



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Ehituse ja arhitektuuri instituut

EESTI BETOONÜHINGU JUHENDMATERJALI BÜ4:2022/2023 OBJEKTIPÕHINE ANALÜÜS

ON SITE ANALYSIS OF ESTONIAN CONCRETE ASSOCIATION GUIDANCE MATERIAL BÜ4:2022/2023

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Mart Siilsalu

Üliõpilaskood 165195EAEI

Juhendaja: Tanel Tuisk

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.

16. mai 2022

Autor: allkirjastatud digitaalselt
/ 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, Mart Siilsalu,

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose
Eesti Betooniühingu juhendmaterjali BÜ4:2022/2023 objektipõhine analüüs

mille juhendaja on Tanel Tuisk.

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.

_____ (kuupäev)

Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingu tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtajaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: **MART SIILSALU**

Üliõpilaskood **165195**

Õppekava: **EAEI02 Ehitiste projekteerimine ja ehitusjuhtimine**

Peeriala: Ehitusmajandus ja juhtimine

Lõputöö teema:

EESTI BETOONIÜHINGU JUHENDMATERJALI BÜ4:2022/2023 OBJEKTIPÕHINE ANALÜÜS

On site analysis of Estonian concrete association guidance material BÜ4:2022/2023

Juhendaja: **Tanel Tuisk**

tanel.tuisk@taltech.ee

Lõputöö konsultandid:

Tiitel või ametikoht, Ees- ja
Perekonnanimi

Kontakt (e-post või
telefon)

Allkiri ja kuupäev

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Analüüsida BÜ4:2022/2023 betoonpindadele esitatavaid nõudeid ja kontrollida nende vastavust objektipõhiselt

Töö keel: eesti keel

Lõputöö etapid ja ajakava:

Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1. BÜ4:2022/2023 ja teiste kirjandustega tutvumine	21.02.2022
2. Objektide valiku kinnitamine	01.03.2022
3. Objektide ülevaatused	01.04.2022
4. Tulemuste analüüs – lõputöö kirjutamine	01.05.2022
Kokkuvõtte eesti keeles	02.05.2022
Kokkuvõtte inglise keeles	02.05.2022

Lõputööde 95% ülevaatus, mille läbimine on kaitsmise eelduseks

04.05.2022

Esitlusmaterjalid kaitsmisel: A1 joonised

Kirjeldus	Tähtaeg
1
2
3
4
5

Lõputöö esitamise tähtaeg:

23. mai 2022

Lõputöö ülesanne välja antud: 14.03.2022

Juhendaja: Tanel Tuisk

Ülesande vastu võtnud: Mart Siilsalu

Avalikustamise
piirangu tingimused: puuduvad

SISUKORD

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks	3
EESSÕNA.....	7
TABELITE LOETELU	8
SISSEJUHATUS.....	9
1. TEOREETILINE OSA	10
1.1 Raketise mõju betooni pinnale.....	10
1.2 Betoonisegu omaduste mõju betooni pinnale.....	16
1.3 Ehitustehnoloogia mõju.....	19
2. OBJEKTIDE ANALÜÜS.....	22
2.1 BÜ4:2022/2023 kvaliteedinõuded.....	22
2.2 Objektianalüüsi meetod.....	26
2.3 Objekt A	29
2.4 Objekt B	40
2.5 Objekt C.....	51
2.6 Objekt D	63
3. SOOVITUSED JUHENDI KOOSTAMISEL	75
3.1 Pindade klassifitseerimine	75
KOKKUVÕTE.....	81
SUMMARY	83
KASUTATUD KIRJANDUS.....	85
LISAD	86

EESSÕNA

Käesoleva magistritöö „Eesti Betooniühingu juhendmaterjali BÜ4:2022/2023 objektipõhine analüüs“ eesmärk oli uurida betooni pindadele kehtivaid kvaliteedinõudeid objektipõhise analüüsi põhjal ning tulemuste põhjal teha järeldused juhendmaterjali praktilise kasutatavuse osas.

Lõputöö ülesande püstitas Tallinna Tehnikaülikooli, Ehituse ja arhitektuuri lektor ja Tallinna Sertifitseerimisasutuse juhataja, Tanel Tuisk, kes oli ka lõputöö juhendajaks. Autor soovib tänada kõiki isikuid ja ettevõtteid, kes aitasid lõputöö valmimisele kaasa mõõtevahenditega, avaldasid mõtteid, arvamusi ja toetasid kirjutamisel ja objektianalüüside läbiviimisel.

Lõputöö läbiviimisel koguti erinevatelt objektidel andmeid betoonpindade kvaliteedinäitajate osas ning analüüsiti nende vastavust projektis kehtestatud pinnaklassile ja juhendmaterjalis esitatud väärtuste suuruseid ning sobivust.

Võtmesõnad: betoon, pinna kvaliteet, kvaliteedinõuded, magistritöö

TABELITE LOETELU

Tabel 1.2.3.1 Räbütsementide heledusaste (0 = must; 100 = valge) [1]	18
Tabel 2.1.1.1 Kvaliteeditegurid [2].....	23
Tabel 2.1.1.2 Raketise vastu valatud pindade lubatud praod [2]	25
Tabel 2.3.1.1 Objekt A, post 1: Tarindi pinna kokkuvõte	30
Tabel 2.3.1.2 Objekt A, post 2: Tarindi pinna kokkuvõte	32
Tabel 2.3.2.1 Objekt A, sein 1: Tarindi pinna kokkuvõte.....	34
Tabel 2.3.2.2 Objekt A, sein 2: Tarindi pinna kokkuvõte.....	36
Tabel 2.3.3.1 Objekt A, lagi 1: Tarindi pinna kokkuvõte.....	37
Tabel 2.3.3.2 Objekt A, lagi 2: Tarindi pinna kokkuvõte.....	39
Tabel 2.4.1.1 Objekt B, post 1: Tarindi pinna kokkuvõte	41
Tabel 2.4.1.2 Objekt B, post 2: Tarindi pinna kokkuvõte	42
Tabel 2.4.2.1 Objekt B, sein 1: Tarindi pinna kokkuvõte	44
Tabel 2.4.2.2 Objekt B, sein 2: Tarindi pinna kokkuvõte	46
Tabel 2.4.3.1 Objekt B, lagi 1: Tarindi pinna kokkuvõte.....	48
Tabel 2.4.3.2 Objekt B, lagi 2: Tarindi pinna kokkuvõte.....	50
Tabel 2.5.1.1 Objekt C, post 1: Tarindi pinna kokkuvõte	52
Tabel 2.5.1.2 Objekt C, post 2: Tarindi pinna kokkuvõte	54
Tabel 2.5.2.1 Objekt C, sein 1: Tarindi pinna kokkuvõte	56
Tabel 2.5.2.2 Objekt C, sein 2: Tarindi pinna kokkuvõte.....	58
Tabel 2.5.3.1 Objekt C, lagi 1: Tarindi pinna kokkuvõte.....	60
Tabel 2.5.3.2 Objekt C, lagi 2: Tarindi pinna kokkuvõte.....	62
Tabel 2.6.1.1 Objekt D, post 1: Tarindi pinna kokkuvõte	64
Tabel 2.6.1.2 Objekt D, post 2: Tarindi pinna kokkuvõte	65
Tabel 2.6.2.1 Objekt D, sein 1: Tarindi pinna kokkuvõte	67
Tabel 2.6.2.2 Objekt D, sein 2: Tarindi pinna kokkuvõte	69
Tabel 2.6.3.1 Objekt D, lagi 1: Tarindi pinna kokkuvõte	71
Tabel 2.6.3.2 Objekt D, lagi 2: Tarindi pinna kokkuvõte	73

SISSEJUHATUS

Betoonkonstruktsioonide eksponeerimine tänapäevaste ehitusprojektide puhul on ehituses aina enam levinud ning seejuures pannakse arhitektide, projekterijate ja tellijate poolt oluliselt rohkem rõhku pindade väljanägemisele ning kvaliteedile. Paigal valatavate konstruktsioonide pindadele esitatavad nõuded ja väljanägemine peavad olema iga arhitektooniliselt olulise objekti puhul kindlalt määratletud, sest selle järgi saab tellija projekti tellida ning töövõtja vastavatele nõuetele ka ehitada. Eesti Vabariigis kehtivad monoliitsete betoonkonstruktsioonidega seotud standardites pole kirjeldatud pindadele esitatavaid kvaliteedinõudeid. Seega, tulenevalt reaalsest vajadusest on betoonkonstruktsioonide ehituse, kvaliteedi ja pinnaviimistluse jaoks määratletud nõuded Eesti Betooniühingu poolt loodud juhendmaterjalis BÜ4, mille esimene versioon valmis aastal 2010. Selle juhendmaterjali viidet on tihti näha erinevate projektide seletuskirjas ja jooniste märkuste juures. Ainsa materjalina on selle sisu väga oluline ning mitmete osapoolte töö sõltub sellest.

BÜ4 väljaandmisest alates on betoonkonstruktsioonide ehitamise valdkond edasiarenenud nii raketise, betoonitootjate, paigalduse ning valamise tehnoloogia kui ka järeltöötlemise valdkonnas ja seetõttu on Eesti Betooniühing otsustanud teha BÜ4 materjalile värskenduse. Hetkel valmivas BÜ4:2022/2023 juhendmaterjalis on eelkõige rõhku pandud 2010. aastal välja antud materjali ning kvaliteedinõuete korrigeerimisele, arvestades sealjuures tänapäevaste võimalustega kuid siiski lisatakse uusi asju. Näiteks on lisatud peatükk ka ehitusjuhtimise punkti näol, mis sisaldab endas nii tellijale, peatöövõtjale kui ka töövõtjale nõuandeid, märkusi ja juhised.

Betoonkonstruktsioonide väljanägemise nõuded on muutunud projektides täpsemaks, tellijad ja arhitektid on teadlikumad ja nõudlikumad ning töövõtja kohustuseks on jäänud antud nõuete täitmine ja nendele vastavate betoonkonstruktsioonide ehitamine. Sageli on töövõtja teatud tööde puhul tellijal erimeelsused või -soovid ning hetkel kehtivas BÜ4-s toodud nõuetele viidates, või vajalike nõuete puudumisel, läheb osapoolte vaheliseks vaidluseks. Palju on määratlemata praktikas tulenevaid nõudeid ning kahetisi mõistetavaid väärtusi.

Käesoleva magistritöö eesmärk on jõuda selgusele, kas täiendus Eesti Betooniühingu BÜ4 juhendmaterjalile on asjakohane ning ka reaalselt vajalik, analüüsides reaalselt pindade põhjal uue BÜ4:2022/2023 nõudeid just ehitaja võtmes. Magistritöös on analüüsitud erinevate betoonitarnijate betoonide eri klasside ja ehitiste erinevaid konstruktsioone.

1. TEOREETILINE OSA

Eesti Betooniühingu poolt paigalvalatavate betoonpindade jaoks klassifitseeritavad kvaliteedinõuded BÜ4:2010 juhendi järgi on betooni pinnal olevad mügarikud, süvendid, astmelisus, valupurse või valuhaav, poorsus, valuvead, värvitooni erinevus ning pinna kõverus ja lainelisus [1]. Neile kehtestatud nõuete rangusest oleneb pinnakvaliteedile omistatav klass, mis siimaani on jagunenud nelja kategooriasse: AA, A, B, C. BÜ4:2022/2023 juhendmaterjali uues variandis on AA klassi nõuded jäetud arhitekti otsustada, mis tähendab, et otseselt ühtegi arvvaartust pole antud ning C klass on asendatud klassifitseerimata pinnaga, mille piiranguteks on standardis esitatud geomeetrilised nõuded. Sellest tulenevalt jäävad lõputöö analüüsitavasse mahtu peamiselt A ja B klassi pinnad ning nendele esitatavad nõuded. Eelnimetatud pindade klassid on kehtivad kõikidele betoonpindadele välja arvatud betoonpõrandate ja -vahelagede pealispind (selle kohta eraldi juhendmaterjal „BÜ7: Betoonpõrandad“).

Betoonkonstruktsiooni lõplik pinnakvaliteet sõltub siiski mitmest tegurist - betoonisegu, betoneerimise tehnoloogia, ilmastikuolud, valitud raketise liik, defektid ning selle paigaldamise tehnoloogia. Oluline on mõista nende tegurite omavahelisi mõjusid lõplikule tulemusele ning leida osapoolte vahelised kokkulepped nõutud pindade saavutamiseks. Selles peatükis on välja toodud erinevad betoonkonstruktsioonide betoneerimisel mõjutavate osade selgitused ning kirjeldus.

1.1 Raketise mõju betooni pinnale

Paratamatult olulisimad betooni pinnakvaliteeti mõjutavad tegurid on seotud raketisega – raketise pinna materjal ja selle kvaliteet, tasasus ning raketise paigalduse tehnoloogia (paigaldus, raketiseõli kasutus jne). Raketise puhul on oluline teada ning jälgida korrektset paigaldus- ja kasutustehnoloogiat. Ehitustehnoloogiast ning betooni konsistentsist tulenevalt peab enamuse betoonkonstruktsioonidest valama siiski kasutades mingit raketise varianti ja seega on peaaegu igasuguse raketise vastu valatud betooni kohta projektis ette antud nõutud pinna kvaliteediklass. See kvaliteediklass kehtestab piirangud raketise valikule kuid ka seab mingi arusaama töövõtjale, et mis kvaliteediga on vaja antud tarindi puhul töid teostada.

Klassi ning kõikvõimalike lisanõuete järgi valitakse raketisesüsteem ning vajadusel tehakse ka tarnija poolt raketise projekt. Selle järgi hakatakse betoonkonstruktsioone ehitama. Raketise valikul on oluline arvestada erinevate raketisetüüpide konstruktsioonidest tulenevate piirangutega – nt. metallraamiga raketiste serva jälg

betooni pinnal ning seega ka kilpide muster, mõne raketisetüübi konstruktsiooni geomeetrilised piirangud, valatava konstruktsiooni mahust tulenevad piirangud. Selliseid küsimusi aitab tihti lahendada raketise projekteerija või -tarnija. Nõudlikute betoonkonstruktsioonide valamisel on olulised ka ehitaja oskused ja teadmised betooni valdkonnas.

1.1.1 Raamraketis

Lihtsaim, kiireim ja mugavaim lahendus sirgete ja vertikaalsete tarindite betoneerimisel on raamraketise ehk kilprakete kasutamine. Raketise kilpe toodetakse erinevate tootjate süsteemidele vastavalt erinevates suurustes, mis annab võimaluse elementidest kokku panna raketist vastavalt vajadusele. Kilprakete koosneb tugevast ja raskest metallraamist kuhu külge on kinnitatud vineeritahvel. Tavaliselt on tegemist 18/21 mm paksuse filmivineeriga, mida vahetatakse või parandatakse (nt. korkidega) raketise tarnija poolt vastavalt vajadusel. Samas kasutatakse ka plastkattega vineeri, mis on vähem niiskust imavam kuid on tundlikum kahjustustele ja kallim vahetada. Kilbid ühendatakse omavahel klambritega ning tihtipeale on see töö vajalik vaid esmasel laotise kokkupanemisel. Sarnaste konstruktsioonide edasisel betoneerimisel saab kokkupanduna ümber tõsta suuremat kilpi, mis tagab pikapeale ka märgatava ajavõidu. Ühe sama raketisesüsteemiga saab valada nii seinu, šahte, kandilisi poste kui ka näiteks vundamente. Kasutades aga liigendiga vahelülisid kilpidega koos, on võimalik teha lisaks täisnurkadele ka erinevaid terav- ja nürinurkasid vastavalt vajadusele.

Tarindite betoneerimisel raamraketisega on oluline mõista, et pinnale jäävad tugevalt näha metallraami jälg ja ühenduskohtade ebatasasused, pinnamaterjali vigastuste/paranduste kohad ja tõmbide augud (mis täidetakse/viimistletakse vastavalt järeltööde plaanile). Lisaks raami konstruktsioonist tulenevatele ebatasasustele on võimalikud ka raketise valesti paigaldamisest tekkivad probleemid – näiteks raketise ebapiisav jäigastamine suurte tarindimahtude puhul võib raketis betoonisegu surve deformeeruda või paigast liikuda ning muuta tarindi geometriat või pinna taset ja suurendada ka ühenduskohtades hammastuse teket. Raketise paigaldusest tekkivaid probleeme on võimalik betoneerimise eelse kontrolliga vastutava isiku poolt vältida (toed, kinnitused ning ühendused). Raketise konstruktsiooni ebatasasusest tulenevaid pinna klassi mõjutajaid saab ka vajadusel parandada – variant on kokkupanud kilpide laotis üle lüüa uute vineeritahvlitega, mis katavad ära vana vineeri

parandused/kahjustused ning raketise metallraami ja ühenduskohad. Samas tuleb jälgida vineeride paigaldusmustrit, et arhitektooniliselt vastaks pind nõuetele.

1.1.2 Kergkilpraketis

Sarnaselt raamraketisele koosneb kergkilpraketis metall- või alumiiniumraamist ning vineerist või plastikust pinnamaterjalist. Erinevus seisneb moodulite suuruses ja paigalduses. Kuna kilbid on väikesed ja kerged, siis on neid võimalik käsitsi paika. See aga teeb tehnoloogiliselt paigalduse kergemaks, sest pole vaja tõstetehnikat. Samas on väikeste moodulite variant betooni pinnale kehvem kuna raamijälgesid on oluliselt tihedamalt. Seega kasutatakse kergkilpe selliste konstruktsioonide valamisel, kus pinnakvaliteedile pole eriti kõrgeid nõudeid esitatud – vundamentide küljeraketis, viimistletavad seinad või tugimüürid/äärekiivid.

Kergkilpide paigaldusel on oluline ka jälgida kilpide jäigastamist, kinnitamist ja omavahelist ühendamist, sest väga palju on kohti, mis võivad mõjutada betooni pinna väljanägemist. Selle pärast kõrgete nõuetega betoonpindade valamisel välditakse kergkilpraketist, kuna kaasnevaid töid pinnakvaliteedi parendamiseks on liiga palju ja kogu töö muutub ajamahukamaks ja kallimaks.

1.1.3 Tüüptala-seinaraketis

Tüüptala raketis on kasutatav eriti kõrgete nõuetega või keerukate tarindite betoneerimise puhul. Oma konstruktsioonilt on ta küllaltki lihtne – koosneb see kas puit- või metalltaladest ning pinnamaterjali (peamiselt vineer kuid võimalik kasutada mis iganes varianti). Saematerjalist on võimalik teha lahendusi iga tarindi jaoks ning tõmbe, vuuke ja kinnitusi saab valida vastavalt vajadusele. Tarindite keerukusest ja nõuetest tuleneb ka pinnamaterjali kasutuskordade arv, mis võib muuta sellise raketise kasutamise tunduvalt kulukamaks võrreldes valmis raketisega.

Raketise ehituseks on vajalik nii kogunud ja oskuslik ehitajate meeskond kui ka läbimõeldud raketise plaan. Pinnakvaliteeti mõjutavad nii esmane raketise kokkupanek, paigaldus, betoneerimine kui ka lahtirakestamine. Peamiselt kasutatakse sellist raketisesüsteemi nõudlike seinte, keeruliste geomeetriliste tarindite (kaarseinad vms), roniraketise juures või koorikute betoneerimisel kus on oluline arhitektooniline väljanägemine.

1.1.4 Postiraketis

Postide betoneerimiseks valitav raketis sõltub posti ristlõikest – kas ristkülik või ümar. Kandiliste või hulknurksete postide puhul on praktiline kasutada kas tüüptala puitraketist või siis peamiselt raamraketist, mis on kõige levinum varianti sellistel puhkudel. Raamraketisega saab valada peaaegu igasugused poste – tõmbidega on võimalik suurendada ristlõikeid ning piisava kinnituse ja toetusega saab ka väga kõrgeid poste valada. Raamraketise juures kasutatakse ka faasiliiste, mis annavad nurkadele korrektse väljanägemise. Raketise külge on võimalik lisada ka pinnamaterjali, mis annab tekstuures pinnaviimistluse (nt. laudis).

Ümarpostide puhul on võimalusi rohkem – terasest, saematerjalist, papist või kiudplastist raketis. Tulenevalt nõutavast pinnakvaliteedist valitakse ka raketise tüüp ning kasutuskordade arv. Viimane neist sõltub olulisel määral materjalist – näiteks papist raketis on peamiselt ühekordseks kasutamiseks samas kui teraskilbi kasutuskordade arv on peaaegu piiramatult. Ümarpostide raketisel tuleb hoolikalt jälgida paigalduse täpsust, sest kahe poolkaare kinnitamisel võib hammastus ja vuugi puhtus rikkuda vuugi väljanägemise. Kergelt deformeervivate raketiste puhul on oluline jälgida ka ristlõike stabiilsust, sest vastasel juhul tekivad probleemid ka posti geomeetrilise vastavusega, mitte ainult pinnakvaliteediga.

1.1.5 Kaarraketised

Erinevate kaarte betoneerimine on tihti lahendatud hulknurkse konstruktsiooni betoneerimisega. Selleks saab kasutada igasugust raamraketise süsteemi erineva pinnamaterjaliga. Kaare kuju saab tagada nii puidust vahetükkidega kui ka raketisesüsteemi vastava liigend-kilbiga. Kui hulknurkne ei sobi, siis ideaalselt kumeraid raketisi saab valmistada nii tüüp-talaraketisena kui ka spindlitest kaarraketisega, millega on võimalik ise määrata geomeetria. Spindlitega raketist kasutatakse üldjuhul harva ning selle kasutamine nõuab ka projektijärgse tarindi geomeetria sobivust (raadius, kõrgus).

