli või vastu haagise seina.</p> <p>Lahenduseks tuleks paigaldada raam kaablikõrde kaitseks või need paralleelselt seinapinnaga maha lõigata.</p>
11.	<p>Kui elemendi mõõtmed on lubatust oluliselt väiksemad, tehakse juurdevalu ehitusplatsil kohapeal.</p> <p>Paigaldatakse ankrud olemasolevasse betooni, armeeritakse ning seejärel betoneeritakse.</p>	<p>Ei oska öelda.</p>
12.	<p>Paigaldusvaru puudumisel paigaldatakse uus tapivarras keemilise ankruliimiga. Kui võimalik, painutatakse kuvaldaga olemasolevat tapivarrast soovitud asendisse.</p>	<p>Vales kohas asuv tapivarras tuleks maha lõigata. Seejärel puurida uus auk ning ankurdada uus tapivarras taskusse.</p> <p>Tihtipeale ei saagi olukorda vältida. Liiga täppistöö monteerijale ja elemendi tootjale.</p>

Küsimuse number	Vastaja 1	Vastaja 2
13.	Kui seinaelemendi väliskooriku ja soojustuskihi vahe oli suur, tihendati tühimikku montaaživahuga.	Probleemi lahendamiseks lõigata piisavalt palju soojustust ära, et tihendada tühimikku montaaživahuga. Soojustuse asetamisel väliskooriku peale tuleb veenduda, et see on kontaktis väliskoorikuga.
14.	Kui betoonkonstruktsiooni kaitsekiht on nullilähedane, siis juba ehituse ajal või esimestel ekspluatatsiooni aastatel ilmnevad rooste jäljed/täpid. Igal juhul mõjutab kaitsekiht otseselt konstruktsiooni eluiga. Betooni karboniseerumine toimub kindla kiirusega. Kui see jõuab teraseni, algab korrosioon.	Arvan, et midagi ei juhtu.
15.	Kui tapivarda asukoht ei ühti ava asukohaga lahendatakse olukord vastavalt asukoha erinevusele. Kas hea löök kuvaldaga või uue tapivarda paigaldamine.	Probleemi lahendamiseks tuleb paigaldada uus tapivarras ankurdades selle uude asukohta.

KÜSIMUSTIK RAUDBETOONIST SEINAELEMENTIDE KOHTA

Käesolev küsimustik on mõeldud Uus-Veerenni Kvartalis esinenud raudbetoonist seinaelementides esinenud vigade analüüsimiseks. Küsimustiku vastuseid kasutatakse Ehitiste projekteerimise ja ehitusjuhtimise eriala diplomitöö raames. Lõputöös elementide tootja nime ei avaldata.

Küsimustiku koostas: Jane Kikojan, janekikojan@gmail.com

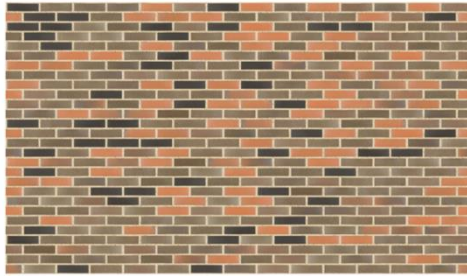
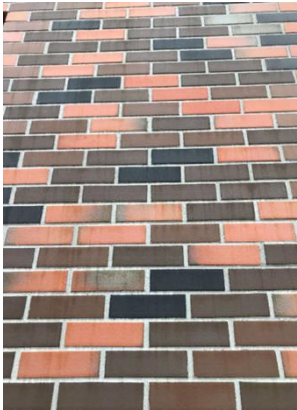
Küsimustele vastas:

1. Skaalal 1-5 kuidas hindate Veerenni Kvartali senist lõpptulemust? Kas olukord vastab Teie ootustele ja visioonile? Palun põhjendage.
 - 1 – Pole olukorraga rahul
 - 2 – Lepin olukorraga
 - 3 – Olen olukorraga üpris rahul
 - 4 – Jään olukorraga väga rahule
 - 5 – Suurepärane lõpptulemus



Vastus:

2. Mis on Teie poolne arvamus määratud telliste suhtes?
Kas lõpptulemus annab arhitektuurilises võtmes ehitisele iseloomu ja kunstipära juurde või pigem vastupidi? Palun põhjendage.