Kaarraketise kasutamisel mõjutavad pinda nii vineeri kvaliteet kui ka vineeri paigaldus. Talaraketise puhul on oluline jälgida vineeritahvlite omavahelisi ühendusi ja laotist. Kaarraketise ehitamine ja paigaldus on ka aeganõudev töö ja vajab hoolikat teostust.

1.1.6 Kohapeal valmistatud puitraketised

Tulenevalt konstruktsiooni geomeetriast võivad olla puitraketisest tehtud raketisesüsteemid keerukad, aeganõudvad ning materjal ühekordse kasutusega. Sellist raketist kasutatakse tihti raamraketise süsteemidega koos (astmed jms) või täiesti iseseisvalt. Kasutades seda koos raketisesüsteemidega on võimalik ehitada erimõõtudes tarindeid ning vajadusel ka eri kvaliteedis pindasid. Lisaks saab puitraketisega ehitada keerukaid geomeetrilisi tarindeid, mida ei saa tavaliste raketisesüsteemidega lahendada. See aga võtab omakorda aega ning vajab rohkem ehitusmaterjali, sest enamasti sama raketist on keeruline sobitada teistsuguse geomeetriaga tarindi betoneerimiseks.

Puitraketisega valatud pinna viimistlus sõltub nii materjali kvaliteedist kui ka ehitajate oskustest. Kvaliteetse materjali ja oskusliku brigaadiga on võimalik ehitada väga kõrge kvaliteediga betoonkonstruktsioone kuid samas ka lihtsaid, ilma eriliste nõueteta tugiraketisi (nt. vundamendid).

1.1.7 Tüüptala-laeraketis

Olemuselt on tüüptala-laeraketis lihtne, praktiline ning paindlik vahend horisontaalsete pindade (vahelaed, katused) betoneerimisel. Sellega on võimalik valada erinevaid kalletega või tasaseid pindasid kui ka integreerida vahelae juurde kapiteele, paksendusi ning talasid. Tulenevalt tarindi pinnakvaliteedi klassist valitakse nii paigalduse viis kui ka pinnamaterjal. Talaraketise puhul on enamus pinnakvaliteeti mõjutavatest teguritest raketise ehitustehnoloogiaga seotud – pinnakvaliteeti ja väljanägemist mõjutab oluliselt vineeritahvlite omavaheline paigutus ja ka tahvlite kuju, millest tulenevad hambad, valuhaavad ning üldine visuaalne pilt vahelaele. Lae betoneerimisel on oluline ka serva raketis ja toetus, mis küll väljanägemist enamasti ei mõjuta (v.a servade terviklikkus) kuid pigem geomeetriat, millega võib tekkida palju probleeme (fassaadi kinnitus, seinte ehitus).

1.1.8 Kilp-laeraketis

Alumiiniumist raamiga laeraketise süsteem on tänapäeva ehituses kiireim variant lihtsa geomeetriaga ristküliku kujulise vahelae kokkupanemisel. Erinevalt tüüpala raketisest paigaldatakse seda alumiselt tasapinnalt ning valmis raketisesüsteemi osad ühilduvad omavahel lihtsalt ning iga raketise paigaldaja on võimeline süsteemi kergelt selgeks õppima. Lisaks oma kiirele ülespanekule on kilpraketise puhul ka alla võtmine kiirem. Alguses paigaldatud tugipostid on võimalik jätta järeltoetusena üles ja seega ei pea tegema topelt tööd (tüüpala raketisel peab peale raketise eemaldamist postid tagasi panema). Kuigi kilpraketise pinnakvaliteet sõltub enamasti vineeritahvlite kvaliteedist ja seisukorrast on oluline määrata ka raketisesüsteemi kokkupanek ja seisukord. Kummist tihendite ja metallist osade vahele jäävad enamasti hambad ja ebatasasused, mida ei saa vältida. Kasutatud raketise puhul on pinna kvaliteet kindlast halvem ning sellega tuleb arvestada lae pinna eksponeerimisel (enamasti kaetakse ripplaega). Iga järgneva kasutuskorra puhul mõjutavad raketise kokkupanekut ka eelnev puhastamine, õlitamine ja vineeri seisukord (puuritud avad, kahjustused, betooni jäägid).

1.1.9 Lavaraketis

Lavaraketis on oma loomult tüüpala-laeraketis kuid laotis on jagatud osadeks (tavaliselt vineeritahvlite suuruse järgi), mida on kiirem ning lihtsam ümber paigutada järgmisele korrusele või lae osale. Pinnamaterjal valitakse soovitud kasutuskordade järgi ning vajadusel (vigastused) vahetatakse tsüklite vahel. Lavadega betoneerimisel tuleb jälgida vineeride ühenduskohti ja lavade vahedesse lisatud tükke ning mustrit. Keeruline on teha kalletega pindasid, mis tähendab, et lavade kasutus on peamiselt ühtlaste mitmekordsete post-plaat karkassiga hoonete puhul levinud. Lavaraketise montaaž ja demontaaž on ajakulukam ning eeldab kraanaga ligipääsu korrusele külgedelt ja sealhulgas hoolikat paigaldusjärjestuse planeerimist.

Pinnakvaliteet sõltub lavaraketise puhul nii betoneerimise kordadest kui ka ehitajate brigaadi kogemusest ja hoolekusest. Peale igat betoneerimist saab pinnamaterjal mingil määral kahjustada ja seega ka pinna kvaliteet halveneb osaliselt. Lavaraketist kasutatakse enamasti sel juhul kui betoon pole eksponeeritav ning lavade mitmekordsest kasutamisest tingitud jälgi ja hambaid ja vuuke ei jää näha. Variandina saab lavade vineere vajadusel vahetada nii osaliselt kui kogu mahus kuid see on väga ajakulukas ja kallis.

1.2 Betoonisegu omaduste mõju betooni pinnale

Eksponeeritava pinna väljanägemist mõjutavad lisaks raketisele ka betoonisegu koostis, kasutatavad komponendid ning segu omadused. Olulisemad mõjutajad on tsement, täitematerjali peenusmoodul (nt. liiva puhul mõjutab veehoidvust ja kleepuvust), lisandite tüüp (plastifikaatori või õhumanustaja mõju), betoonisegu konsistents ja õhusisaldus. Järgnevas peatükis on kirjeldatud eelnimetatud osade mõjusid, millega tuleks arvestada betoneerimisel ja kuidas mingi osa mõjutab lõpliku betooni pinda.

Betoonisegu omadused on tänapäeva lahenduste juures üsna täpselt teada ja betooni tarnijad suudavad vastavalt vajadusele teha sarnase koostisega betooni kuid tuleb siiski arvestada, et väike erinevus võib olla ka iga segurauto vahel. Eriti tuleb sellega arvestada puhasvalubetooni puhul ja tehasega koostöös leida parim lahendus lõpliku koostise osas. Võimalusel saab teha näidised ja proove, millega saab katsetada enne lõpliku konstruktsiooni valmistamist, sest nii on odavam ja keskkonnasõbralikum.

1.2.1 Konsistents

Betooni valamisel ja vibreerimisel on oluline betoonisegu konsistents, mis mõjutab üldist pinna väljanägemist. Betoonisegu konsistentsi ehk töödeldavust hinnatakse betooni koonuse vajumi järgi [1]:

- S1 - 10-40 mm
- S2 - 50-90 mm
- S3 - 100-150 mm
- S4 - 160-210 mm
- S5 - >220 mm

Selle järgi tellitakse ka tarnija käest objektile betooni ning vastavalt tarindile (laius, kõrgus, armatuuri tihedus) ka betoonisegu töödeldavuse aste. Näiteks vundamentide betoneerimisel kasutatakse tavaliselt S3 klassi, sest see on tavaliselt odavam ning vundamendi puhul pole oluline ei pinna kvaliteet ega valu jäljed. S3 pole liiga vedel ja vundamendi raketise vahedest see välja tulema ei hakka. Seevastu seinte ja postide puhul alla S4 klassi ei kasutata, sest betoneerimisel on oluliselt mugavam kasutada vedelamat betooni, mis ise valgub armatuuri vahel ja jääb lõpuks ka visuaalselt parem.

Samas tuleb arvestada, et raketise avad ning alumine serv tuleb korralikult sulgeda, vältimaks betoonisegu välja voolamist ning vuukide vahele minemist. Ka põrandate ja lagede puhul kasutatakse tihti betooni alates S4 vajumist, sest see kiirendab oluliselt betoneerimise protsessi (valgub paremini armatuuri vahel ja pinnase peal ja latiga pinna tasandamine on kergem).

Betoonisegu konsistentsist sõltuvad pinna väljanägemise mõistes kihtide-vahelised jooned, osaliselt poorsus, hõrevalu teke ning ka mahukahanemise praod. Betoneerimise ajal kihistumine on suur probleem puhasvalu seinte valamisel ning eriti sooja temperatuuri puhul. Sooja ilmaga betoon hakkab tarduma kiiremini ja nt seinaga puhul esimene valatud meeter tihtipeale tardub liiga kiiresti ja teise kihi peale valamisel ei ole võimalik kahte kihti omavahel piisavalt ühtlaseks vibreerida ning betooni pinnale jääb valu joon, mis on tumedam ja selgelt eristab kahte valu kihti.

Betoonisegu konsistents mõjutab ka poorsust, sest vedelama betooni puhul on betoonis rohkem õhku, mis võivad poore tekitada. Samas vedelama betooni korral on seda õhku lihtsam ka välja vibreerida ja betooni pind jääb siiski ühtlasem ja vähesemate pooridega.

Hõrevalu kujutab endast liiga vähe vibreeritud tarindi osa, kus betooni pinnale jääv osa on peamiselt vaid jämetäitematerjal ning peenosid pole piisavalt läbi vibreeritud, et tagada ühtlane ja sile betooni pind. Selle vältimiseks kasutatakse vedelamat betoonisegu, mis voolab paremini armatuur ja nurkade taha ja nõuab ka osaliselt vähem vibreerimist. Hõrevalu pind ei ole aktsepteeritav ning näitab pigem betoneerimise tehnoloogia mittetundmist ja tuleks alati parandada kus see nähtavale jääb.

Praod on samuti osaliselt sõltuvad betoonisegu konsistentsist ja peamiselt vajumist tulenev. Vedelam betoonisegu on oma loomult suurema vesi-tsementteguriga, mis tähendab, et mahukahanemisest tingitud praod on ka tõenäolisemad. Konstruktiivsed praod avanemised ei ole küll seotud ei betoonisegu ega ehitustehnoloogiaga kuid on siiski osa betooni pinnast ja seega tuleb nende võimaliku tekkega arvestada juba projekteerimise faasis. Lisaks mõjutab vesi-tsementtegur betooni pinna toonierinevust (v.t peatükk 1.2.3).

1.2.2 Õhk

Õhusisaldus betoonis mõjutab kahte betooni omadust: külmakindlus ning vähesel määral ka töödeldavust [3]. Betoonisegus olevad õhumullid (pindpinevusest tekkivad manustatud õhk ja segamisel tekkiva kaasatud õhu näol) on peamine põhjus pooride tekkeks. Ebapiisava või vale vibreerimise korral jäävad betoonis olevad õhumullid raketise ja betooni vahelisele pinnale ning betooni kivinemisel jäävad vastavate kohtade peale erisuuruses poorid.

Enamik pooridest kivinenud betooni pinnal olevad kaasatud õhu poorid on väga väikesed ning nende kontsentratsioon pinna peal varieerub. Siiski jäävad pinnale ka suuremad poorid (betoonivalust tekkivad) ja üksikutes defektsetes kohtades võivad poorid olla ka mitme sentimeetri suurused.

1.2.3 Tsement

Betooni sideainena mängib tsement olulist rolli betooni tugevuse saavutamisel kuid oma tüübist ja ka kogusest tulenevalt mõjutab tsement betooni pinna väljanägemist ja poore ning pragusid. Betooni pindmine kiht, mis moodustub raketise vastu, koosneb peamiselt tsemendist ja veest [3]. Selle väljanägemine sõltub oluliselt tsemendi koostisest ja tüübist, sest sellest oleneb pinna värvus ja toon. Koguseliselt, mida väiksem on vesitsementtegur, seda tumedam jääb betooni lõplik pind [1]. Osad tsemenditüübid on heledamad ja osad tumedamad (Tabel 1.2.3.1). AS Kunda Nordic Tsement komposiitsemendist valmistatud betoon on tuhasisalduse tõttu roosaka varjundiga.

Tabel 1.2.3.1 Räbutsementide heledusaste (0 = must; 100 = valge) [1]

Sideaine	Heledusaste
Valge tsement	75...80
Spetsiaalselt jahvatatud kõrgahjuräbu	42...46
Kiirkivinev tsement	25...33
Portlandtsement	24...30

Tarindi pinnale moodustuv tsemendipastast pind on tavaliselt ühtlase pinnaga (v.a poorid) ning oma värvitoonist sõltuvalt on see üks olulisemaid visuaalseid värvitooni mõjutajaid pinnal. Betooni pinna värvierinevusest sõltub nii üldine värvitoon kui ka lokaalsed pinna värvi erinevused (nt. valu jäljed). Tsemendist tulenevad värvitooni erinevused tuleb kooskõlastada tarnijaga enne puhasvalu pindande betoneerimist.

1.3 Ehitustehnoloogia mõju

Üks olulisemaid mõjutajaid betooni pinna väljanägemise osas on tarindite betoneerimise tehnoloogia. Olulised on nii ilmastik, raketise paigaldus kui ka betoonisegu töötlemine (peamiselt vibreerimine). Ehitustehnoloogia mõju on tugevas seoses projektis kehtestatud pinna kvaliteediklassiga, sest selle järgi ehitaja valib oma raketise, töövõtted ning üldise meelestatuse. Kõrgemate nõuete korral kulub küll rohkem aega kuid samas on ehitaja orienteeritud tunduvalt parema kvaliteediga ehitamise suunas ja sellest saab alguse kogu betoonitööde kvaliteet.

1.3.1 Temperatuur

Ilmastikust sõltub betoonitööde puhul pinna kvaliteet olulisel määral temperatuurist. Madala temperatuuri puhul on raketis külm – tekivad poorid, valujooned ja -jäljed ning on oht betooni külmumisele. Sooja ilma puhul tardub betoon kiirelt ja samuti tekivad valujooned ning kiirest niiskuse eraldumisest praod. Soojus mõjutab ka betooni pinnale jäävaid betoneerimise aegseid jälgi (nt. pumbaga valamise jälg raketisel) ning see omakorda mõjutab pinna üldist väljanägemist. Olulisem määraja betoonitööde puhul on raketise ja betoonisegu temperatuur, mida tagatakse raketise betoneerimiseelse soojendamise ja tarnija poolse sooja betooniseguga. See mõjutab külmumiskindlust, et saaks betoneerida ka miinuskraadide puhul.

Külma temperatuuri puhul on oluliselt aeglasem lahtirakestamise tempo, sest betoonisegu kivilinemine võtab rohkem aega (miinuskraadidel kivilinemine üldse seiskub). Kütetraadi või soojendamise kasutamisel saab külma mõju leevendada ja kivilinemine toimub küll kiiremini kuid siiski tuleb jälgida konstruktsiooni tugevust – sellest sõltub lahtirakestamine ja järgnev koormamine uute konstruktsioonide ehitamisel. Külma ilma puhul tuleb eriti hoolikas olla raketise eelsoojendamisel, sest külm kilp jahutab ka sooja betoonisegu kiirelt maha ja poorid ning läbikülmumine on väga tõenäolised tekkima.

1.3.2 Kivinemistingimused

Ilmastikust sõltuvad ka kivinemistingimused ning sellest tulenevad probleemid – pragunemine, mahukahnemine, värvitooni muutus. Betooni kivinemisel on oluline jälgida vajalike kivinemistingimuste vastavus, mis tähendab, et ei oleks ekstreemseid tuule-, temperatuuri- või sademete tingimusi. Pinna väljanägemisel mõjutavad eelnimetatud tegurid nii pragusid, poore, kihistumist kui ka värvust.

Pragunemine on peamine probleem, mis seotud kivinemistingimustega. See sõltub nii niiskusest, kõrgest temperatuurist, otsesest päikesepaistest ja ka tuulest [4]. Niiskusest tekkivad praod tulenevad nii liigsest lisatud veest kui ka kuuma ilma puhul kondenseeruvast veest. Kõrge temperatuuri puhul on ka tarindi vee väljaaurustumine kiirem, mis tähendab võimalike pragude teket. Päikesepaiste soojendab veelgi enam raketise pinda ja kõrge temperatuuri korral mõjutab see veelgi enam niiskusesisaldust ning -eemaldumist. Tuul ning selle tugevus mõjutab betooni pinda peamiselt peale lahtirakestamist ning see kuivatab pinnalt niiskuse välja. Viimase vältimiseks kaetakse nt betoonpostide pind kilega, et vältida tuule mõju.

1.3.3 Raketise ühendused ja -õli

Tarindi geomeetria olulisim mõjutaja on raketise kuju, paigaldus, ühenduste tihedus ning fikseerimine. Iga raketisetüübi puhul mängib rolli selle paigalduse täpsus ning meeskonna kogemus, mis mõjutab nii hammastust kui ka lainelisust ja valuhaavasid. Raketisekilpide ühendamisel on oluline jälgida klambrite kinnitust, sest see mõjutab konkreetselt hammaste teket ning nende hilisem likvideerimine ei ole peaaegu võimalik – ebatasasused ning värvierinevused jäävad kindlasti. Erinevate raketisetüüpide paigaldusel ja ehitusel tuleb järgida tehnoloogiast tulenevad nõudeid, et saaks pinna võimalikult kvaliteetse ja BÜ4 klassifitseerimise nõuetele vastavaks.

Peale raketise materjali on oluline ka raketise õli, mis vähendab betooni naket, kaitseb keskkonnamõjude (temperatuurikõikumised, niiskus, tolm), vananemise ja korrosiooni eest [5]. Raketiseõli eesmärk on vähendada raketise pinnamaterjali veeimavust ja seega hoitakse ära nii betooni pinna kui ka raketise pinna materjali kahjustumine lahtirakestamisel [1].

Raketiseõli kasutamine tuleb praktikas läbi katsetada ning õli valik sõltub suuresti temperatuurist, raketise materjalist, valatavast konstruktsioonist ning soovitud

kvaliteedist. Peale selle on oluline raketiseõli paigaldus raketise pinnale – kas paigaldatakse pritsi või rulliga, kas tõmmatakse liigne kiht ära või jäetakse alles. See mõjutab raketiseõli käitumist betoneerimise ajal ja liigne (ning ka ebaühtlaselt paigaldatud) õlikiht võib jätta raketise pinnale tumedad jäljed, mille eemaldamine või parandamine pärast on väga tülikas, aeganõudev ja kallis. Peamiselt tekivad sellised kohad nurkade juures või suurte raketiste laotiste pindade peal.

1.3.4 Betooni tihendamine

Betoonisegu töötlemisel on üks olulisemaid mõjutajaid vibreerimine. Raketisse valamise järel tuleb betooni vibreerida vastavalt tarindi mõõtmetele ning segu konsistentsile – vedelam segu ja laiem konstruktsioon vajab vähem vibreerimist, samas kui kitsam konstruktsioon nõuab armatuuri tihedusest tulenevalt rohkemat vibreerimist. Vibreerimisest on otseselt sõltuvad ka hõrevalu mittevastavused betooni pinnal, mis tekivad kui näiteks armatuur on liiga tihe ja vibronui ei mahu vahele või siis kui betoonisegu konsistents on liiga paks ja armatuuri vahel vibreerimine ei tasanda betoonisegu piisavalt.

Vähese vibreerimise probleemidega samaväärsed on ka ülevibreerimise mõjud. Kui raketises olevat betoonisegu liiga kaua või liiga tiheda intervalliga vibreerida, võib juhtuda, et liigse vibreerimise tõttu peentäitematerjal settib ja tsemendipasta kontsentreerub betooni pinnale [4]. See omakorda muudab betooni pinna visuaalselt halvemaks ning muudab ka betoonisegu homogeensust tarindi piires, mis võib mõjutada lõpuks peale pinna väljanägemise ka konstruktsiooni tugevusnäitajaid.

2. OBJEKTIDE ANALÜÜS

BÜ4:2022/2023 juhendmaterjali olemusest tulenevalt on tema olulisim väärtus praktiline kasutatavus ehitusobjektidel kus tehakse monoliitset betoonist eksponeeritavaid tarindeid. Kõik analüüsitavad pinnakvaliteedi nõuded, selgitavad graafikud jms on võetud BÜ4:2022/2023 töös olevast juhendmaterjalist 22.03.2021 kuupäeva seisuga.

2.1 BÜ4:2022/2023 kvaliteedinõuded

BÜ4:2010 juhendmaterjalis esitatud kvaliteedinõuete tabelit on osaliselt täiendatud BÜ4:2022/2023 variandis. Arvesse on võetud nii raamraketise raami jälje kui ka raketise vahetükkide jälgede nõuded ning lisaks ka laudpinna astmelisust. Lisatud on nõuetele vastava pinna osakaal, mida varasemas variandis polnud. Need nõuded, mis olid varem olemas, jäid enamasti samade väärtuste juurde. Pinna tasasuse osas muudeti väärtused 1,5-meetrise ala pealt 2,0-meetrise ala peale ja seega suurendati ka lubatud hälvete väärtuseid.

2.1.1 Betoonpinna kvaliteedinõuded

Monoliitsete betoonkonstruktsioonide pindade kvaliteeditegurid on toodud tabelis 2.1.1.1.

Tabel 2.1.1.1 Kvaliteeditegurid [2]

Kvaliteeditegurid		Nõuded			
		AA	A	B	Klassifitseerimata
Pinna osakaal, mis peab vastama esitatud nõuetele	%	95	95	95	-
Mügar: - suurim kõrgus, h - suurim laius - alates kõrgusest - suurim arv	mm mm tk/m ²	Arhitektil tuleb üksikasjalikult kirjeldada nõudeid betooni pinnale ning vajadusel esitada võimalikult detailne töökirjeldus soovitud tulemuse saavutamiseks	3 9 h ≥ 2 mm 20	6 20 h ≥ 4 mm 40	Betoontarindi geomeetrilised tolerantsid vastavalt EN:13670
Süvend: - suurim sügavus, h - suurim laius - alates sügavusest - suurim arv	mm mm tk/m ²		4 9 h ≥ 2 mm 20	7 15 h ≥ 4 mm 40	
Vertikaalselt valatud pindade poorid: - suurim läbimõõt ja sügavus - suurim üldkogus (arv: loetakse ainult >5mm poore)	alates mm mm tk/m ²		∅≥5 10 60	∅≥5 12 100	
Raami jälg: - suurim laius - suurim sügavus	mm mm		25 3	25 3	
Astmelisis raamraketise kilpidel	mm		2	4	
Astmelisis raamraketise vahetükkidel	mm		3	6	
Raketisevuugis vee ja peenosakeste läbijooks (valuhaav): - suurim kõrgus või sügavus - suurim laius - suurim arv (puudutab ka parandatud vuuki)	mm mm % raketisevuukide pikkusest		3 5 20	5 10 30	
Laudpinna laudade astmelisis	mm		3	6	

Kvaliteeditegurid		Nõuded			Klassifitseerimata
		AA	A	B	
Horisontaalselt valatud pindade poorid: - suurim läbimõõt ja sügavus - suurim üldkogus	alates mm		$\emptyset \geq 5$	$\emptyset \geq 5$	
	mm tk/m ²		8 40	10 80	
Horisontaalselt valatud pindade astmelisus	mm		3	6	
Horisontaalselt valatud pindade valuviga (tuleb alati parandada): - suurim suurus - suurim arv	m ² tk/100 m ²	Arhitekti hinnang	0,1 1	0,3 2	
	Vertikaalselt valatud pindade valuviga/hõrevalu (tuleb alati parandada): - suurim suurus - suurim arv	m ² tk/100 m ²	Arhitekti hinnang	0,1 1	
Pinna kõverus ja lainelisus: - suurim lubatud hälve	mm/2,0 m		7	9	

Tabel 2.1.1.2 esitab kehtestatud nõuded, mis määravad ära pinna pragude maksimaalsed laiused ja hulga. Tabelis 2.1.1.2 murdarvuna (nt. 0,1/500) esitatud arvust esimene tähistab prao lubatud laiust (mm) ja teine pragude kogupikkust (mm) vabalt valitud pindalal, kuid maksimaalselt 1 m² suurusele alale. Prao pikkust mõõdetakse piki 150 mm pikkust murdjoont. Murdjoone mõõtmisjaotised paigutatakse prao kohale. Alla 0,05 mm laiusega pragusid ei arvestata [2]. Kuna lõputöös uuritakse raketise vastu valatud pindasid, siis on kajastatud ka ainult vastav pragude kohta esitatud tabel.

Tabel 2.1.1.2 Raketise vastu valatud pindade lubatud praod [2]

Raketise vastu valatud pinnad	Klass AA	Klass A	Klass B
Raketise vastu valatud sile pind	0,1/500	0,2/500 0,1/1000	0,3/500 0,2/1000
Raketise vastu valatud tekstuurne pind: - Mustrilise osa servades samasuunalisena - Mujal	0,1/500 ei ole lubatud	0,1/1000 0,1/1000	0,2/500 0,1/1000 0,1/500
Liugvalupind	0,1/1000	0,2/1000	0,2
Muutuva ristlõikega vormidega liugvalupind	0,2/500 0,1/1000	0,2/1000	0,2

Pragude mõõtudega seotud tähised: L – kogupikkus, w – laius, a – prao sügavus.

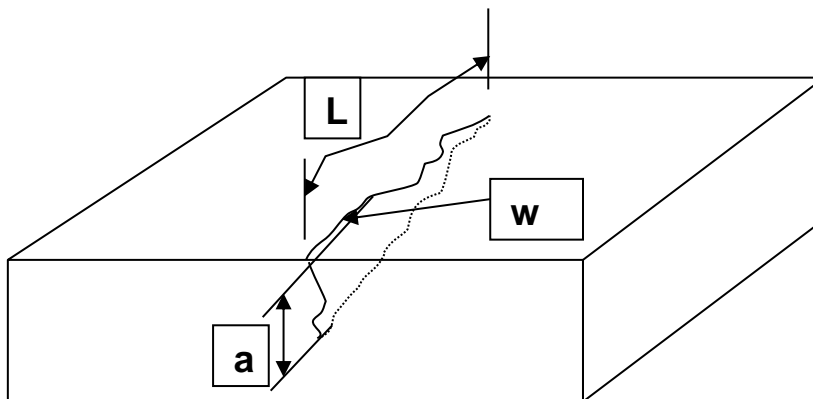


Foto 2.1.1.1 Prao mõõtude tähistus ja selgitus [2]

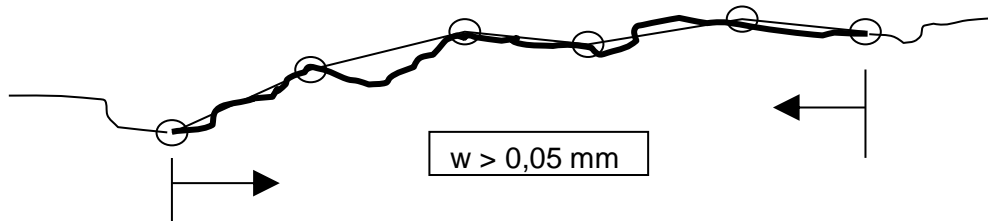


Foto 2.1.1.2 Prao pikkuse mõõtmine - piki 150mm murdjoont (laius alates 0,05mm) [2]

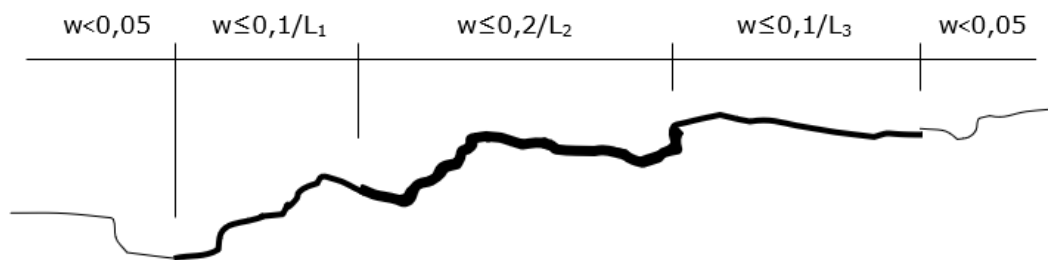


Foto 2.1.1.3 Pragude hulga arutamise näide [2]

2.2 Objektianalüüsi meetod

BÜ4 juhendmaterjalis pinnakvaliteedile kehtestud nõuete kontrollimise meetodid puuduvad, mistõttu on vastavuste analüüsimise lahendused autori poolt praktilisust ning pinnakvaliteedi nõuete arväärtuseid arvestades välja mõeldud. Nõuete analüüsimiseks on välja valitud 4 ehitusobjekti, millest kaks objekti on BÜ4:2022/2023 A klassi pindadega ning kaks objekti B klassi pindadega. Nendest kahest A klassi objektist 1. objekt on ühe betoonitarnija „I“ betooniga valatud ning 2. objekt on teise betoonitarnija „II“ betooniga valatud. Sama ka B klassi objektidega, kusjuures „I“ ja „II“ betoonitarnija on sama nagu A klassi betooni puhul. Igal objektil on analüüsi tehtud kahel korral – esimene neist objekti kestuse mõistes varasemas etapis ning teine analüüs hilisemas etapis, kas objekti valmimise keskpäigas või lõpus. Viimase eesmärk on analüüsida betoneerimise aastaajast tulenevaid võimalikke betooni pinda mõjutavaid tegureid. See on ka kontroll-meetod betoonitarnija betoonisegu kvaliteedi jaoks.

Objektid:

Objekt A – parkimismaja Tallinnas, klass B, betoonitarnija „I“;

Objekt B – büroohoone Tallinnas, klass B, betoonitarnija „II“;

Objekt C – eramaja Tallinnas, klass A, betoonitarnija „II“;

Objekt D – büroohoone Tallinnas, klass A, betoonitarnija „I“.

Objektianalüüsi käigus fikseeriti järgnevad andmed ning vastav kasutatud mõõtevahend:

- mügarikud (kõrgus, laius, arv) – nihik (täpsus 0,05 mm), mõõdulint/joonlaud;
- süvendid (sügavus, laius, arv) – nihik (täpsus 0,05 mm), mõõdulint/joonlaud;
- vertikaalsete pindade poorid (läbimõõt, sügavus, arv) – nihik (täpsus 0,05 mm);
- raami jälg (laius, sügavus) – nihik (täpsus 0,05 mm), joonlaud;
- raamraketise kilpide ja vahetükkide astmelisus – nihik (täpsus 0,05 mm), metallnurgik;
- valuhaav (kõrgus/sügavus, laius, arv) – nihik (täpsus 0,05 mm), mõõdulint/joonlaud;
- horisontaalsete pindade poorid (läbimõõt, sügavus, arv) – nihik (täpsus 0,05 mm);
- horisontaalsete pindade astmelisus – 2-meetrine alumiiniumlatt, mõõtkiilud;
- horisontaalsete pindade valuviga/hõrevalu (suurus, arv) – mõõdulint/joonlaud;
- vertikaalsete pindade valuviga/hõrevalu (suurus, arv) – mõõdulint/joonlaud;
- pinna kõverus ja lainelisus – 2-meetrine alumiiniumlatt, mõõtkiilud;
- praod (laiused, pikkused, arv) – Matest C399 pragude mikroskoop (täpsus 0,02 mm), joonlaud.

Postide puhul vaadeldi nõudeid posti kogu pinna peal ja tasasust mõõdeti iga veerandi ja/või külje peal (suurim hälve 2 meetri peale kogu posti pikkuses). Just ümarpostide

puhul on keeruline võtta pinnaks 1 m² ning seega on üldjuhul lihtsam arvestada kogu posti pindala ja seega kogu pinnal olevad mittevastavusi. Alati ei pruugi olla kogu postis probleem vaid mingi kindla osa peal, siis on mõistlikum vaadelda mittevastavusi just antud pinna peal ja arvestada selle pindala mittevastavuste nõudeid kogu posti pindala kohta. Iga betoneeritud post on unikaalne ning seega kindlat analüüsi meetodit juhendisse panna on ebapraktiline ja ka keeruline.

Seinte puhul vaadeldi samuti kvaliteedinõudeid kogu pinna ulatuses, v.a vertikaalselt valatud pindade poorid, mida vaadeldi autori poolt välja valitud visuaalselt kõige kehvema 1 m² pindala peal. 1 m² valimine on samuti sõltuv tarindi seisukorrast - probleemse pinna puhul võib vaadelda nõudeid kogu pinna ulatuses või valida ka vabalt 2 m² pindala. Sarnaselt postidele pole mõistlik ette anda BÜ4:2022/2023 juhendisse pinna valiku juhiseid, sest nende kohandamine erinevatesse olukordadesse võib muutuda keeruliseks ja põhjustada uusi probleeme. Seinte tasasust mõõdeti kogu seina kõrguse ulatuses iga üle 1,2 m raketisekilbi osas kahest kohast ning väiksemate puhul kilbi keskelt ühest kohast.

Vahelae puhul vaadeldi ainult autori poolt valitud visuaalselt kõige kehvemat 1 m² suurust pindala. Vahelae puhul mõõdeti tasasust latiga üle selle sama ruutmeetri kuid siiski kahe meetri ulatuses nagu nõue ütleb. Kuna vahelae pind on tihtipeale suur ja selle iga ruutmeetri ülevaatamine võtaks väga palju aega (vajadusel võib ka seda teha) siis mõistlikum oleks kaardistada kindel koht või kohad, mille alusel vastu võtta otsus pinna kvaliteedi suhtes.

Arvestatava pinna valiku tegemine vaatlemiseks võib tekitada osapoolte vahel vaidlusi, mistõttu mõistlikum oleks vaatelejal ise analüüsida tarindi pinda ja teha pinna kaardistamine osapoolte vahelise kokkuleppe näol (et kas kõik probleemsed kohad ikka sees). BÜ4:2022/2023 juhendisse võib küll lisada juhised või nõuanded tüüpilisemate olukordade kohta kuid otsest vajadust pole.

2.3 Objekt A

Parkimismaja Tallinnas – 3-kordne parkimismaja, mis koosneb monoliitsest betoonist postidest, -seintest ning -vahelagedest. Korrused on ühendatud betoonpandustega ning trepikojas on monteeritud betoonist trepielemendid. Objektil analüüsiti 1. ja 2. korruse ümarposte, välisseina ning horisontaalseid vahelagesid. Objektil tellitud pinnaklass BÜ4:2010 B klass.

Järgnevides katsetulemuste tabelites esitatud andmed on toodud nende pinnakvaliteedile kehtestatud nõuete kohta, mille suhtes leiti mittevastavusi tabelites 2.1.1.1 ja 2.1.1.2 toodud nõuetes. Analüüsis kasutatud katsetulemused on leitavad lisades 1.1 kuni 1.6.

2.3.1 Postid

Esimesena analüüsiti 1-korruse ümarposti, läbimõõt $d=500$ mm, kõrgus $h=2,5$ m ning hinnatav pindala $A=3,93$ m². Betooni klass: C35/45 XC4, XF4, XD3, S4*. Betoonivalu kuupäev 17.12.21 ning lahtirakestamise kuupäev 18.12.21. Betoneerimisel välisõhu temperatuur +2°C. Betoneerimisel kasutati Texaform CR3 raketiseõli ning Doka metallraketist.



Foto 2.3.1.1 Objekt A, post 1

Tabel 2.3.1.1 Objekt A, post 1: Tarindi pinna kokkuvõte

Tarindi pinna kokkuvõte		
Kvaliteeditegur	Nõudele vastavus	
	Korras	Puudulik
Mügar	x	
Süvend	x	
Vertikaalse pinna poorid		x
Raami jälg	x	
Astmeliskus kilpidel	x	
Astmeliskus vahetükkidel	-	-
Valuhaav	x	
Horisontaalse pinna poorid	-	-
Horisontaalse pinna astmeliskus	-	-
Horisontaalse pinna hõrevalu	-	-
Vertikaalse pinna hõrevalu	x	
Pinna laineliskus	x	
Praad	x	

Tabelis 2.1.1.1 esitatud nõuetele mittevastavaid mügarike ega süvendeid postil polnud. Metallraketisega betoneerimisel nende tekkimine on üsna ebatõenäoline kui raketis pole just vigastatud/muljutud. Olid küll väiksemad (ca 1 mm) ebatasasused kuid nõuete kohaselt loetakse alates 4 mm kõrguse või sügavusega ebatasasusi.

Kogu posti pinna peale mõõdeti üle 5 mm läbimõõduga poore 33 tükki, millest suurim oli 25,4 mm läbimõõduga ning sügavusega 3,5 mm. Suurima sügavusega, 12,1 mm, oli 9,4 mm läbimõõduga poor. Sellest võib järeldada, et poori suuruse ja sügavuse vahel ei saa tõmmata võrdust, et mida suurem poor, seda sügavam. Pigem on poori sügavuse ja läbimõõdu suhe juhuslik. Kokku oli üle lubatud läbimõõduga (üle 12 mm) 15 poori, mis kogu pooride arvust teeb 45%. Isegi sellisel juhul saab 95% pinna vastavuse nõudega pidada posti B klassi alla, sest 15 mittevastava poori pindala ei moodusta 5% kogu pinnast. Üle lubatud sügavuse oli ainult 1 poor. Pooride teke on seotud metallraketise pinnaga, mis ei ole vett imav ning kvaliteetse posti pinna saavutamine nõuab hoolikamat vibreerimist. Betoonisegu konsistents S4 aitab samas kaasa parema pinna saavutamisele kuna vibreerimine on lihtsam ja segu voolab paremini. Samas

suurendab pooride teket talvine betoneerimisaeg – valamise käigus raketise pinnale pritsiv betoonisegu külmub pinnale ning lahtirakestamise ajal tuleb koos kilbiga betooni pinnast ära (vältitav raketise eelsoojendamisega ja sooja betoonisegu tellimisega).

Posti raami jälg ei ole mõõdetav, sest raketise kaarte ühenduskohas on kilbi pind tasane ja ainus mõõdetav suurus on seega raami astmelisus. Posti 1 puhul olid mõlemad vuugi kohad nõuete piires (maksimaalne väärtus 1 mm) ehk alla 4 mm.

Lainelisuse hindamisel iga veerandi peal olid tulemused normide piires ning suurim ebatasasus oli 2 mm/2,0 m kohta. Tasasus sõltub suuresti raketise seisukorrast. Süvendite ega mügarike koha pealt mõõtmine ei loe ning pigem mõjutab lainelisust kogu postiraketise kõverus.

Peale pooride olid kõik ülejäänud nõuded täidetud, mõned isegi A klassi kriteeriumitega. Probleemsete pooride puhul oleks võimalik parandusseguga need ära täita aga tuleb arvestada, et täidetud poorid jäävad teist värvi ning eristatavad. Parandamise otstarbekust oleks mõistlik kooskõlastada tellijaga. Parkimismaja postide puhul arhitektuurilisi erinõuded pole ja seega ilmselt neid ei täideta. Posti pinnal esinevaid liiga suuri poore oleks saanud vältida ka efektiivsema vibreerimisega (aeglasem väljatõmme, tihedama sammuga vibreerimine). Samas üldine väljanägemine postil oli parkla jaoks hea. Vuukide kohas raketiseõlist tingitud tumedamad kohad on küll häirivad kuid lihtne tavakasutaja vast neid tähele ei pane ja need on võimalik koos ülejäänute valunirede ja -juttidega lihvides eemaldada.

Teise postina analüüsiti 2-korruse ümarposti, läbimõõt $d=500$ mm, kõrgus $h=2,55$ m, hinnatav pindala $A=4$ m². Betooni klass: C35/45 XC4, XF4, XD3, S4* ning soe betoonisegu. Betoonivalu kuupäev 09.02.22 ning lahtirakestamise kuupäev 10.02.22. Betoneerimisel välisõhu temperatuur -2°C. Betoneerimisel kasutati Doka-OptiX emulsiooni ning Doka metallraketist.



Foto 2.3.1.2 Objekt A, post 2

Tabel 2.3.1.2 Objekt A, post 2: Tarindi pinna kokkuvõte

Tarindi pinna kokkuvõte		
Kvaliteeditegur	Nõudele vastavus	
	Korras	Puudulik
Mügar	x	
Süvend	x	
Vertikaalse pinna poorid		x
Raami jälg	x	
Astmeliskus kilpidel	x	
Astmeliskus vahetükkidel	x	
Valuhaav	x	
Horisontaalse pinna poorid	-	-
Horisontaalse pinna astmeliskus	-	-
Horisontaalse pinna hõrevalu	-	-
Vertikaalse pinna hõrevalu	x	
Pinna laineliskus	x	
Praod	x	

Esimene probleem B klassi nõuetega tekib pooride juures – nimelt on suurima läbimõõduga poor 17,2 mm, mis tähendab et suurim poori läbimõõt ületab lubatud nõuet. Selliseid poore on kogu posti peale 4 tükki. Suurima sügavusega poor on 8,2 mm ning see vastab nõuetele.

Raami jälje ja astmelisusega probleemi pole, sest maksimaalselt 1mm hammas on lubatud piirides. Samas raketisekilpide vahelises vuugis esinev valuhaav jääb samuti B klassi nõuete piiridesse kuna haava pikkus moodustab 8% vuugi pikkusest.

Ka laineliskus posti puhul on normide piires, olles maksimaalselt 1 mm suurune. Sarnaselt postile 1 on ka posti 2 raketis metallist ja sellest tulenevalt pole eriti keeruline peaaegu olematu hambaga poste betoneerida.

Kuna nõudest suuremaid poore on vaid 4 tükki, mis on kogu posti pindala suhtes peaaegu olematu pindalaga, siis seda arvesse võttes võiks postile ka A klassi pinna

anda, kuid juhendis on selgitamata pinna osakaalu protsendi vastavuse nõue – kas nõue kehtib ka siis, kui kasvõi üks poor on suurem kui 12 mm või kehtib see 95% nõue pooride kogusele 1 m² kohta.

Kahe betoonposti omavahelisel võrdlemisel on näha, et teise posti pinnakvaliteet on parem – vähem probleemseid poore, väiksem valuhaav. Ilmselt mõjutas pinnakvaliteedi erinevust enim soe betoonisegu ja raketiseõli muutus kuid ei saa ka välistada hoolikamat betooni tihendamist. BÜ4 juhendmaterjali kasutamine postide puhul oli arusaadav ning praktiline. Esitatud nõuded olid B klassile osaliselt liiga nõrgad (nt. tasasus, mügar/süvend) kuid B klassi pinna puhul ei ole ka mõistlik liiga kõrgeid nõudeid kehtestada.