Hoone osad 3, 10 ja 11

Vastus:

3. Kas ja kui palju on vuukide puhul arvestatud tagavaraga?
Kas vuukidega seotud probleeme oleks saanud juba projekteerides vältida?
Kas sarnaseid probleeme on ka varasemates projektides esinenud?
Palun põhjendage.



Vastus:

4. Milline on Teie varasem kogemus ehitusplatsil kohapeal laotud tellisvoodriga?
Kas ehitusplatsil tellisvoodri paigaldamine oleks andnud parema tulemuse?
Palun põhjendage.

Vastus:

5. Palun tooge mõni hea näide Eestis valminud hoonetest, mille puhul on sarnane raudbetoonist seinaelemendi tellislaotis hästi välja tulnud?

Kes oli betoonelementide tootja?

Vastus:

6. Kuidas mõjutavad tekkinud probleemid arhitekti ja tellija osapoolte mainet? Milline mõju on visuaalsete vigade säilides/jätkudes Veerenni Kvartali üldmuljele? Palun põhjendage.

Vastus:

7. Kas II etapis võeti juba planeerimise ja projekteerimise faasis kasutusele meetmeid välisilme parandamiseks?
(Näiteks vuukide auskohtade planeerimine, vuukide mõõtmete muutmine)
Kui jah, siis milliseid?

Vastus:

KÜSIMUSTIKU VASTUSED

Küsimuse number	Vastused
1.	2 – lepin olukorraga
2.	Tellis oli valitud seetõttu, et ajas välimus veidi muutub, kuid jääb sama väärile. Kui määrdumise all mõtlete ehitustolmu või tsemendipiima jääke, mida ei saa puhtaks pesta, siis see on tehase praak.
3.	<p>Tehases sai fikseeritud nn etalon-paneel, mille järgi võrrelda kvaliteeti ja millest madalamat kvaliteeti ei lubatud.</p> <p>Sarnased vead paneelides sai konkreetsete fotodega tehases seisvatest paneelidest ja kommentaaridega esitatud nii tellijale kui ka ehituse peatöövõtjale, k.a. tehasele endale.</p> <p>See on kahetsusväärne, et järelevalve ja ehitaja pole kokkulepetest kinni pidanud. Sellised paneelide vead ei vasta kindlasti projektis määratud kvaliteediklassile.</p>
4.	<p>Kui mõtlete soojustusele kleebitavat tellisplaati, siis need ei ole võrreldavad fassaadid ega tehnoloogiad. Üks on kivisein, teine „dekoratiivkrohv“.</p> <p>Olen käinud tutvumas Noblessneri elamute tellisplaatide kleepimisega. See on töömahukam, aeganõudvam ja garantii on olematu võrreldes raudbetoonist paneelidega.</p> <p>Arhitektil on „näiliselt“ rohkem võimalusi värvi ja tootja valikul, kuid tegelikkuses taandub kriitilise meelega kliendi ja vaatleja seisukohast ikkagi „tellismaja“ või „tehis-tellismaja“.</p> <p>Kohapeal laotud tellisvooder on loomulikult eelistatum. Selle puhul on võimalus valida rohkemate tellisemustrite vahel. Ladumine vs tehase tellisplaadiga paneeli valik sõltus Veerenni puhul ehituskiirusest ja ehituse ajast. 3-kordsete hoonete fassaadide ladumise optimaalsust kalkuleeris meeskond enne lõplikku põhiprojekti koostamist pikalt.</p>
5.	Hea näide on Stockmanni kaubamaja. Tehaseks oli E-Betoonelement.
6.	<p>Algne eesmärk oli luua nn etalon-kvartal, esindus-hoonestus, mida tuua näitena ülejäänud Veerenni arenduse kvaliteedistandardile.</p> <p>Minuni on hetkel jõudnud ainult kiitvaid ja positiivseid sõnu Veerenni I etapile. Võimalik, et tehase lasi teadlikult kvaliteedi madalamale, mida kõrgemale paneele toodeti, et maapealt inimesed ei märkaks. Negatiivseid kommentaare on tulnud näiteks korteri ostnud klientidelt.</p>
7.	<p>Vuukide mõõtmed on juba I etapist arhitektuuri joonistel paika pandud ja läbi arvatud, juhtnöörid antud. See, et tootejooniste koostamisel või tehases lahendamata on jäänud, on muidugi kahetsusväärne.</p> <p>Mõned I etapi vead said II etapis parandatud. Loodan, et tellija ja järelevalve kontrollisid elementide kvaliteeti pingsamalt, sest arhitektilt autori järelevalvet pole tellitud.</p>