2.3.2 Seinad

Esimese seinana analüüsiti 1-korruse välisseina, pikkus $L=8,1$ m, paksus $b=200$ mm, kõrgus $h=2,5$ m ning hinnatav pindala $A=20,25$ m². Betooni klass: C35/45 XC4, XF4, XD3, S4* ning soe betoonisegu. Betoonivalu kuupäev 21.12.21 ning lahtirakestamise kuupäev 23.12.21. Betoneerimisel välisõhu temperatuur -8°C. Betoneerimisel kasutati Texaform CR3 raketiseõli ning Doka metallraketist.



Foto 2.3.2.1 Objekt A, sein 1



Foto 2.3.2.2 Objekt A, sein 1

Tabel 2.3.2.1 Objekt A, sein 1: Tarindi pinna kokkuvõte

Tarindi pinna kokkuvõte		
Kvaliteeditegur	Nõudele vastavus	
	Korras	Puudulik
Mügar	x	
Süvend	x	
Vertikaalse pinna poorid		x
Raami jälg	x	
Astmeliskus kilpidel	x	
Astmeliskus vahetükkidel	-	-
Valuhaav	x	
Horisontaalse pinna poorid	-	-
Horisontaalse pinna astmeliskus	-	-
Horisontaalse pinna hõrevalu	-	-
Vertikaalse pinna hõrevalu	x	
Pinna laineliskus	x	
Praod	x	

Esimeseks seinaks sai valitud kõige halvema väljanägemisega sein (peamiselt pooride tõttu). Sellest hoolimata ei olnud betooni pinnal ühtegi ülemõõdulist mügariku ega süvendit. Mittevastavuse tekitas betooni pinna nõuetes pooride hulk ja nende läbimõõdud. Tabelis 2.3.3.1 toodud vertikaalse pinna pooride kogus, 120, ületab tabelis 2.1.1.1 toodud lubatud koguse 20-ga. Lisaks nendest pooridest 15 olid suurema läbimõõduga kui lubatud, sealjuures suurim neist 19,3 mm (sügavus 3,8 mm). Sügavusega samas probleeme polnud, sest kõige suurem sügavus oli 4,6 mm (läbimõõt 7,7 mm). Samuti on tõenäoliselt suurim mõju talvine betoneerimise aeg. Tulenevalt seina betoneerimise tehnoloogiast, siis fotol 2.3.2.2 näidatud probleemne koht paikneb täpselt sellisel kõrgusel (ca 1 m), kus esimese kihi betoneerimisest pritsmed külmuvad raketise külge. Vibreerimises ilmselt probleem pole, sest valu edenedes läheb pooride olukord paremaks ja kõrguslikult seina keskpunkt on selline koht, mida tavapäraselt kõige rohkem vibreeritakse.

Kilpide raami jälg ja astmeliskus olid igas ühenduskohas nõuete piires. BÜ4 juhendis antud väärtused on valitud mõistlikult nii, et korrektse kilpide ühenduse korral ei saa

tabelis 2.1.1.1 toodud väärtusi ületada. Mittevastavuse korral on probleem tehnoloogiline. Sama ka raamraketise astmelisuse puhul, mida mõjutab kõige rohkem raketise toetus ja jäigastus (ainult raketise raami klambriga võib betooni survest kilp paigast nihkuda).

Lainelisuse osas oli sein vastav ka A klassi nõuetele, kuid pooride kogusest ning läbimõõdust tulenevalt ei saa antud seina ilma parandustöödeta klassifitseerida B klassi alla. Parandustööde otstarbekust tuleks eelnevalt kooskõlastada tellijaga. Vaadeldud 1 m² on seina pindalast 4,9% ja ka tabelis 2.1.1.1 toodud 95% vastavuse nõude alusel ei saaks pinda pooride osas vastavaks pidada, sest suurendades vaadeldava pinna näiteks 1,1*1,1 m peale, siis moodustaks pindala kogu seinast 5,9% ning sein poleks ikkagi pooride osas vastav, sest pooride koguse osas oluliselt positiivseid muutusi ei tuleks. Probleemsete pooride teket oleks saanud vältida, kui betoneerimise ajal oleks langetatud betoonipumba vooliku madalamale, et betoonisegu ei langeks liiga kõrgelt, vaid küllaltki põhja lähedal. Sellega oleks vähendanud pritsmeid kõrgemal pinnas ja üldiselt parandanud pinnakvaliteeti.

Teise seinana analüüsiti 2-korruse välisseina, pikkus $L=8,1$ m, paksus $b=200$ mm, kõrgus $h=2,55$ m ning hinnatav pindala $A=20,65$ m². Betooni klass: C35/45 XC4, XF4, XD3, S4* ning soe betoonisegu. Betoonivalu kuupäev 22.02.22 ning lahtirakestamise kuupäev 23.02.22. Betoneerimisel välisõhu temperatuur -3°C. Betoneerimisel kasutati Doka-Optix emulsiooni ning Doka raamraketist.



Foto 2.3.2.3 Objekt A, sein 2

Tabel 2.3.2.2 Objekt A, sein 2: Tarindi pinna kokkuvõte

Tarindi pinna kokkuvõte		
Kvaliteeditegur	Nõudele vastavus	
	Korras	Puudulik
Mügar	x	
Süvend	x	
Vertikaalse pinna poorid		x
Raami jälg	x	
Astmelisuus kilpidel	x	
Astmelisuus vahetükkidel	x	
Valuhaav	x	
Horisontaalse pinna poorid	-	-
Horisontaalse pinna astmelisuus	-	-
Horisontaalse pinna hõrevalu	-	-
Vertikaalse pinna hõrevalu	x	
Pinna lainelisuus	x	
Praod		x

Betooni pooride hulk kogu seinale peale on väiksem kui 1 m² pinna kohta kehtestatud nõudel. Probleem on endiselt üksikute üle 12 mm pooridega. Suurim poor oli läbimõõduga 18,1 mm ning suurima sügavusega poor oli 5,1 mm. Endiselt pole probleem poori sügavuses vaid läbimõõdus. Liiga suure läbimõõduga poore oli kokku 7 tükki. Probleemseid poore esines siiski väga vähe (10% kogu pooridest) ja tegelikult saaks 95% nõudega lugeda posti pooride läbimõõdu ja koguse poolest B klassi alla.

Arvestades nii raami jälge kui ka vineeri hammast, saab maksimaalselt 1,4 mm hambaga pinna klassifitseerida parandamata kujul ka B klassi alla. Raami jälg ja selle sügavus sobivad samuti kehtestatud nõuete alla. Pinna lainelisuse osas sobib samuti tarindi pind B klassi alla ning ka tegelikult A klassi nõuete alla, olles maksimaalselt 4,5 mm. Kuigi pragude pikkus ja laius osaliselt ei olnud B klassi nõuetele vastavad, siis 95% vastavuse nõudega saab pidada kahte pragu seinale peal B klassile vastavaks.

Võrreldes esimese seinaga on teise seina pind oluliselt parem (pooride osas) ning sarnaselt postidele on hilisemalt betoneeritud tarindi pind parem (mõjutajateks nii emulsioonile üleminek kui ka tõenäoliselt hoolikam tihendamine). Praktilise poole pealt oli juhendi kasutamine lihtne ning tegurid mõistetavad. Pragude fikseerimine oli küll keeruline ja aeganõudev kuid siiski juhendile vastavalt tehtav (vt. pikemalt peatükk 3).

2.3.3 Laed

Esimese laena analüüsi 1-korruse vahelage, paksus $b=280$ mm ning hinnatav pindala $A=630$ m². Betooni klass: C35/45 XC4, XF4, XD3, XM1, S4* ning soe betoonisegu. Betoonivalu kuupäev 17.01.22 ning lahtirakestamise kuupäev 22.01.22. Betoneerimisel välisõhu temperatuur 0°C. Betoneerimisel kasutati Doka tüüptala-laeraketist.



Foto 2.3.3.1 Objekt A, lagi 1

Tabel 2.3.3.1 Objekt A, lagi 1: Tarindi pinna kokkuvõte

Tarindi pinna kokkuvõte		
Kvaliteeditegur	Nõudele vastavus	
	Korras	Puudulik
Mügar	x	
Süvend	x	
Vertikaalse pinna poorid	-	-
Raami jälg	-	-
Astmelikus kilpidel	-	-
Astmelikus vahetükkidel	-	-
Valuhaav	x	
Horisontaalse pinna poorid	x	
Horisontaalse pinna astmelikus	x	
Horisontaalse pinna hõrevalu	x	
Vertikaalse pinna hõrevalu	-	-
Pinna lainelikus	x	
Praod	x	

Ruutmeetri lae peale oli valuhaave 17%, mis jääb B klassi nõuete piiridesse, kuid üldine vuugi osa vajaks siiski täiendavat töötlust lihvimise ja puhastamise näol. Mugarike ja süvendite puhul samuti alla 4 mm ebatasasused puudusid kuid osaliselt leidis väiksemaid.

Suurim probleem vahelae puhul oli vineeritahvlite omavaheline hammastus. Mõõdult suurim hammas oli 7,2 mm, mis 1,2 mm ületab lubatud hamba suurust. Siiski oli see kõige halvem koht kogu lae peale ning tulenevalt tabel 2.1.1.1 95% vastavuse nõudest jääb see siiski B klassi hulka, sest kuna kogu lae pindala on üle 500 m², siis 1 m² moodustab 0,2%.

Lae pinnal mõõdetud lainelisus oli ühtepidi 2 mm ning teistpidi 6mm ja mõlemad neist jäävad 9 mm nõude piiridesse. Seega võib eeldada, et lae tasasus on siiski 9 mm piirides ja üksikud ekstreemsed hälbed kuuluvad siiski 95% pinna sisse.

Kokkuvõttes saab lage pidada ikkagi B klassile vastavaks, olenemata üksikutest probleemsetest kohtadest. Neid on võimalik parandada kuid parandustööde otstarbekust tuleks eelnevalt kooskõlastada tellijaga.

Teise laena analüüsi 2-korruse vahelage, paksus $b=280$ mm ning hinnatav pindala $A=535$ m². Betooni klass: C35/45 XC4, XF4, XD3, XM1, S4* ning soe betoonisegu. Betoonivalu kuupäev 04.03.22 ning lahtirakekamise kuupäev 10.03.22. Betoneerimisel välisõhu temperatuur +1°C. Betoneerimisel kasutati Doka tüüptala-laeraketis



Foto 2.3.3.2 Objekt A, lagi 2

Tabel 2.3.3.2 Objekt A, lagi 2: Tarindi pinna kokkuvõte

Tarindi pinna kokkuvõte		
Kvaliteeditegur	Nõudele vastavus	
	Korras	Puudulik
Mügar	x	
Süvend	x	
Vertikaalse pinna poorid	-	-
Raami jälg	-	-
Astmelisuus kilpidel	-	-
Astmelisuus vahetükkidel	-	-
Valuhaav		x
Horisontaalse pinna poorid	x	
Horisontaalse pinna astmelisuus		x
Horisontaalse pinna hõrevalu	x	
Vertikaalse pinna hõrevalu	-	-
Pinna lainelisuus	x	
Praod	x	

Objekti A teise lae puhul mügarikud ning süvendid ja poorid puudusid. Horisontaalse pinna valuhaav oli ühtepidi vuugi ulatuses 32% ja teistpidi 64% ja mõlemad neist on üle lubatud B klassi nõude piiri. Valuhaava mõõdud küll polnud eriti suured ning neid oleks saanud järeltööde käigus lihvides või täites parandada ning sellisel juhul poleks need mittevastavusena kirja läinud.

Horisontaalse pinna astmelisuus on vahelae puhul peaaegu iga mõõtmise puhul üle lubatud piiri (6 mm). See on tingitud lokaalsetest lainetest raketisevuugi juures (vt. foto 2.3.3.2). Ülejäänud vuugi astmed jäävad lubatud piiridesse. Pinna lainelisuuse kohta pealt oli lagi nõuetele vastav, olles mõlemas suunas alla 9 mm/2,0 meetri kohta. Vastava vahelae peaks siiski hindama B klassi nõuetele mittevastavaks (valuhaava ulatused). Kui teha täiendav lihvimine ja puhastus, siis saaks valuhaava muuta peaaegu olematuks ning seejärel arvestada lae pinna ka B klassile vastavaks. Teine variant on rakendada 95% nõuet ning eeldada ülejäänud pinna vastavust, sest 1 m² on lae pindalast 0,18%

ja 5% lae pindalast moodustab 26 m², mille ulatuses võiks leida mittevastavusi. Seega saab hinnata lae ka B klassile vastavaks ilma järeltööde teostuseta.

Mõlema vahelae betoneerimisel olid sarnased tingimused (temperatuur, raketis) ning seda on ka kvaliteedis näha. Esineb kerget hammastust, väikeses ulatuses valuhaave kuid see-eest tegemist tavalise B klassi lae pinnaga, millele kõrgeid nõudmisi esitatud pole. Lae klassifitseerimisel saab aga järeleandmisi teha 95% nõude ettekäändel ning mittevastavad kohad ära rääkida vastavaks, mis on osaliselt ebaõiglane tellija suhtes.

2.4 Objekt B

Büroohoone Tallinnas – 11-kordne post-plaat süsteemiga ehitatud monoliitbetoonist hoone, kus jäikuse tagamiseks on läbi hoone 2 liftišahti koos trepikodadega. 1. korrus on maa-alune parkla. Objektivaatluse käigus analüüsiti 3. ja 10. korruse poste, seinu ja vahelagede pindasid. Objektile tellitud pinnaklass BÜ4:2010 B klass.

Järgnevates katsetulemuste tabelites esitatud andmed on toodud nende pinnakvaliteedile kehtestatud nõuete kohta, mille suhtes leiti mittevastavusi tabelites 2.1.1.1 ja 2.1.1.2 toodud nõuetes. Analüüsis kasutatud katsetulemused on leitavad lisades 2.1 kuni 2.6.

2.4.1 Postid

Esimesena analüüsiti 3-korruse ümarposti, läbimõõt $d=500$ mm, kõrgus $h=3,04$ m ning hinnatav pindala $A=4,77$ m². Betooni klass: C35/45 XC1, S4. Betoonivalu kuupäev 18.05.21 ning lahtirakestamise kuupäev 19.05.21. Betoneerimisel välisõhu temperatuur +9°C. Betoneerimisel kasutati Texaform CR3 raketiseõli ning Peri metallraketist.



Foto 2.4.1.1 Objekt B, post 1

Tabel 2.4.1.1 Objekt B, post 1: Tarindi pinna kokkuvõte

Tarindi pinna kokkuvõte		
Kvaliteeditegur	Nõudele vastavus	
	Korras	Puudulik
Mügar	x	
Süvend	x	
Vertikaalse pinna poorid		x
Raami jälg	x	
Astmelisis kilpidel	x	
Astmelisis vahetükkidel	-	-
Valuhaav		x
Horisontaalse pinna poorid	-	-
Horisontaalse pinna astmelisis	-	-
Horisontaalse pinna hõrevalu	-	-
Vertikaalse pinna hõrevalu	x	
Pinna lainelisis	x	
Praod	x	

Esimese posti pind on peaaegu igale B klassi nõudele vastav. Ühe poori puhul oli läbimõõt lubatust suurem 1 mm võrra kuid selle täitmisega saaks kõik poorid vastavusse 12 mm läbimõõdu nõudega. Pooride kogus oli kogu posti peale tunduvalt väiksem ja ruutmeetri kohta keskmine poorsus oli ca 7 tk/1 m² kohta.

Valuhaava mittevastavus seisnes ühe vuugi valuhaava pikkuses, sest 1195 mm moodustab 3040 mm vuugist ca 39% kuid lubatud on vaid 30%. Siiski on valuhaav väga väikese sügavuse ja laiusega ning seda saab samuti täitmise ja lihvimisega parandada. Nagu iga väiksemahulise parandusega, tuleks parandustööde otstarbekust eelnevalt kooskõlastada tellijaga. Üldine väljanägemine oli korrektne ning ka valuhaava parandamata saaks posti pinna arvestada B klassi vääriliseks 95% nõude abil (valuhaava pind alla 5% posti pinnast).

Teisena analüüsiti 10-korruse ümarposti, läbimõõt $d=500$ mm, kõrgus $h=3,04$ m ning hinnatav pindala $A=4,77$ m². Betooni klass: C35/45 XC1, S4. Betoonivalu kuupäev 19.08.21 ning lahtirakestamise kuupäev 20.08.21. Betoneerimisel välisõhu

temperatuur +17°C. Betoneerimisel kasutati Texaform CR3 raketiseõli ning Peri metallraketist.



Foto 2.4.1.2 Objekt B, post 2

Tabel 2.4.1.2 Objekt B, post 2: Tarindi pinna kokkuvõte

Tarindi pinna kokkuvõte		
Kvaliteeditegur	Nõudele vastavus	
	Korras	Puudulik
Mügar	x	
Süvend	x	
Vertikaalse pinna poorid		x
Raami jälg	x	
Astmelisis kilpidel	x	
Astmelisis vahetükkidel	-	-
Valuhaav		x
Horisontaalse pinna poorid	-	-
Horisontaalse pinna astmelisis	-	-
Horisontaalse pinna hõrevalu	-	-
Vertikaalse pinna hõrevalu	x	
Pinna lainelisis	x	
Praod	x	

Betoonposti pinnal olevad poorid oma läbimõõdu tõttu ei ole B klassi posti nõuete piires. Ülemõõdulisi (üle 12 mm) poore oli mõõdetute hulgas 9 tk (suurim 25,1 mm). Sügavuse osas olid kõik poorid lubatu piires (sügavaim 11,0 mm). Kogu posti pinna peale 75 poori on ca 16 tk/1 m² kohta, mis on tunduvalt vähem tabelis 2.1.1.1 toodud nõudest (100 tk/1 m²). Visuaalselt on üksikud suured poorid tunduvalt häirivamad kui tihedamalt paiknevad väiksemad (siiski üle 5 mm läbimõõduga) poorid. Nii 3. kui ka 10. korruse postid valati metallraketisega, mis tähendab, et betoonipinna poorsus ei tulene mitte pinnamaterjali seisukorrast vaid pigem ehitustehnoloogiast ja ilmastikust. Puudulik vibreerimine on üks põhjustest, miks nii suured poorid tekivad kuid ka soe ilm ja koluga valamine mõjutavad pinda. Kuna koluga valades mikser seisab (10. korruse posti valamine kraanaga tähendab väga pikka mahalaadimise aega) siis betooni konsistents

muutub pikapeale vähemtöödeldavamaks ja hakkab tarduma. See aga muudab ka omakorda vibreerimist raskemaks, sest vibronui pole ka lõpmata võimekas ja paksu konsistentsiga betooni on raskem vibreerida. Õnneks siiski betoon on pinnani välja valgunud ja hõrevalu tekkinud pole.

Teine mittevastavus esines valuhaava näol, olles 46% vuugi ulatusest. Kuna valuhaava kõrgus ja laius olid alla 1 mm, siis võib selle mittevastavuse tegelikult pidada tühiseks ning valuhaavast hoopis häirivamad olid näiteks samas vuugis raketiseõlist tumedaks muutunud servad. Nende kohta aga etteantud nõuded puuduvad.

Arvestades 95% nõudega, saaks siiski posti B klassile vastavaks määratleda, kuigi pind vajaks parandamist suuremate pooride täitmise näol. Enne järeltööde alustamist tuleks parandustööde otstarbekust eelnevalt kooskõlastada tellijaga.

Kahe posti erinevuses võib välja tuua peamiselt sarnasused tehnoloogilistest probleemidest – raketise halb ühendamine (valuhaava teke). Hilisemalt betoneeritud posti puhul on samas poorsus kehvem (tingitud suvisest soojusest) ning ka üldine väljanägemine on nende puhul küllaltki sarnane. Samamoodi on sarnane juhendmaterjali kasutatavus postide vastavuse hindamisel. Osaliselt on ebavajalik metallraketise puhul tasasuse mõiste kasutamine (lühikeste postide puhul väga keeruline norme ületada) kuid samas ei ole ka praktiline teha erinevatele raketisetüüpidele eraldi klasse.

2.4.2 Seinad

Esimese seinana analüüsiti 3-korruse välisseina, pikkus $L=8,05$ m, paksus $b=200$ mm, kõrgus $h=3,04$ m ning hinnatav pindala $A=24,47$ m². Betooni klass: C35/45 XC3, S4. Betoonivalu kuupäev 24.05.21 ning lahtirakestamise kuupäev 26.05.21. Betoneerimisel välisõhu temperatuur +8°C. Betoneerimisel kasutati Texaform CR3 raketiseõli ning Peri raamraketist.



Foto 2.4.2.1 Objekt B, sein 1

Tabel 2.4.2.1 Objekt B, sein 1: Tarindi pinna kokkuvõte

Tarindi pinna kokkuvõte		
Kvaliteeditegur	Nõudele vastavus	
	Korras	Puudulik
Mügar	x	
Süvend	x	
Vertikaalse pinna poorid		x
Raami jälg	x	
Astmelisuus kilpidel	x	
Astmelisuus vahetükkidel	x	
Valuhaav	x	
Horisontaalse pinna poorid	-	-
Horisontaalse pinna astmelisuus	-	-
Horisontaalse pinna hõrevalu	-	-
Vertikaalse pinna hõrevalu		x
Pinna lainelisuus	x	
Praod		x

Esimese seina pind oli mügarike, süvendite ja pooride mõistes nõuetekohane. Mittevastavus esines ühe poori läbimõõdus, mis oli 0,5 mm lubatust suurem. Kuna silmaga seda lihtsalt ei erista, siis võiks selle arvestada vastavaks ja seega oleks pooride suurused ja kogus vastav B klassi pinnale.

Raamraketise jälg ning astmelisus vahetükkidel olid nõuete piires ning sarnaselt objektile A kasutatud Doka raamraketisele, ei saa korrektse kokkupanemise korral ka Peri raamraketise jälg ületada BÜ4:2022/2023 tabelis 2.1.1.1 toodud väärtusi.

Ühe raketisevuugi ulatuses esines valuhaave kolmes osas, kogupikkusega 554 mm (suurim sügavus 1,1 mm ja suurim laius 4,6 mm), mis tähendab, et 3040 mm vuugi pikkuse kohta on haava ulatus 18%, mis jääb aga B klassi pinna piiridesse.

Seina alaosas leidis üks hõrevalu pind, mis oma pindalalt oli väike (0,05 m²) aga siiski lähemalt vaadates häiriv. Ilmselt oli põhjus väheses vibreerimises, sest ülejäänud pinnal neid probleeme ei esine ja seina alumine serv on tihtipeale probleemne ala kuhu nuivibraator ei pruugi korralikult ulatada või on betoneerija oma tööd halvasti teinud. Ka sellise väikesemahulise parandustöö otstarbekust tuleks eelnevalt kooskõlastada tellijaga, kuigi tabelis 2.1.1.1 on hõrevalu kohta lisatud märkus, et tuleb alati parandada [2]. Samas võib olla lihtsam see koht hiljem ära varjata (nt. mööbli abil). Parandatud pinnal jääb see ala selgelt eristuv ning võib väljanägemisele mõjuda hoopis halvemini kui esialgne olukord. Üldist visuaalset väljanägemist mõjutasid negatiivselt ka laevalust valgunud nired, mis olid halvasti eemaldatud ning niredest värvunud betooni pind oli siiski lihvimata.

Seina pinnal esinesid ka praod ning kahe prao kogupikkus ületas lubatud nõude, mis on B klassi seina puhul 1000 mm. Prao laius oli siiski normide piires. Pragude parandamine on üldiselt keeruline ja aeganõudev töö, mis eeldab kogemusi ja palju aega. Kui tellija ei soovi, siis mõistlikum oleks pragude parandamist mitte ette võtta ja kui igapäevasel vaatluskaugusel neid ei erista, siis pole ka tegelikult põhjust parandamiseks. Võttes arvesse mittevastavusi, siis 95% nõude abil saab ka üksikute pragude ja hõrevalu korral seina pinna hinnata klassi B (hõrevalu pindala kogu pindala suhtes peaaegu olematu ning 2 pragu kogu pinnal samuti alla 5% pindalaga).

Teise seinana analüüsiti 10-korruse siseseina, pikkus $L=5,68$ m, paksus $b=200$ mm, kõrgus $h=3,08$ m, ukseava $1,21 \times 2,09$ m ning hinnatav pindala $A=14,96$ m². Betooni klass: C30/37 XC1, S4. Betoonivalu kuupäev 23.08.21 ning lahtirakestatamise kuupäev 25.08.21. Betoneerimisel välisõhu temperatuur +14°C. Betoneerimisel kasutati Texaform CR3 raketiseõli ning Peri raamraketist.



Foto 2.4.2.2 Objekt B, sein 2

Tabel 2.4.2.2 Objekt B, sein 2: Tarindi pinna kokkuvõte

Tarindi pinna kokkuvõte		
Kvaliteeditegur	Nõudele vastavus	
	Korras	Puudulik
Mügar	x	
Süvend	x	
Vertikaalse pinna poorid		x
Raami jälg	x	
Astmelisuus kilpidel	x	
Astmelisuus vahetükkidel	x	
Valuhaav	x	
Horisontaalse pinna poorid	-	-
Horisontaalse pinna astmelisuus	-	-
Horisontaalse pinna hõrevalu	-	-
Vertikaalse pinna hõrevalu	x	
Pinna lainelisuus	x	
Praod	x	

Mittevastavused teise seinä puhul esinesid ainult pooride osas. Koguseliselt oli poore üle lubatud piiri, 107 tk/1 m² kohta. Lisaks kogusele oli probleem ka pooride läbimõõduga, sest üle 12 mm poore oli 12 tk (suurim 25,5 mm). Sarnaselt teistele konstruktsioonidele pooride sügavusega probleeme polnud. Pooride mittevastavused olid tingitud samadest põhjustest nagu peatükis 2.4.1 post 2 juures kirjeldatud. 10-korruse seinte puhul oldi sama raketisekomplekti kasutatud juba kümnel korral ning vahepeal raketise vineere ei vahetatud. Sellest tulenevalt on näha pinnal ka palju vineeri kahjustuste jälgesid (armatuuri ja traadiga kraapimised, kruvijäljed jne), mille kohta nõuded tabelis 2.1.1.1 puuduvad.

Rohkem mittevastavusi ei esinenud, sest valuhaava pikkus oli alla 30% mõõdetud vuugist kuid pooride tõttu ei saa seinä pinda B klassi määrata. Vaadeldav 1 m² on kogu seinä pindalast 6,7% ning 95% nõude kasutamine on seega välistatud, kuigi õige sõnastuse puhul saaks ka selle vastavaks. Sellise seinä puhul tuleks enne parandustööde otstarbekust eelnevalt kooskõlastada tellijaga, sest lihtsam oleks seinä pind viimistleda. Pooride täitmisel jäävad need visuaalselt eristatavad ja lõpptulemus võib jääda hullem kui hetkel on.

Esimese seinäga võrreldes oli teise seinä betooni pind tunduvalt halvem ning seda just pooride osas. Arvestades raketise kulumist, oli vineeri pind palju rohkem vett imavam ja sellest osaliselt tingitud suurem poorsus. Peamine põhjus ikkagi temperatuurist tulenevalt ja sellest tingitud puudulikust tihendamisest. Vaadeldes avasid (ukseauk), siis tundub, et peaks reguleerima ka avade pindasid (või vähemasti tolerantse), sest teise seinä ukseava pinnal oli väga palju mügarike (kruvipeadest). Kui aga juhend käsitleb ka avamoodustajate pindasid, peaks selle juhendis välja tooma.

2.4.3 Laed

Esimese laena analüüsiti 3-korruse vaheläge, paksus $b=300$ mm ning hinnatav pindala $A=553$ m². Betooni klass: C30/37 XC1, S4. Betoonivalu kuupäev 03.06.22 ning lahtirakestamise kuupäev 09.06.22. Betoneerimisel välisõhu temperatuur +16°C. Betoneerimisel kasutati Peri lavaraketist.



Foto 2.4.3.1 Objekt B, lagi 1

Tabel 2.4.3.1 Objekt B, lagi 1: Tarindi pinna kokkuvõte

Tarindi pinna kokkuvõte		
Kvaliteeditegur	Nõudele vastavus	
	Korras	Puudulik
Mügar	x	
Süvend		x
Vertikaalse pinna poorid	-	-
Raami jälg	-	-
Astmelisuus kilpidel	-	-
Astmelisuus vahetükkidel	-	-
Valuhaav		x
Horisontaalse pinna poorid	x	
Horisontaalse pinna astmelisuus	x	
Horisontaalse pinna hõrevalu	x	
Vertikaalse pinna hõrevalu	-	-
Pinna lainelisuus	x	
Praod	x	

Esimene ja ka kõige probleemsem mittevastavus oli suur süvend vuugi kõrval laiusena 71,5 mm, mis on pea 5 korda suurem lubatust. Selle tekkepõhjus on kahjustunud lavaraketise vineer, mis tihtipeale kahjustub juba peale esimest kasutust. Kuigi sellised hälbed on ekstreemsed juhtumid, siis pigem leiab neid harva ja neid on küllaltki lihtne seguga täita ja parandada. Väiksemad süvendid/mügarikud aga ületanud 4 mm sügavust/kõrgust, mistõttu need ei läinud mittevastavusena kirja.

Kogu raketisevuugist (1000 mm) moodustas valuhaav 74%, mis on üle kahe korra suurem lubatud valuhaava pikkusest. Oma madala kõrguse ja väikese laiuse tõttu see visuaalselt eriti häiriv pole kuid nõuetele on siiski mittevastav. Sellised valuhaavad tekivad enamasti raketise lavade servadesse, kus kahe lava ühendamisel on jäänud suurem vahe sisse (kas puhastamata betooni tõttu või paigaldusel ei lükatud enne fikseerimist lavasid korralikult kokku). Küllaltki lihtne on selliseid valuhaavasid parandada kuid suure mahu korral võtab see palju aega ning kui lagi nagunii ära varjatakse siis pole järeltööde teostamisel mõtet. Vaadeldud pindala moodustas lae pindalast 0,18% ning 95% nõudega saab hinnata siiski vahelae B klassile vastavaks.

Teise laena analüüsi 10-korruse vahelae, paksus $b=300/500$ mm ning hinnatav pindala $A=620$ m². Betooni klass: C30/37 XC1, S4. Betoonivalu kuupäev 30.08.22 ning lahtiraketamise kuupäev 05.09.22. Betoneerimisel välisõhu temperatuur +17°C. Betoneerimisel kasutati Peri lavaraketist.



Foto 2.4.3.2 Objekt B, lagi 2

Tabel 2.4.3.2 Objekt B, lagi 2: Tarindi pinna kokkuvõte

Tarindi pinna kokkuvõte		
Kvaliteeditegur	Nõudele vastavus	
	Korras	Puudulik
Mügar	x	
Süvend		x
Vertikaalse pinna poorid	-	-
Raami jälg	-	-
Astmelisuus kilpidel	-	-
Astmelisuus vahetükkidel	-	-
Valuhaav	x	
Horisontaalse pinna poorid	x	
Horisontaalse pinna astmelisuus	x	
Horisontaalse pinna hõrevalu	x	
Vertikaalse pinna hõrevalu	-	-
Pinna lainelisuus	x	
Praad	x	

B objekti teine lagi oli tunduvalt kehvemas seisus kui esimene. Alates 4. korrusest muutus vahelae pindala väiksemaks ning tüüpkorrusel oli perimeetril 500 mm paksusega tala. Just selles osas tehtud vaatlus oli ka kõige kehvema pinna kohta kuna seal olid suured parandatud hõrevalu pinnad ning süvendid.

Mittevastavad olid 3 süvendit, millest kõik olid tunduvalt üle lubatud normide. Kõikide puhul oli põhjuseks raketisel pinnalt koristamata mustus – kivid, saepuru. Pesemise käigus ühte kohta uhutud mustus jäi kuhja ning peale betoneerides jäi see peale raketise eemaldamist nähtavale. Selliste probleemide parandamine on lihtne – tuleb vaid auk ära puhastada ja seguga täita, sest sellise puhastamata pinna jätmine lakke on vastuvõetamatu igale tellijale ka siis kui lagi viimistletakse või kaetakse ripplaega.

Hõrevalu tekkel oli sama põhjus nagu süvenditega kuid seal oli juba parandused tehtud ning fotol 2.4.3.2 nähtavad tumedad kohad on selgelt eristatavad varasemad probleemsed kohad. Hõrevalu pind tuleb alati parandada kuna armatuur peab olema

betooniga kaitstud. Lae pinnal oli näha ka pragusid kuid nende laiused jäid 0,05 mm piiresse ning nendega pinna klassi puhul arvestama ei pidanud. Arvestades 95% nõudega saab siiski selle lae pinna lugeda B klassile vastavaks, sest vahelae ulatust arvestades 5% on 31 m², mille osas võib mittevastavusi esineda.

Mõlema vahelae puhul esinevad tüüpilised lavaraketisega betoneerimisel ilmnevad probleemid ning sellest tulenevalt, nagu ka varasemalt lavaraketiste kasutamise kohta öeldud, on neid mõistlik kasutada vaid kaetavate lagede puhul. Hammastus ja korduvast kasutusest tulenevad augud, kahjustused ja mustusest tingitud probleemid on peamiselt tingitud raketise pinnamaterjali kulumisest kuid ka osaliselt hooletusest ja tehnoloogilistest probleemidest (kiirustamisest tingitud hammastus ja ebapiisav betoneerimise-eelne puhastus).

2.5 Objekt C

Eramaja Tallinnas – läbi kahe korruse ehitatud monoliitbetoonist väga kvaliteetsete betoonpindadega ehitatud hoone, kus enamik pindadest on puhasvalupinnad. Objektivaatluse käigus analüüsiti mõlema korruse poste, seinu ja vahelagede pindasid. Objektile tellitud pinnaklass BÜ4:2010 A klass (puhasvalupinnad).

Järgnevatel katsetulemuste tabelites esitatud andmed on toodud nende pinnakvaliteedile kehtestatud nõuete kohta, mille suhtes leiti mittevastavusi tabelites 2.1.1.1 ja 2.1.1.2 toodud nõuetes. Analüüsis kasutatud katsetulemused on leitavad lisades 3.1 kuni 3.6.

2.5.1 Postid

Esimesena analüüsiti 0-korruse posti, laius $a=200$ mm, pikkus $b=840$ mm, kõrgus $h=2,7$ m ning hinnatav pindala $A=5,62$ m². Betooni klass: C30/37 XC1, S4 ning soe betoonisegu. Betoonivalu kuupäev 12.02.21 ning lahtirakestamise kuupäev 15.02.21. Betoneerimisel välisõhu temperatuur -10°C. Betoneerimisel kasutati Texaform CR3 raketiseõli ning Peri raamraketist, mis kaetud uue filmivineeri kihiga.



Foto 2.5.1.1 Objekt C, post 1

Tabel 2.5.1.1 Objekt C, post 1: Tarindi pinna kokkuvõte

Tarindi pinna kokkuvõte		
Kvaliteeditegur	Nõudele vastavus	
	Korras	Puudulik
Mügar	x	
Süvend	x	
Vertikaalse pinna poorid		x
Raami jälg	x	
Astmelisuus kilpidel	x	
Astmelisuus vahetükkidel	-	-
Valuhaav		x
Horisontaalse pinna poorid	-	-
Horisontaalse pinna astmelisuus	-	-
Horisontaalse pinna hõrevalu	-	-
Vertikaalse pinna hõrevalu	x	
Pinna lainelisuus	x	
Praad	x	

Posti pinna kvaliteet oli ühelt poolt parem kui teine kuid see jaguneb õnneks nii, et kehvema pinnaga pool planeeriti ka kaetavaks pinnaks. Parema kvaliteediga pool on puhasvalu pind ning kui mõned mittevastavused välja arvata, on visuaalselt pilt hea.

Kuna tegemist oli esimese mõõdetud A klassi pinnaga, siis mügarikke ja süvendeid mõõdeti alates 2 mm kui varasemalt oli alumine mõõt 4 mm. Ainus mügarik, mis on liiga suure laiusega (13,7 mm), jääb kehvema ja kaetava poole peale. Sama on ka ainsa mittevastava süvendiga, mistõttu pole nende kummagi parandamine otstarbekas ja ei ole neid vaja arvestada ka pinna klassi vastavusse.

Pooride osas esinesid üksikud (3 tk) poorid, mis läbimõõdult ületasid lubatu. Kuna kogu pinna peale on 3 poori väga väike kogus, siis 95% nõudega saab pidada pinna pooride osas vastavavaks. Vajadusel, tellijaga kooskõlastades, on need võimalik ära täita ja seega mittevastavustest vabaneda. Pooride sügavuse osas probleeme ei esinenud.

Kuna post valati vineeriga kaetud kilpidega, siis raami jälge ega astmelisust fikseerida ei saanud. Vineerid, mis kinnitati raamraketise pinnale, olid paigaldatud täpselt ja nende omavaheline hammastus puudus.

Ühes osas esines posti pinnal valuhaav, mis küll oma sügavuselt oli nõuete piires, kuid laiuse ja pikkuse osas mittevastav. Selle parandamine jääks visuaalselt häiriv, sest ühtlase tulemuse saavutamiseks oleks vaja teha kogu haava ulatuses ühtlase laiusega paranduse riba, mis on aga tunduvalt laiem osadest valuhaava laiustest.

Lainelisusega samuti probleeme polnud ning tegelikult võib posti pinna hinnata A klassi alla, sest valuhaava väljanägemine nii väikese sügavuse korral ei ole eriti häiriv ja oma pindalalt jäi see samuti posti suhtes 5% sisse. Puhasvalu pinna puhul on pigem oluline tellija soov ja nägemus, mis määrab ära ka järeltööde tegemise ulatuse.

Teise postina analüüsiti 1-korruse posti, laius $a=200$ mm, pikkus $b=800$ mm, kõrgus $h=2,7$ m ning hinnatav pindala $A=5,4$ m². Betooni klass: C30/37 XC1, S4. Betoonivalu kuupäev 13.05.21 ning lahtirakestamise kuupäev 14.05.21. Betoneerimisel välisõhu temperatuur +22°C. Betoneerimisel kasutati Texaform CR3 raketiseõli ning Peri raamraketist, mis kaetud uue filmivineeri kihiga.



Foto 2.5.1.2 Objekt C, post 2

Tabel 2.5.1.2 Objekt C, post 2: Tarindi pinna kokkuvõte

Tarindi pinna kokkuvõte		
Kvaliteeditegur	Nõudele vastavus	
	Korras	Puudulik
Mügar	x	
Süvend	x	
Vertikaalse pinna poorid		x
Raami jälg	x	
Astmelisis kilpidel	x	
Astmelisis vahetükkidel	-	-
Valuhaav	x	
Horisontaalse pinna poorid	-	-
Horisontaalse pinna astmelisis	-	-
Horisontaalse pinna hõrevalu	-	-
Vertikaalse pinna hõrevalu	x	
Pinna lainelisis	x	
Praod	x	

Objekti teise posti üks pind oli valatud terves pinna ulatuses vineeriga kaetud kilbiga kuid teiselt poolt kahe raamraketise kilbiga, mis jättis keskele raami jälje. Sellest tulenevalt on ühes pinnas näha raami jälg, mis on aga nõuetele vastav, kuid objekti üldisest pinnakvaliteedist erinev (vineeriga kaetud puhasvalupind).

Ainus mügar betooni pinnal on kõrgusega täpselt 2,0 mm, mida siiski peab arvesse võtma kuna juhendmaterjalis on kirjas kõrgus alates $\geq 2,0$ mm. Mittevastavusi erines ka posti pooride puhul, nimelt 6 tükki nendest olid ülemõõdulised. Pooride koguse ja sügavuse osas probleeme ei esinenud. Kuna tegemist on puhasvalupinnaga, siis tuleks kindlasti kokku leppida tellijaga pindade seisukord ja järeltööde vajadus.

Üldiselt oli posti pind koridori pool väga hea kvaliteediga ning toa pool, kus oli kahe kilbiga valatud, ka vastavalt kehvem (poorid, laiguline). 95% vastavuse nõudele tuginedes saab posti pinna pidada A klassile vastavaks, sest kogu posti pindala peale esines vaid 6 liiga suurt poori.

Kuigi kahe posti betoneerimise ajavahemik oli pikk ning esimene valati talvel, teine suvel, siis suures plaanis väga erinevusi polnud, mis annab aimu ehitustehnoloogia korrektse järgimise osas. Samas betoonisegu külmumisest raketise külge või suvel palavaga tarduv segu jätavad sarnased probleemsed poorid, mis tähendab, et sarnast tehnoloogiat kasutades ei ole vahet kas betoneerimine toimub külmas või soojas. BÜ4 materjali kasutamine A klassi puhul nõudis rohkem täpsust, sest miinimumnõudeid (nt mügariku ja süvendi puhul) olid rangemad ja tuli kontrollida ka väiksemaidki ebatasasusi. Üldine praktiline kasutatavus oli sama nagu B klassi puhul ning ajaliselt samuti sarnane.

2.5.2 Seinad

Esimesena analüüsiti 0-korruse seina, laius $a=200$ mm, pikkus $L=2,56$ m, kõrgus $h=3$ m ning hinnatav pindala $A=7,38$ m². Betooni klass: C35/45 XC1, S4 ning soe betoonisegu. Betoonivalu kuupäev 11.01.21 ning lahtiraketamise kuupäev 15.02.21. Betoneerimisel välisõhu temperatuur -11°C . Betoneerimisel kasutati Texaform CR3 raketiseõli ning Peri raamraketist, mis kaetud uue filmivineeri kihiga.



Foto 2.5.2.1 Objekt C, sein 1

Tabel 2.5.2.1 Objekt C, sein 1: Tarindi pinna kokkuvõte

Tarindi pinna kokkuvõte		
Kvaliteeditegur	Nõudele vastavus	
	Korras	Puudulik
Mügar	x	
Süvend	x	
Vertikaalse pinna poorid		x
Raami jälg	x	
Astmelisuus kilpidel	x	
Astmelisuus vahetükkidel	-	-
Valuhaav		x
Horisontaalse pinna poorid	-	-
Horisontaalse pinna astmelisuus	-	-
Horisontaalse pinna hõrevalu	-	-
Vertikaalse pinna hõrevalu	x	
Pinna lainelisuus	x	
Praod	x	

Hinnatava seina pinnal mittevastavus esines pooride juures. Kuigi vaadeldava 1 m² kohta esines vaid ülemõdulisi poore 7 tk (mis on tegelikult vaadeldava ala kohta 54% kogu pooridest), olid need poorid piisavalt suured, et visuaalse väljanägemise rikkuda. Kuna tegemist oli talvise betoneerimisega, siis pooride teke võis olla samuti seotud külma raketise pinnale külmunud pritsmetega, mis peale lahtirakestamist augud jätsid. Suuremate pooride puhul oleks mõistlik nende täitmine kuid samuti on oluline tellija nägemus ja soov ja puhasvaluseinte puhul tuleks järeltööde teostamine kooskõlastada.

Valuhaava laius oli üle lubatud normi ning pikkus moodustas 48%, mis on samuti üle lubatu. Siiski oli valuhaav suhteliselt madal. Tõenäoliselt oli probleem raamraketise külge kinnitatud vineeride vuugis, mis ei olnud piisavalt tihedalt koos. Visuaalse poole pealt oli see siiski mitte eriti häiriv kuna seina peal oli vaid 3 vineeri ühenduskohta ja suure pinna peale oli visuaal ühtlane. Parandamine oleks keeruline ja rikuks pigem seina väljanägemise, sest parandatud koht oleks esile tõstetud.

Kuigi esines mittevastavusi, siis olid need mõned üksikud ja 95% pindalast oli siiski vastav A klassi nõuetele.

Teise seinana analüüsiti 1-korruse seina, laius $a=200$ mm, pikkus $L=4,95$ m, kõrgus $h=2,7$ m ning hinnatav pindala $A=13,37$ m². Betooni klass: C35/45 XC1, S4. Betoonivalu kuupäev 21.05.21 ning lahtirakestamise kuupäev 24.05.21. Betoneerimisel välisõhu temperatuur +13°C. Betoneerimisel kasutati Texaform CR3 raketiseõli ning Peri raamraketist, mis kaetud uue filmivineeri kihiga.



Foto 2.5.2.2 Objekt C, sein 2

Tabel 2.5.2.2 Objekt C, sein 2: Tarindi pinna kokkuvõte

Tarindi pinna kokkuvõte		
Kvaliteeditegur	Nõudele vastavus	
	Korras	Puudulik
Mügar	x	
Süvend	x	
Vertikaalse pinna poorid	x	
Raami jälg	x	
Astmelisuus kilpidel	x	
Astmelisuus vahetükkidel	-	-
Valuhaav	x	
Horisontaalse pinna poorid	-	-
Horisontaalse pinna astmelisuus	-	-
Horisontaalse pinna hõrevalu	-	-
Vertikaalse pinna hõrevalu	x	
Pinna lainelisuus	x	
Praod	x	

Selle objekti parima pinnana on teine sein peaaegu ideaalne betoonpind. Kõik tabelis 2.1.1.1 esitatud tarinditele esitatud nõuded on piiride sees ja üldine väljanägemine on samuti väga hea. Ainsad probleemid väljanägemise osas olid 2 toonierinevuse kohta vineeride vuukides (osaliselt vee ja peenosise läbijooks, osaliselt raketiseõlist tingitud tumenemine). Kuna sügavust ega kõrgust nendel polnud, siis ei saa neid arvestada valuhaava alla. Pigem on tegemist halva juhusega ning vineeri materjalist tuleneva probleemiga. Kui vuuki ei suleta (silikoon vms), siis mingil määral jääb ikkagi vuugi vahe alles kuhu võib tekkida valuhaav. Siiski saab kindlalt öelda, et antud sein on A klassi nõuetele vastav kuna ühtegi mittevastavust pinna peale polnud.

Kahe seina puhul on oluliselt märgata paigalduse ning betoneerimise tehnoloogia erinevust. Lisaks on siinkohal oluline ka ilmastikutingimused, sest teise seina betoneerimiseaegne välisõhutemperatuur on betoneerimiseks peaaegu ideaalne ilm (oleneb ka sademetest ja päikesest ning tuulest), mis tähendab, et ei pea eriti rõhku

pöörama aspektidele, mida oleks aga vaja jälgida külma või kuuma ilmaga betoneerimisel. Juhendmaterjal oli seinte kontrolli puhul lihtsasti arusaadav ja kasutatav, sest mittevastavusi esines väga vähe ja nõudeid mida saab kontrollida iga pinna puhul (hammastus, tasasus jne) oli sama lihtne fikseerida kui mis tahes tarindi puhul.

2.5.3 Laed

Esimesena analüüsiti 0-korruse vahelage, paksus $b=250$ mm ning hinnatav pindala $A=206$ m². Betooni klass: C30/37 XC1, S4. Betoonivalu kuupäev 25.03.21 ning lahtirakestamise kuupäev 01.04.21. Betoneerimisel välisõhu temperatuur +4°C. Betoneerimisel kasutati Peri tüüptala-laeraketist.



Foto 2.5.3.1 Objekt C, lagi 1

Tabel 2.5.3.1 Objekt C, lagi 1: Tarindi pinna kokkuvõte

Tarindi pinna kokkuvõte		
Kvaliteeditegur	Nõudele vastavus	
	Korras	Puudulik
Mügar	x	
Süvend	x	
Vertikaalse pinna poorid	-	-
Raami jälg	-	-
Astmelisuus kilpidel	-	-
Astmelisuus vahetükkidel	-	-
Valuhaav	x	
Horisontaalse pinna poorid	x	
Horisontaalse pinna astmelisuus	x	
Horisontaalse pinna hõrevalu	x	
Vertikaalse pinna hõrevalu	-	-
Pinna lainelisuus	x	
Praod		x

Esimese vahelae vaatlusel esines mittevastavus ainult pragude osas. Ülejäänud lae pind oli peaaegu ideaalne ja järeltööde käigus olid kõik vuugid viimistletud 5 mm ribaga, mis tagasid ka visuaalse korrektsuse vineeride ühenduskohtades ja katsid valuhaavad.

Praod esinesid vahelae keskosas, mis on tingitud suhtelisest suurest sildeavast (lae toetumine vaid servades seintele). Mahukahanemisest tingitud pragusid polnud kuid vaadeldud ruutmeetrist väljaspool esines veelgi pragusid, samuti lae keskmises osas.

Võttes arvesse pragude ulatust, ei saa sellele laele anda A klassi pinna vastavust, kuid samas tekib küsimus juhendis antud nõuete kohta, et kas need kehtivad mahukahanemisest tekkinud pragude kohta või konstruktiivsete pragude kohta. Viimase puhul pole õiglane arvestada neid pragusid pinnakvaliteedi nõuetes, sest betoonitööde tegijal võimuses pole mõjutada vahelae (või ka nt. talade) läbipainet, sest nemad teevad tööd projekti järgi. Seega tuleks arvestada betooni pinnakvaliteediga juba projekteerimise faasis.

Teise laena analüüsiti 0-korruse vahelage, paksus $b=250$ mm ning hinnatav pindala $A=220$ m². Betooni klass: C30/37 XC1, S4. Betoonivalu kuupäev 11.06.21 ning lahtirakestamise kuupäev 17.06.21. Betoneerimisel välisõhu temperatuur +20°C. Betoneerimisel kasutati Peri tüüptala-laeraketist.



Foto 2.5.3.2 Objekt C, lagi 2

Tabel 2.5.3.2 Objekt C, lagi 2: Tarindi pinna kokkuvõte

Tarindi pinna kokkuvõte		
Kvaliteeditegur	Nõudele vastavus	
	Korras	Puudulik
Mügar	x	
Süvend	x	
Vertikaalse pinna poorid	-	-
Raami jälg	-	-
Astmelisuus kilpidel	-	-
Astmelisuus vahetükkidel	-	-
Valuhaav	x	
Horisontaalse pinna poorid	x	
Horisontaalse pinna astmelisuus	x	
Horisontaalse pinna hõrevalu	x	
Vertikaalse pinna hõrevalu	-	-
Pinna lainelisuus	x	
Praod	x	

Lae pinnal leidis kaks mügarikku alla 2 mm, mida A klassi nõuete järgi arvesse ei võeta. Süvendeid lae pinnal polnud. Horisontaalse pinna pooridest leidis pinnal ainult üks poor 1 mm läbimõõduga, mida samuti nõuete kohaselt ei loeta. Ülejäänud nõuded olid samuti A klassi pinnale vastavad ning seega saab pinna arvestada ka A klassile vastavaks.

Samas fotol 2.5.3.2 on näha lae pinnal mitmeid hõrevalu ja/või valuhaava sarnaseid kohti, mis aga olid ülejäänud pinna suhtes tasased ja seega ei saa neid mittevastavuste alla hinnata. Nende tasasuse tõttu on ka nende parandamine väga keeruline ja nõuab olulist planeerimist, hoolekust ja tellijaga eelnevalt kooskõlastada järeltööde teostamine. Ilmselt sellise koha peal tuleb pinna kvaliteediga lihtsalt leppida ja arvestada, et betooni pind, mistahes ettevalmistuse korral, ei pruugi tulla ikkagi selline nagu planeeritud.

Objekti C lagede pinnakvaliteet oli väga hea, mis peamiselt väljendub uue pinnamaterjali kasutamises ja paigaldustehnoloogias (täpselt, ilma hammastuseta paigaldatud vineeritahvlid). Ka betoneerimisel on rõhku pandud stabiilsele intervallile ja tihendamisele, et vältida külmvuuke ja valuhaavu ning see aeg on ennast ära tasunud sest lae pinnad on A klassile vastavad (2010 variandi järgi ka AA klassile kui välja jätta värvus). Juhendmaterjali kasutatavus lagede pindade juures on samuti praktikas suhteliselt lihtne kuid pinna vastavuse hindamine 95% nõuet jälgides on samuti osaliselt ülekohtune tellija suhtes, sest nt 200 m² lae puhul võib 10 m² olla mittevastav ning see on väga suur osa kui kasutada nt 0,5 m² osasid.

2.6 Objekt D

Büroohoone Tallinnas – 9-kordne post-plaat süsteemiga ehitatud monoliitbetoonist hoone, kus -1. korrus on parkla. Objektivaatluse käigus analüüsiti 1. ja 2. korruse poste ning seinu ja -1. ja 1. korruse vahelagede pindasid. Objektile tellitud pinnaklass BÜ4:2010 A klass.

Järgnevat katsetulemuste tabelites esitatud andmed on toodud nende pinnakvaliteedile kehtestatud nõuete kohta, mille suhtes leiti mittevastavusi tabelites 2.1.1.1 ja 2.1.1.2 toodud nõuetes. Analüüsis kasutatud katsetulemused on leitavad lisades 4.1 kuni 4.6.

2.6.1 Postid

Esimesena analüüsiti 1-korruse ümarposti, läbimõõtu $d=400$ mm, kõrgus $h=3,63$ m ning hinnatav pindala $A=5,69$ m². Betooni klass: C30/37 XC4, XD1, XF2/KK2, S3,5 ning õhku manustav lisand. Betoonivalu kuupäev 20.04.18 ning lahtirakestamise kuupäev 21.04.18. Betoneerimisel välisõhu temperatuur +9°C. Betoneerimisel kasutati Texaform CR3 raketiseõli ning Peri metallraketist.



Foto 2.6.1.1 Objekt D, post 1

Tabel 2.6.1.1 Objekt D, post 1: Tarindi pinna kokkuvõte

Tarindi pinna kokkuvõte		
Kvaliteeditegur	Nõudele vastavus	
	Korras	Puudulik
Mügar	x	
Süvend	x	
Vertikaalse pinna poorid		x
Raami jälg	x	
Astmelisis kilpidel	x	
Astmelisis vahetükkidel	x	
Valuhaav	x	
Horisontaalse pinna poorid	-	-
Horisontaalse pinna astmelisis	-	-
Horisontaalse pinna hõrevalu	-	-
Vertikaalse pinna hõrevalu	x	
Pinna lainelisis	x	
Praod	x	

Metallraketisega valatud posti kohta on tegemist üsna tavalise tulemusega. Peale pooride olid kõik muud tegurid nõuetekohased. Osaliselt oli poorsus põhjustatud nii õhku manustava lisandi, puuduliku vibreerimise kui ka halva juhuse tõttu ja seega sattusid betooni pinnale ka suuremad poorid kui BÜ4:2022/2023 juhendis lubatud. Sellest olenemata on posti pind hea kvaliteediga ning pooride kogus on samuti väike, mistõttu pole ka otstarbekas poore parandama hakata (suurim poor ainult 4,3 mm üle lubatu). Kuna tegemist on parkla alaga, siis ilmselt ei märka keegi posti pinnal neid üksikuid suuremaid poore.

Eelnevast tulenevalt võiks posti pinna 95% nõude kohaselt liigitada ka A klassi pinna alla. Isegi 95% nõuet mitte arvesse võttes on posti pind kvaliteetne ja 4 ülemõõdulist poori ei ole nii suur viga, et muuta posti pinna A klassi pealt B klassiks.

Teise postina analüüsi 2-korruse ümarposti, läbimõõt $d=400$ mm, kõrgus $h=2,55$ m (poorsuse vaadeldav kõrgus $h=1,1$ m) ning hinnatav pindala $A=3,20$ m². Betooni klass: C35/45 XC4, XD1, XF2/KK2, S3,5 ning õhku manustav lisand. Betoonivalu kuupäev 23.05.18 ning lahtirakestamise kuupäev 24.05.18. Betoneerimisel välisõhu temperatuur +20°C. Betoneerimisel kasutati Texaform CR3 raketiseõli ning Peri metallraketist.



Foto 2.6.1.2 Objekt D, post 2

Tabel 2.6.1.2 Objekt D, post 2: Tarindi pinna kokkuvõte

Tarindi pinna kokkuvõte		
Kvaliteeditegur	Nõudele vastavus	
	Korras	Puudulik
Mügar	x	
Süvend	x	
Vertikaalse pinna poorid		x
Raami jälg	x	
Astmelisis kilpidel	x	
Astmelisis vahetükkidel	x	
Valuhaav	x	
Horisontaalse pinna poorid	-	-
Horisontaalse pinna astmelisis	-	-
Horisontaalse pinna hõrevalu	-	-
Vertikaalse pinna hõrevalu	x	
Pinna lainelisis	x	
Praod	x	

Ainsa postina selle lõputöö raames ei vaadeldud poore kogu pinna ulatuses. Kuni kõrguseni 1,1 m oli pooride kogus suur kuid üle selle esinesid ainult üksikud poorid ja seetõttu oli otstarbekam vaadelda probleemset ala, et hinnata ka pooride kogust ruutmeetri kohta. Kogu pinna poore vaadeldes oleks hinnatav pindala üle 2 korra suurem, mis muudaks ka koguse ruutmeetri kohta väiksemaks.

Hinnatav pindala pooride analüüsil oli seega 1,38 m². Ülemõõdulisi poore leidis selle ala peal 14 tükki, suurim neist 16,1 mm. Ainsa erandina oli ka üks poor (läbimõõt 9,2 mm), sügavuse poolest probleemne, 29,0 mm. Pooride hulk samas oli vaadeldava ala kohta 46 tk/1 m² kohta, mis on A klassi nõuete kohane.

Arvestades, et esines ülemõõdulisi poore, peaks post olema A klassile mittevastav. Lisaks 95% pinna vastavust on keeruline hinnata. 14 mittevastava poori pindala on kindlasti 95% nõude sees, samas poorsuse vaadeldava ala peale 14 mittevastavat poori oli 30%, mis on üle lubatud 5% ja kui võtta ka maksimaalne lubatud poorsus 60 tk/1 m², on ülemõõduliste pooride kogus 23% kõigist poorides, mis ikkagi üle 5%. Tegemist on aga jälle parkla alaga ning seega võiks arvestada, et 14 poori on posti pinna peale tühine kogus ja järeltööde otstarbekust peab kooskõlastama tellijaga. Ainult üksikute suuremate pooride täitmine ei ole eriti otstarbekas ning töömees, kes seda tegema peaks, ei hakka neid üksikuid ülemõõdulisi poore üles otsima. Seega on pooride osas paranduste tegemine ebamõistlik.

Postide pinnakvaliteedi ja mittevastavuste põhjused on sarnased nagu eelmisel objektidel ning oluliselt oleks saanud pinnakvaliteeti parandada lihtsalt hoolika tihendamisega (suuremad pooride mittevastavused alumises pooles). BÜ4 materjali kasutatavuse osas tuleb posti 2 puhul välja pinna valik vastavuse hindamisel – kuna on ette antud pooride lubatud kogus ruutmeetri kohta, siis võib olla pindala nii suurem kui ka väiksem. Just väiksema pindala valikul väheneb ka lubatud pooride hulk ning kui näiteks minna pindalani 0,1 m², siis on A klassi lubatud pooride hulk 6 tk (10 korda väiksem). Mõistlik oleks kehtestada ka mingi alampiir pindala valiku jaoks, kas siis ainult pooride osas või igale nõudele kus on antud midagi ruutmeetri kohta.

2.6.2 Seinad

Esimesena analüüsiti 1-korruse seinat/ tugimüüri, laius $b=200$ mm, pikkus $L=20,61$ m, kõrgus $h_1=3,1$ m, $h_2=0,89$ m ning hinnatav pindala $A=41,12$ m². Betooni klass: C35/45 XC4, XD1, XF2/KK2, S4. Betoonivalu kuupäev 13.06.18 ning lahtirakestamise kuupäev 15.06.21. Betoneerimisel välisõhu temperatuur +17°C. Betoneerimisel kasutati Texaform CR3 raketiseõli ning Peri raamraketist, mis kaetud uue filmivineeri kihiga.



Foto 2.6.2.1 Objekt D, sein 1

Tabel 2.6.2.1 Objekt D, sein 1: Tarindi pinna kokkuvõte

Tarindi pinna kokkuvõte		
Kvaliteeditegur	Nõudele vastavus	
	Korras	Puudulik
Mügar	x	
Süvend		x
Vertikaalse pinna poorid		x
Raami jälg	x	
Astmelisuus kilpidel	x	
Astmelisuus vahetükkidel	-	-
Valuhaav		x
Horisontaalse pinna poorid	-	-
Horisontaalse pinna astmelisuus	-	-
Horisontaalse pinna hõrevalu	-	-
Vertikaalse pinna hõrevalu	x	
Pinna lainelisuus	x	
Praod		x

Välisseina/tugimüüri pinna suhtes leitud mittevastavusi neljas valdkonnas. Vaadeldud 1 m² kohta fikseeriti 2 süvendit mis sügavuse poolest oleks nõuetekohased, kuid laiuse tõttu enam ei sobinud ja ka visuaalselt olid kohe silmatorkavad. Nende parandamine tuleks siiski eelnevalt kooskõlastada tellijaga. Kuna tegemist on auto- ja kõnniteest suhteliselt kaugel asuva seinaga, siis visuaalses mõttes ei jää need siiski kellelegi silma kuna otsest liikumist selle kõrval pole (vaatluskaugus teelt ca 20 m). Sama olukord on ka pooridega, kus üksikud lubatust suuremad poorid tegelikult pole visuaalses osas probleemsed. Valuhaav selle sama pinna ulatuses oli küll pikkuse tõttu mittevastav, aga väikese sügavuse ja laiuse tõttu on see sarnaselt pooride ja süvenditele ebaoluline.

Praod esinesid pinnal ühes osas, olles üksteise järel reas. Muidu võiks arvestada neid pragusid ühe konstruktiivse praona, aga siiski olid vahed sees. Nelja prao kogupikkuse mõttes on need nõuetele mittevastavad, kuid juhendis puudub pragudele kehtestatud kogus, mistõttu võiks iga prao võtta oma pindala peale (alla 1 m²) ning saaks pragude osas pidada pinda A klassile vastavaks.

Tasasuse ja lainelisuse osas mittevastavusi ei esinenud ning pinna üldine väljanägemine oli samuti suure ala peale hea. Pigem kaugelt vaadates jääb silma valu kihtide vaheline külmuuk, mis valamise ajal tekkinud on. Selle eemaldamine aga vajab suuremat pinna töötlust ning enamuse juhtudel on ebapraktiline ja vahel ka teostamatu. Kõiki mittevastavusi arvesse võttes saaks 95% pinna vastavuse nõudega pidada pinna A klassi alla.

Teise seinana analüüsiti 1-korruse seinat/ tugimüüri, laius $b=200$ mm, pikkus $L=9,34$ m, kõrgus $h=1,47$ m ning hinnatav pindala $A=13,73$ m². Betooni klass: C35/45 XC4, XD3, XF2/KK2, S4. Betoonivalu kuupäev 13.06.18 ning lahtirakestamise kuupäev 15.06.21. Betoneerimisel välisõhu temperatuur +17°C. Betoneerimisel kasutati Texaform CR3 raketiseõli ning Peri raamraketist, mis kaetud uue filmivineeri kihiga.



Foto 2.6.2.2 Objekt D, sein 2

Tabel 2.6.2.2 Objekt D, sein 2: Tarindi pinna kokkuvõte

Tarindi pinna kokkuvõte		
Kvaliteeditegur	Nõudele vastavus	
	Korras	Puudulik
Mügar	x	
Süvend	x	
Vertikaalse pinna poorid		x
Raami jälg	x	
Astmelisuus kilpidel		x
Astmelisuus vahetükkidel	-	-
Valuhaav	x	
Horisontaalse pinna poorid	-	-
Horisontaalse pinna astmelisuus	-	-
Horisontaalse pinna hõrevalu	-	-
Vertikaalse pinna hõrevalu	x	
Pinna lainelisuus	x	
Praod	x	

Üldisest seinast pinnast erines fotol 2.6.2.2 nähtav alumine vasak nurk, kus 0,36 m² ulatuses fikseeriti lisas 4.4 toodud poorid. Ülejäänud hinnatava seinast peale esines ainult paar lubatud mõõtude piires poori, mistõttu pole nende hindamine pinnaklassi määramisel oluline. Kõige kehvema ala peale leiti 14 ülemõõdulist poori (suurim 28,2 mm). Pooride sügavuse puhul mittevastavusi ei esinenud. Tõenäoliselt on pooride teke seotud vähese vibreerimisega ning osaliselt ka ilmastikuga – sooja temperatuuriga valades vastu raketist, tardub vineeri pinnale jäänud betoon ja pritsmed, mis vineeri eemaldamisel võivad betooni pinnast kaasa tulla. Betoneerimine vastu raketist mõjutab ka hilisemat värvitooni (jääb tumedam nagu fotol 2.6.2.2 näha), sest sooja ilmaga kuivab see pind kiiremini ja jääb tumedam.

Arvestades raamraketise peale lisatud filmivineeri astmelisust samade nõuete järgi nagu on kehtestatud raamraketisele, siis ühes kohas esines mittevastavus – 2,5 mm. Üldiselt on astmelisuse parandamine keeruline töö ning aeganõudev ja lõpptulemus võib välja näha hullem kui esialgne olukord. Lisaks on hammas suurem lubatust vaid 0,5 mm ning selle visuaalne eristamine (kas 2,0 mm või 2,5 mm) silmaga on peaaegu võimatu.

Kogu seinast pindala peale on 0,36 m² vaid 3%, mille alusel võiks seinast ikkagi A klassi alla määrata. Siiski võib arvestada, et analüüsitud pooridest 33% olid lubatust suuremad. Suuremaid poore on võimalik täitmisega parandada ja õige parandusseguga võib saada ka tooni mõistes hea tulemuse. Siiski tuleks parandustööde otstarbekust kooskõlastada eelnevalt tellijaga.

Objekti D seinad olid ainsana ka tugimüüri funktsiooniga, teine neist pidevalt vaatlusalas (vahetult panduse ääres) ning seega peaks olema ka vastava A klassi pinnaga. Nende kahe seinast puhul ei ole väljanägemine eriti hea ning pigem oleks pidanud rõhku panema rohkem tehnoloogilistele aspektidele – raketise paigaldus (hammastus), betooni tarnimine (intervallidest tekkiv külmvuuk) ning tihendamine (samuti külmvuuk, poorid) ja raketiseõli paigaldus (osalised tumedad laigud mis võivad olla tingitud materjali kulumisest ja pinna veeimavusest). Mittevastavuste osas erilisi etteheiteid küll polnud aga siiski A klassi dekoratiivne pind võiks olla parem, mis tähendab, et ka juhendamaterjalis oleks oluline klasside defineerimise juures arvestada pinnamaterjali seisukorraga. Näiteks kui tegemist A klassiga, siis peab olema vineer suuremate kahjustusteta (nt. armatuuri kriimud, katkine vineeri pind, aga ei pea olema uus) või AA puhul (kui arhitekt nii ette näeb) täiesti uus pinnamaterjal.

2.6.3 Laed

Esimesena analüüsiti -1-korruse vahelage, paksus $b=300$ mm ning hinnatav pindala $A=640$ m². Betooni klass: C35/45 XC4, XD3, XF4/KK4, S3,5. Betoonivalu kuupäev 17.04.2018 ning lahtirakestamise kuupäev 26.04.2018. Betoneerimisel välisõhu temperatuur +5°C. Betoneerimisel kasutati Peri tüüptala-laeraketist



Foto 2.6.3.1 Objekt D, lagi 1

Tabel 2.6.3.1 Objekt D, lagi 1: Tarindi pinna kokkuvõte

Tarindi pinna kokkuvõte		
Kvaliteeditegur	Nõudele vastavus	
	Korras	Puudulik
Mügar	x	
Süvend	x	
Vertikaalse pinna poorid	-	-
Raami jälg	-	-
Astmelisuus kilpidel	-	-
Astmelisuus vahetükkidel	-	-
Valuhaav	x	
Horisontaalse pinna poorid	x	
Horisontaalse pinna astmelisuus	x	
Horisontaalse pinna hõrevalu		x
Vertikaalse pinna hõrevalu	-	-
Pinna lainelisuus	x	
Praod	x	

Vahelae vaadeldava 1 m² pinna peal esines üks üle 2 mm mügar, mis aga oma mõõtmetelt on nõuetele vastav. Ülejäänud pinna mittevastavused on tegelikult suhteliselt raskelt eristatavad ning võiks hinnata kahte varianti – kas lae pinda vaadelda pooride, süvendite, valuhaavade ja pragude komplektina või hinnata kogu pinda hõrevalu alaks, mis käesoleval juhul on pigem teine, hõrevalu.

Vaadeldes lae pinda lähemalt on fotolt 2.6.3.1 näha alumises osas diagonaalselt kulgev pragu, mis tõenäolisemalt on siiski valamise ajal tekkinud külmuugi serv. Ülejäänud pinna poorne ala on samuti ebastandardne hõrevalu pind. Tekib see sellest, et lage valatakse sektsioonide kaupa ning kuskilt maalt liigutakse edasi-tagasi mööda lae pinda ja valatud osa jääb tarduma kuniks betoneerijad sinna tagasi jõuavad ja vuugi kohas vibreerivad. Samal ajal, olenevalt lae suuruselt, jõuab pooleli jäetud kohas betoonisegu tarduda piisavalt, et tekiks külmuuk, mida hiljem uue betooniseguga kokku vibreerida on küllaltki keeruline ja nõuab erilist hoolekust. Betoneerimise ajal ilmselt sellele kahjuks erilist rõhku ei panda ja seega jääb lae pinnale selgelt eristatav, teise tooniga vuugi koht. Lisaks vuugi servale, pritsib betoneerimise ajal betooni armatuuri pealt ka vuugist kaugemale ja sarnaselt kogu vuugile hakkavad ka üksikud pritsmed või väikesed kuhjad tarduma. Hiljem peale valades on juba tardunud betoonisegu all ja kui alumise armatuurikihi all vibreerimine jääb kasinaks, siis tekib sellel vahelael näha olev hõrevalu pind, mis ei ole küll ühtlaselt tühi, aga siiski laiguline, rohkete pooridega ja üldiselt kehva väljanägemisega. Selle vältimiseks on võimalik betoonisegu töödeldavust suurendada, lisada tardumist aeglustavat lisandit või hoolikamalt vibreerida vanema ja uuema betoonisegu vuugikohta.

Selline hõrevalu ei ole A klassi pinna puhul aktsepteeritav ning vahelae pind pole seega A klassi nõudele vastav. Samas sellise hõrevalu pinna parandamine nõuab korrektsust, oskusi ning aega ja kindlasti kooskõlastamist tellija ja tema soovidega, et pind vastaks arhitekti nägemusele. Arvestada tuleb ka tabelis 2.1.1.1 toodud hõrevalu pinna nõuetega, kus on kirjas, et hõrevalu mittevastavus tuleb alati parandada [2]. Betoonipiimaga kaetud osad tuleks piigata tühjaks ja täita parandusseguga, mille värvitooni erinevus jääb madalama vahelae korral lihtsalt silma häirima. Samas on tegemist parkla laega ning parandamisel pole suurt mõtet.

Teise laena analüüsi 1-korruse vahelage, paksus $b=210$ mm ning hinnatav pindala $A=870$ m². Betooni klass: C35/45 XC4, XD3, XF4/KK4, S3,5. Betoonivalu kuupäev 18.05.2018 ning lahtirakestamise kuupäev 24.05.2018. Betoneerimisel välisõhu temperatuur +13°C. Betoneerimisel kasutati Peri tüüptala-laeraketist.



Foto 2.6.3.2 Objekt D, lagi 2

Tabel 2.6.3.2 Objekt D, lagi 2: Tarindi pinna kokkuvõte

Tarindi pinna kokkuvõte		
Kvaliteeditegur	Nõudele vastavus	
	Korras	Puudulik
Mügar	x	
Süvend	x	
Vertikaalse pinna poorid	-	-
Raami jälg	-	-
Astmelisuus kilpidel	-	-
Astmelisuus vahetükkidel	-	-
Valuhaav	x	
Horisontaalse pinna poorid		x
Horisontaalse pinna astmelisuus	x	
Horisontaalse pinna hõrevalu	x	
Vertikaalse pinna hõrevalu	-	-
Pinna lainelisuus	x	
Praod	x	

Tegemist küllaltki sarnase olukorraga nagu lae 1 puhul, kus on keeruline eristada, kas tegemist pooridega või hõrevaluga. Lae 2 puhul on fotolt 2.6.3.2 näha tunduvalt väiksemad probleemsed kohad ning sel korral hinnati poore kuna hõrevalu pindala tuleks tühiselt väike. Kokku mõõdetu pooridest olid 2 tükki suuremad kui 10 mm ning sügavuse osas olid kõik nõuetele vastavad. Kahe mittevastava poori osas tasub parandustööd ette võtta vaid tellija tungival soovil. Kehva pinna tekkepõhjus sama nagu lagi 1 puhul (külmuuk).

Pinnal esinesid üksikud mügarikud ja süvendid kuid need ei olnud üle 2 mm kõrguse/sügavusega, mistõttu neid arvestama ei pea. Üks probleemne valuhaav oli vineeride ühenduskohas, kõrgusega 1,6 mm ja laiusega 2,2 mm ning vaadeldava ala vuugist moodustas pikkus ca 48%, mis tegelikult on üle lubatud piiri.

Pigem on lae betoneerimisel kasutatud vineer suhteliselt kahjustunud pinnaga ja üldine visuaalne väljanägemine on halb ja mitte A klassi vääriline. Kuigi nõuete kohaselt jääb 95% vastavuse alusel laele A klassi nõude vastavus, siis laigulisus ja vineeri kahjustusest tingitud kohad peaks kvaliteedi alla tõmbama kuid nende asjus pole nõudeid esitatud ja selle reguleerimine oleks liiga keeruline (pigem kokkuleppeline lisanõue tellija poolt). Samas on tegemist 3,6 m kõrge oleva parkla vahelaega, mille väljanägemine ei ole eriti tähtis.

Vahelagedel objekti D puhul olid suhteliselt sarnased mittevastavused ja hõrevalu pinda on kõige keerulisem parandada. Osaliselt sellepärast, et see on vertikaalne pind ning parandussegu võib kergelt laest alla kukkuda ning ka sellepärast, et oma ebamäärase kuju tõttu jätab ta lakke ka vastava laigu. Seda on võimalik näiteks katta, kui teha probleemse koha ümber teibist piirjoon ja lagi seguga selle järgi viimistleda, kuid samuti jääb lakke ruut, mida on ikkagi näha. Vahelagede betoneerimisel tuleks olla lihtsalt hoolikam ning sooja temperatuuri puhul tuleks betoonisegule tellida tardumist aeglustav lisand, et oleks võimalik külmuugi tekkekoht läbi vibreerida ja tagada sellega ühtlasem pinna väljanägemine. BÜ4 juhendmaterjali kasutamine lagede puhul oli sel korral oluliselt keerulisem, sest kindlalt määratleda mingit mittevastavust polnud lihtne – kas hõrevalu või muude mittevastavuste kogu. Sellisel puhul oleks kasulik juhendmaterjali lisada informatiivseid mittevastavuste näidisfotosid, mille järgi saaks kasutaja vigasid klassifitseerida.

3. SOOVITUSED JUHENDI KOOSTAMISEL

Võrreldes BÜ4:2010 variandiga on tehtud uue BÜ4:2022/2023 juhendmaterjali osas olulisi täiendusi, parandusi ja muudatusi nii eelmise variandi nõuete väärtuste koha pealt kui ka sisulistes punktides. Kõige olulisemad täiendused autori arvates on seotud osapoolte koostöö kirjeldamisega ning nende võimaluste, õiguste ja ka kohustuste selgitamise osas, sest BÜ4 juhendmaterjal on igale osapooltele kasulik vahend ja järgimiseks kõigile. Järgnevas peatükis on analüüsitud BÜ4:2022/2023 materjalis toodud peatükke, mille kohta on autor lisanud betoonitööde teostaja praktilisest küljest tulenevalt nii soovitusi, nõuandeid kui ka märkuseid, mida võiks koostajad arvesse võtta juhendi edasisel valmimisel. Peamine rõhk on betooni pinna klassifitseerimise nõuetele esitatavate arväärtuste ja vastavuse kontrollimiseks valitavate pindade ja nõuete osas.

3.1 Pindade klassifitseerimine

Võrreldes BÜ4:2010 variandiga on ära kaotatud AA klassi pindadele esitatavad arvulised nõuded ning edaspidi tuleb arhitektil (koostöös tellijaga) kirjeldada spetsiifiliselt betooni pinda. See on kõrge kvaliteediga betoonpindade puhul mõistlik lahendus, et vältida hilisemaid probleeme, parandusi ja lammutamisi. Oluliselt lihtsustab seega tööde teostamine kõrgete pinnanõudmiste korral ehitaja poole pealt, sest kui tellija soovib B klassi pinda, aga annab näiteks ette mingi kindla hammastuse väärtuse, mida ületada ei tohi, saab selle pinna arvestada AA klassi alla ning vastavalt sellele kujuneb betoonitöödele ka uus hind vastavalt erinõuetele.

C klassi asendamine klassifitseerimata pinnaga lihtsustab oluliselt arhitektooniliselt ebaoluliste pindade betoneerimist (nt. vundamendid), mille tarindi vastavus seisneb ainult standardis EN:13670 esitatud geomeetriliste parameetrite järgimises [2].

3.1.1 Värvierinevused

Betoontarindite pinnavärvuse mõjutajate kohta on BÜ4:2022/2023 juhendmaterjalis piisavalt informatsiooni ja märkusi, millega arvestada betoneerimisel, kuid puudub konkreetne värvuse hindamise meetod nagu oli BÜ4:2010 versioonis. On arusaadav, et betooni pinna värvus sõltub mitmetest asjaoludest ja peaaegu kunagi ei tea, milline lõplik pind peale lahtirakestamist välja näeb. Oluline oleks tööde teostaja jaoks kirja panna, et näiteks arhitekti poolset värvitooni esitatud nõuded viivad A klassi betooni pinna üle AA klassi ning eeldavad konkreetseid soove tellijalt. Kõrgete värvitooni

nõuetega tarindite betoneerimine tuleb hästi läbi mõelda ja betoneerimise hetkeks teha kokkulepped nii betoonitarnijaga, et võimaldatakse ühtlase intervalliga betooni tarnimist objektile (segu värvuse erinevuse vältimiseks), kui ka tööde teostajaga, et ei tekiks ehitustehnoloogiast tulenevaid probleeme (tihendamine, raketiseõli paigaldus, raketise puhtus, betoonisegu kukkumise kõrgus).

Värvitoonide klassifitseerimise süsteemi kaotamine on hea muutus töövõtja jaoks, sest tellija on kohustatud visuaalseid värvitooni nõudeid eraldi projektis kirjeldama ning seega pole võimalik hilisemalt A või B klassi pinna kohta mingeid nõudmisi toonierinevuse või laigulisuse kohta esitada. Siiski ei vabasta see tööde teostajat hea ehitustava järgi ehitamisest ning ehitaja peab tegema võimalikult kvaliteetse betooni pinna antud võimaluste piires.

3.1.2 Betoonitarindite praod

BÜ4:2022/2023 juhendmaterjalis on kirjas:

Pragunemise piiramist võib oodatavast tulemusest lähtuvalt jaotada kolme rühma [2]:

- Pragude asukohta, laiust ja hulka ei piirata;
- Pragude asukohta, laiust ja hulka piiratakse;
- Lubatakse ainult mikropragude esinemine (praod laiusega alla 0,05 mm).

Kvaliteedinõuete osas kehtestatud pragude nõuded on antud ühtlaselt kõikidele pragudele, ilma selgituseta, millist tüüpi pragudele nõuded kehtivad. BÜ4:2022/2023 juhendmaterjalis on ka öeldud, et paindele töötava konstruktsiooni puhul pole pragude vältimine alati võimalik. Seega on väär kehtestada konstruktiivsete pragudega tarinditele pinnakvaliteedi nõuded, mille osas vastavuse tagamist nõutakse betoonitööde teostaja käest, kes aga ise projekteerijate pooliku töö eest tegelikult vastutama ei peaks.

Kasutades ka pragude mõõtmise mikroskoopi (nt. Matest), on prao laiuse hindamine väga keeruline ja aeganõudev, sest see varieerub kogu 150 mm lõigu ulatuses ning 150 mm lõigu laiust oleks mõistlik hinnata visuaalselt kogu prao ulatuses kõige laiema koha pealt. Ebapraktiline on kasutada kindla laiusega prao kohta kindlat lubatud prao pikkust nt (0,1/500) ning veel selle osakaalu prao kogupikkusest. Hoopis mõistlikum oleks anda

maksimaalne prao laius prao kogupikkuse ulatuses ja maksimaalne lubatud prao kogupikkus.

Juhendmaterjalis pragude nõuete tabelis on määratlemata 0,05 mm ja 0,1 mm laiuste vahemikus olevate pragude kogupikkus. Nõuded tabelis 2.1.1.2 esitatakse alates 0,1 mm pragudele ja kui anda ette näiteks üks maksimaalne lubatud prao laius, siis kaoks ka see küsimus ära. Lisaks 0,05 mm ja 0,1 mm laiusega prao eristamine on väga aeganõudev ja ka mõttetu töö.

Osaliselt vajaks täiendavat selgitust ka pragude lubatud kogupikkus pindala kohta, sest hetkel jääb arusaamatuks, kuidas valida praoga seotud pindala. Leidub mitmeid variante – valida mööda prao kulgemist nt 1 cm laiusega riba või siis prao ümber tõmmata ruut/ristkülik maksimaalselt 1 m² pindalaga. Samas kui võtta väiksem, näiteks 0,5 m² pindala, millest väljaspool pragu edasi jookseb, siis ei ole juhendmaterjalis selgitatud, sellel väiksemal pindalal kehtivad samad nõuded nagu maksimaalselt 1 m² kohta või siis on vastavalt ka 2 korda lühem prao lubatud kogupikkus. Mõistlik oleks selles osas kasutajatele visuaalse joonisega selgitada nagu on tehtud fotode 2.1.1.1, 2.1.1.2 ja 2.1.1.3 puhul.

Juhendmaterjalis on antud prao pikkuse mõõtmine 150 mm murdjoone abil kuid nõuetes etteantud kogupikkused pole 150 mm kordsed arvud (500 ja 1000 mm), mis tähendab, et mõistlikum oleks kasutada 100 või 200 mm murdjoont. Lisaks vajab selgitamist, kas prao pikkuse mõõtmist tehakse murdjoone täisosadega (nagu on tehtud käesolevas töös) või mõõdetakse ikkagi täpse pikkusega, sest teisel juhul tuleb ka täpsustada (näiteks B klassi puhul) prao lubatud laiuste pikkuseid, kas ühe murdjoone osa kohta fikseeritakse 0,1 mm laiusega praod iga sentimeetri täpsusega või murdjoone osale antakse üks keskvärtus.

3.1.3 Paigalvalatud pindade kvaliteedinõuded

Kõige olulisema tabelina nii 2010. aasta variandis kui ka uues, on kvaliteediteguritele esitatud nõuded AA, A, B ja C klassi kohta (tabel 2.1.1.1). Nagu peatüki 3.1 alguses selgitatud, siis BÜ4:2022/2023 variandis AA ja C klassile arvväärtuseid ette ei anta. A ja B klassile esitatud arvväärtused on osaliselt muutunud kuid osad väärtused on ka üle kantud BÜ4:2010 variandist.

Juhendis on kirjas lause: „Kui nõuded keskenduvad vaid kindlatele kvaliteedinäitajatele või sama pinna puhul eri klassidest valitud kvaliteedinäitajatele, siis tuleb selle kohta teha projekti märged.“ [2] – sellise kirjelduse ning eriliste nõuete korral peaks olema tegemist juba AA klassi määratleva pinnaga. Kui valida B klassi sein ning võtta mingid nõuded (näiteks hammastus) A klassi nõuete järgi, siis on juba ette antud arhitekti poolt nõuded betooni pinnale ja BÜ4:2022/2023 kvaliteeditegurite tabelis on selgelt öeldud, et „arhitektil tuleb üksikasjalikult kirjeldada nõuded betooni pinnale ning vajadusel esitada võimalikult detailne töökirjeldus soovitud tulemuse saavutamiseks“ [2]. Kaheti mõistetav olukord, kus peaks näiteks juhend ütlema kindlalt, et kui mingeid nõudeid (mis puudutavad pinnakvaliteeti, mitte nt. näidise tegemine või järeltöötamise täpsustus) muudetakse, täiendatakse või võetakse teiste klasside juures, siis on tegemist AA pinnaga.

Järgnevalt analüüsitakse BÜ4:2022/2023 juhendmaterjalis toodud kvaliteeditegurite tabelis (tabel 2.1.1.1) olevaid nõudeid ja nende sobivust. Kirjutatud on vaid nendest kvaliteediteguritest, mille osas on autoril märkuseid või ettepanekuid. Kvaliteediteguri puudumisel järgnevast loetelust tähendab, et lõputöö analüüside praktilisest kogemusest nõuded on õigustatud ja väärtused sobivalt valitud.

- Pinna osakaal, mis peab vastama esitatud nõuetele

Tegemist on uue nõudega, mis on variant üksikute mittevastavustega mitteametamisega, et saaks pinda pidada klassile vastavaks. Näiteks kui on tegemist mõne üksiku suurema pooriga või ebatasasusega betooni pinnal, mille parandamine on asjatu ajakulu ja arhitektooniliselt ebavajalik.

Juhendmaterjalis vajaks selgitust 95% väärtuse arvestamine, sest hetkel on arusaamatu, kas seda hinnatakse peale esmast elementaarsest puhastust või juba parandatud pinna korral. Peale parandamist eemaldatakse tavaliselt kõik mittevastavused, mis tähendaks, et pind on 100% klassile vastav, seega peaks olema selgitus juhendis vastava koha peale lisatud.

Teine arusaamatus on 95% pinna hindamisega – kas loetakse ainult mittevastavuste pindalasid (probleemsete pooride pindalade summa) või hinnatavate pindalade kogusummat (nt. 3 probleemset 0,5 m² pindalaga kohta kogu seina pindalal). Lisaks vajaks selgitust, kuidas hinnata näiteks 95% nõuet kui tegemist valuhaavadega. Selle puhul saaks arvestada

näiteks valuhaavade kogupikkuse vastavust kogu pinnale esineva vuugi pikkusega või siis valuhaava kogupikkust kogu pindalaga suhtes. Tegemist seega suhteliselt keeruliselt mõistetava kvaliteediteguriga, mille hindamine tekitab pigem probleeme juurde ja seda iga erineva teguri hindamisel.

Pinna 95% vastavuse nõue (hetkel, ilma selgitusteta) on segadusttekitav ning ebavajalik (ja ka ebatäpne), sest kogu magistritöö käigus analüüsitud 24-st tarindist vaid 6 olid pinna nõuetele vastavad ilma 95% nõude rakendamiseta. Peale nõude kasutamist olid pinnale vastavad aga 20 tarindit. Juhendmaterjalis puudub põhjalik selgitus nõude kasutamise kohta ning õige sõnastuse juures saab hetkel peaaegu iga pinna lugeda klassile esitatud nõuetele vastavaks ja osapoolte vahelised vaidlused ei lõppegi.

– Mügar ja süvend

Üldiselt on mügarike ja süvendite osas väärtused muutmata. Ühe täiendusena on lisatud, et mis mõõdust alates ebatasasusi arvestatakse ning see on väga oluline täiendus (varasemalt sai seega arvestada ka nt 0,1 mm kõrgusega mügarike).

Soovitus oleks muuta B klassi mügarike ja süvendite algmõõt sarnaselt A klassile 2 mm või siis 3 mm peale, sest lõputöö raames analüüsitud kõikide B klassi pindade osas leiti vaid 2 süvendit üle 4 mm (objekt B, lagi 1 ja lagi 2). See on ilmselgelt liiga tagasihoidlik nõue ja kui selliseid ebatasasusi võib olla 1 m² pinna peale olla kuni 40 tk mügarike + 40 tk süvendeid, siis ei ole seal pinnal lõpuks ühtegi tasast osa. Lisaks võiks muuta ka B klassi nõuete all olev lubatud suurim arv 20 peale eelmises lauses öeldu põhjal (sarnaselt A klassile). Praeguste nõuete ületamiseks peab valama väga kehvast seisusest oleva raketisega ning nende ületamine on isegi omaette väljakutse.

– Vertikaalselt ja horisontaalselt valatud pindade poorid

Võrreldes 2010. variandiga pole nõuete väärtuste osas midagi muutunud ning tegelikult on need ka mõistlikud. Ainus mõeldav soovitus oleks eraldada pooride läbimõõdule ja sügavusele esitatavad suurused, sest (näiteks vertikaalse pinna pooride) A ja B klassi nõue, vastavalt 10 ja

12mm, on sügavuse jaoks väga tagasihoidlik ning kõikide lõputöö käigus analüüsitud pooride hulgas oli vaid 3 poori (objekt D, post 2; objekt B, post 2; objekt A, post 1), mille puhul fikseeriti probleem sügavusega. Samas poori visuaalsel väljanägemisel pole vahet, kas poor on 6mm sügav või 12mm, kui poori läbimõõt on normide piires, mistõttu ei pea seda muudatust ilmtingimata sisse viima.

– Raketisevuugis vee ja peenosakeste läbijooks (valuhaav)

Ainus soovitus oleks lisada sarnaselt mügarikele ja süvenditele alammäär, kust sügavuselt/kõrguselt ja laiuselt (kasvõi 1 mm) hakatakse arvestama valuhaava. Osad lõputöös mõõdetud valuhaavad olid sügavusega alla 1 mm, mis tähendab, et nii visuaalselt kui geomeetriselt see valuhaav polnud häiriv ning oli vaevu mõõdetav. Samas kui peaks esinema valuhaav, millel puudub sügavus või kõrgus kuid laiuse osas on ikkagi aru saada, et tegemist valuhaavaga (näiteks raamraketise jälje sisse tekkinud valuhaav), siis peaks juhendisse lisama kuidas hinnata selle vastavust. Puuduva kõrguse/sügavuse mõõdu korral on selline valuhaav ikkagi näha ja selle 100%-line vältimine tavalise raamraketise kasutamisel on keeruline töö.

Lisaks oleks oluline täpsustada valuhaavade arvu (% raketisevuukide pikkusest), mis A klassi puhul on 20% ning B klassi puhul 30%. Tuleks kasutajale selgitada, kas see 20% hinnatakse iga vuugi pikkuse kohta eraldi või võetakse kogu hinnatava pinna valuhaavade pikkused ning kogu pinna vuugi pikkus kokku. Võib juhtuda, et probleemse seina või lae pinna hindamisel (näiteks 1 m² peal 1-meetrine raketisevuuk kus esineb kogu ulatuses valuhaav) moodustabki kogu vuugi ainult valuhaav (100%).

– Horisontaalselt ja vertikaalselt valatud pindade valuviga (hõrevalu)

Mõlema kvaliteedikirjelduses on kirjas, et tuleb alati parandada. Siiski on ette antud nõuded lubatud suurusele (m²) ning kogusele (tk/100 m²). Seega tekib küsimus, mis eesmärgil on antud lubatud suurus ja kogus, kui hõrevalu pind tuleb alati parandada ning parandatud pinna osas ei ole enam mittevastavusele esitatud nõuded arvestatavad.

KOKKUVÕTE

Lõputöö eesmärk oli reaalsetel ehitusobjektidel analüüsida monoliitsete raudbetoonkonstruktsioonide pindadele kehtestatud BÜ4:2022/2023 juhendmaterjalis esitatud kvaliteeditegureid. Konkreetsete tarindite vastavuse analüüsimine projektijärgsele tellitud pinnaklassile annab võimaluse hinnata uue BÜ4:2022/2023 juhendmaterjali praktilist kasutatavust. Igal objektil analüüsiti kahte betoonposti, kahte betoonseina ning kahte betoonvahelage.

Objektide tarinditest olid BÜ4:2022/2023 juhendmaterjali pinnakvaliteedi nõuetele (ilma 95% osakaalu vastavusega) projektikohaselt vastavad 7 tarindit 24-st (29%). Objekti A puhul oli B klassile vastav ainult lagi 1. Objekti B puhul polnud ühtegi B klassile vastavat betooni pinda. Objekti C puhul olid A klassile vastavad 3 tarindit – post 1, sein 2 ja lagi 2. Objekti D puhul jagunesid tarindid täpselt samamoodi nagu objekti C puhul. Betoonitarnijatest parema tulemuse sai tarnija „I“, millel oli 4 nõuetele vastavat tarindit 12-st. Tarnijal „II“ oli 3 nõuetele vastavat tarindit 12-st ehk tegelikult oli tulemus sarnane.

Statistika tundub väheste vastavate tarindite näol tagasihoidlik ning tekib küsimus millest tuleneb mittevastav pinna kvaliteet. Tegelikult enamuse mittevastavuste korral on peamine põhjus üksikutes ülemõõdulistes poorides. Tarindi pinna vastavusel projektijärgsele klassile on arvestatud iga nõude (v.a osakaalu nõue) vastavusele. See tähendab, et ka ühe puuduse korral on kohe pind mittevastavaks arvestatud.

Kõiki kvaliteeditegureid on võimalik parandada kuid enne järeltöödega alustamist tuleks järeltööde otstarbekust kooskõlastada tellija ja arhitektiga kuna enamuse parandustöödest jäävad betooni pinnal nähtavad ja lõpuks võivad näha välja visuaalselt kehvemad kui enne (teine tekstuur, värvus/toon, ebalooslik väljanägemine). Sellegipoolest on osad parandused õigustatud ning mõnel juhul juhendist tulenevalt ka kohustuslikud (hõrevalu).

BÜ4:2022/2023 juhendmaterjalis on osaliselt täiendatud pindadele esitatud nõudeid, mis aga praktikast tulenevalt on mõne teguri puhul lihtsasti mõistetavad ja mõõdetavad kuid osade puhul vajaks rohkem selgitusi juhendi koostajate poolt. Betoonitarindi vastavuse kontroll on oma loomult aeganõudev töö ja selle tegemine tuleks ette võtta vaid viimases hädas.

Eelnevast tulenevalt võib väita, et BÜ4:2022/2023 juhendmaterjal on praktikas hästi kasutatav ning uue ja täiendatud variandi kirjutamine on igati õigustatud. Uues

variandis on piisavalt mõistlike ja läbimõeldud täiendusi ja uut sisulist materjali, mis muudavad juhendmaterjali 2010 aasta variandiga võrreldes veelgi kasulikumaks. Magistritöö kolmandas peatükis kirjeldatud soovitusi ja märkuseid tuleks siiski osaliselt arvestada või läbi arutada kuna mõjutavad otseselt praktilist kasutatavust ning ühtset arusaadavust. Peale selle väldivad ka võimalike osapoolte vahelisi vaidlusi ja arusaamatusi tarindite klassi vastavuse hindamisel. Endiselt on olulised osapoolte vaheline suhtlus ja koostöö, et saavutada betoontarindite ehitamisel soovitud tulemused.

SUMMARY

The aim of the thesis was to analyse the quality factors presented in the instruction material BÜ4:2022/2023 established for the surfaces of monolithic reinforced concrete structures on real construction sites. The analysis of the conformity of specific structures to the surface class ordered after the project provides an opportunity to assess the practical usability of the new BÜ4:2022/2023 instruction material. Two concrete posts, two concrete walls and two concrete ceilings were analysed at each site.

Of the structures on the construction sites, 7 out of 24 (29%) according to the project complied with the surface quality requirements of BÜ4:2022/2023 instruction material (without 95% compliance). In the case of construction site A, only the ceiling nr 1 was compliant to class B. In the case of construction site B, there was no concrete surface compliant to class B. In the case of site C, there were 3 structures compliant to class A - post 1, wall 2 and ceiling 2. In the case of site D, the structures were divided in the same way as in the case of site C. Supplier "I", which had 4 out of 12 compliant structures, performed better than the second concrete supplier. Supplier "II" had 3 out of 12 compliant structures, so in fact the result was similar.

The statistics seem modest in the form of a such few compliant structures, and the question arises as to why the quality of the surface is non-compliant. In fact, majority of the non-conformities are caused by few oversized pores. The conformity of the surface of the structure to the project surface class has been considered for the conformity of each requirement (except for the proportion requirement). It means that even in the event of one defect, the surface is immediately considered non-conforming.

All quality factors can be improved, but before starting the work, the feasibility should be agreed upon with the client and the architect, as most of the repairs will remain visible on the concrete surface and may end up looking worse than before (second texture, colour/ tone, unnatural appearance). However, some corrections are justified and, in some cases, mandatory due to the guidelines (sparse casting).

BÜ4:2022/2023 has partially supplemented the requirements for surfaces, which due to practice are easy to understand and measure for some factors, but other factors would need more explanation by the compilers of the guide. Checking the conformity of a concrete structure is inherently time consuming and should only be undertaken in the final trouble.

Based on the above, it can be stated that the instruction material BÜ4:2022/2023 is well-used in practice and the writing of a new and improved version is fully justified. The new version contains sufficiently reasonable and well-thought-out additions and new substantive material that will make the guidance material even more useful than the 2010 version. However, the recommendations and remarks described in Chapter 3 of the master's thesis should be partially considered or discussed as they directly affect practical usability and common understanding. Furthermore, they avoid potential disputes and misunderstandings between parties when assessing the structures conformity of a class. Communication and cooperation between the parties is still important to achieve the desired results in the construction of concrete structures.

KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] Eesti Betooniühing, *BÜ4 Batoon ja raudbatoon. Betooni pinnad*, Tallinn, ET-INFOkeskuse AS, 2010.
- [2] Eesti Betooniühing, *BÜ4 Batoon ja raudbatoon. Betooni pinnad 2022/2023*, avaldamata.
- [3] L. Du, K. J. Folliard, „Mechanisms of air entrainment in concrete,” raamatus *Cement and Concrete Research*, K. Scrivener, toim., Austin, Texas, USA: Elsevier, 2005, lk. 1463-1471.
- [4] B. Bissonnette, L. Courard, A. Garbacz, „Surface concrete defects,” raamatus *Concrete Surface Engineering*, London, UK, CRC Press, 2016, lk. 23-29.
- [5] M. Varimaa, „Kvaliteetse betoonpinna tagab kvaliteetne vormiõli,” väljaandes *Ehitaja*, märts 2013. Loetav: <https://www.betoon.org/wp-content/uploads/2019/08/Kvaliteetse-betoonipinna-tagab-kvaliteetne-vormi%C3%B5li.pdf>

LISAD

Lisa 1.1 Objekt A, post 1 katsetulemused

Tabel 1.1.1 Objekt A, post 1: Vertikaalse pinna poorid

Vertikaalse pinna poorid			Vertikaalse pinna poorid		
Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)	Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)
1	9,4	12,1	19	11,7	3,9
2	10,4	3,1	20	20,2	5,1
3	13,0	4,0	21	11,5	3,1
4	8,4	4,2	22	11,1	6,6
5	18,1	5,3	23	13,9	4,3
6	14,2	3,3	24	13,0	1,3
7	12,8	2,5	25	10,7	4,2
8	15,8	4,4	26	8,8	2,2
9	13,0	5,4	27	11,3	4,3
10	14,4	5,5	28	9,7	5,1
11	11,0	4,6	29	16,0	2,2
12	15,3	3,9	30	13,3	2,9
13	10,6	2,1	31	11,8	3,0
14	25,4	3,5	32	10,4	4,4
15	10,5	4,1	33	10,0	3,3
16	8,5	4,0			
17	18,8	2,7			
18	11,6	2,4			

Kogus (tk)	33
------------	----

Tabel 1.1.2 Objekt A, post 1: Raami astmelisus

Raami jälg ja astmelisus		
Jrk nr.	hamba kõrgus (mm)	Mõõtmise koht
1	0,6	1. jälg
2	0,4	
3	0,8	
4	1,0	
5	0,3	2. jälg
6	0,2	
7	0,4	
8	0,0	

Tabel 1.1.3 Objekt A, post 1: Pinna laineliskus

Pinna laineliskus		
Jrk nr.	Max. hälve 2m peale (mm)	Külg
1	1,0	1
2	2,0	2
3	0,0	3
4	1,0	4

Lisa 1.2 Objekt A, post 2 katsetulemused

Tabel 1.2.1 Objekt A, post 2: Vertikaalse pinna poorid

Vertikaalse pinna poorid			Vertikaalse pinna poorid		
Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)	Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)
1	8,0	8,2	23	6,0	2,4
2	8,8	2,6	24	7,2	4,0
3	17,2	4,3	25	9,7	3,1
4	6,1	2,7	26	10,2	1,7
5	5,7	1,7	27	5,8	2,2
6	6,8	2,6	28	5,7	6,0
7	9,5	3,3	29	5,7	2,0
8	6,8	2,1	30	6,5	3,6
9	6,5	2,2	31	5,9	1,2
10	14,4	6,9	32	7,2	2,0
11	5,7	2,4	33	14,2	1,1
12	6,8	1,8	34	6,8	5,2
13	10,5	3,3	35	6,2	2,3
14	11,4	5,0	36	6,9	2,2
15	5,1	3,2	37	7,9	2,7
16	7,4	2,0	38	7,6	5,3
17	8,0	2,5	39	9,0	2,8
18	5,9	4,5	40	5,8	2,0
19	5,1	4,7	41	5,3	2,5
20	7,9	3,5			
21	14,6	3,2			
22	6,7	2,9			
			Kokku (tk)	41	

Tabel 1.2.2 Objekt A, post 2: Raami jälg ja astmelisus

Raami jälg ja astmelisus		
Jrk nr.	hamba kõrgus (mm)	Mõõtmise koht
1	0,2	1. jälg
2	0,9	
3	0,7	
4	0,6	
5	1,0	2. jälg
6	0,5	
7	0,9	
8	0,6	

Tabel 1.2.3 Objekt A, post 2: Vertikaalne valuhaav

Vertikaalne valuhaav				
Jrk nr.	kõrgus (mm)	sügavus (mm)	laius (mm)	pikkus (mm)
1	1,0	-	2,1	216,0

Tabel 1.2.4 Objekt A, post 2: Pinna lainelisus

Pinna lainelisus		
Jrk nr.	Max hälve 2m peale (mm)	Külg
1	1,0	1
2	0,0	2
3	2,0	3
4	1,0	4

Lisa 1.3 Objekt A, sein 1 katsetulemused

Tabel 1.3.1 Objekt A, sein 1: Vertikaalse pinna poorid

Vertikaalse pinna poorid			Vertikaalse pinna poorid		
Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)	Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)
1	8,3	3,6	40	5,6	2,1
2	8,3	2,5	41	7,6	2,0
3	7,9	2,9	42	6,1	1,6
4	13,0	3,0	43	5,0	2,3
5	9,9	3,5	44	5,8	1,7
6	11,4	3,1	45	5,7	1,8
7	5,2	2,1	46	6,7	1,6
8	5,5	1,8	47	6,3	2,7
9	19,3	3,8	48	7,8	2,5
10	7,4	2,5	49	5,3	2,4
11	6,5	3,9	50	5,6	1,9
12	6,6	3,4	51	8,3	1,7
13	13,6	1,0	52	9,3	1,6
14	5,7	1,4	53	9,8	2,0
15	6,3	3,5	54	7,2	1,5
16	9,3	2,1	55	5,4	1,8
17	10,6	2,0	56	10,2	2,5
18	12,3	1,9	57	5,7	1,8
19	10,0	4,2	58	5,5	1,0
20	8,8	2,6	59	6,2	1,9
21	15,3	3,9	60	5,3	1,4
22	9,3	2,2	61	14,4	2,3
23	11,6	2,6	62	13,2	3,0
24	10,6	2,7	63	6,0	3,2
25	6,2	1,8	64	5,7	1,8
26	7,9	2,5	65	5,1	1,7
27	9,7	2,4	66	7,7	4,6
28	5,5	1,7	67	5,6	2,7
29	5,9	2,2	68	7,8	1,5
30	9,7	2,5	69	11,3	3,0
31	8,3	2,0	70	9,7	3,3
32	8,6	1,3	71	12,2	3,9
33	10,6	1,2	72	8,6	1,1
34	5,9	1,7	73	8,1	2,0
35	7,9	1,8	74	7,0	3,1
36	5,2	1,6	75	7,1	2,1
37	14,4	1,6	76	7,4	2,2
38	6,9	3,3	77	17,3	3,0
39	7,2	3,0	78	11,2	3,3

Vertikaalse pinna poorid		
Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)
79	10,4	1,8
80	8,5	2,4
81	8,8	2,5
82	9,2	2,4
83	6,1	2,6
84	6,8	2,7
85	9,1	2,5
86	6,4	2,0
87	5,2	2,1
88	6,5	2,5
89	11,7	2,6
90	6,9	2,8
91	5,7	2,2
92	7,9	3,0
93	8,8	2,7
94	6,1	1,4
95	9,5	2,2
96	9,3	2,2
97	17,6	3,2
98	5,9	1,9
99	15,8	3,3
100	9,4	2,5

Vertikaalse pinna poorid		
Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)
101	16,9	3,6
102	6,4	2,4
103	5,4	2,2
104	7,6	1,9
105	8,6	1,9
106	13,1	3,2
107	10,4	1,8
108	6,0	1,8
109	9,6	1,5
110	6,4	2,7
111	10,3	1,9
112	8,3	2,9
113	6,3	2,0
114	6,2	4,1
115	9,8	3,6
116	5,7	2,0
117	12,2	2,4
118	8,0	4,3
119	7,8	2,9
120	11,0	1,7

Kokku (tk)	120
------------	-----

Tabel 1.3.2 Objekt A, sein 1: Raami jälg ja astmelisus

Raami jälg ja astmelisus			
Jrk nr.	laius (mm)	sügavus (mm)	hamba kõrgus (mm)
1	22,0	2,1	1,3
2	22,0	1,9	0,9
3	20,0	2,0	1,0
4	19,0	1,6	0,0
5	21,0	1,9	0,8
6	23,0	2,8	0,2

Tabel 1.3.3 Objekt A, sein 1: Raami jälg ja astmelisus

Pinna lainelisus		
Jrk nr.	Max hälve 2m peale (mm)	Kilp
1	3,0	1
2	3,5	2
3	3,5	3
4	6,0	4
5	5,5	5
6	4,0	6

Lisa 1.4 Objekt A, sein 2 katsetulemused

Tabel 1.4.1 Objekt A, sein 2: Vertikaalse pinna poorid

Vertikaalse pinna poorid			Vertikaalse pinna poorid		
Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)	Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)
1	5,2	1,6	36	9,1	1,9
2	5,4	2,5	37	13,5	4,7
3	5,6	1,2	38	10,1	2,5
4	9,8	2,1	39	6,1	1,9
5	9,5	2,2	40	11,0	3,3
6	12,0	2,4	41	7,9	4,7
7	12,2	2,2	42	8,3	2,0
8	5,5	2,8	43	7,7	2,2
9	10,5	1,9	44	7,2	2,1
10	9,9	3,6	45	9,9	2,4
11	14,0	2,9	46	5,4	1,8
12	7,9	3,1	47	9,1	3,7
13	6,8	2,6	48	9,3	2,2
14	7,7	2,7	49	8,8	2,5
15	7,1	2,7	50	10,3	4,3
16	10,2	2,2	51	11,2	2,4
17	5,4	1,6	52	18,1	5,1
18	14,1	1,9	53	11,4	2,5
19	6,5	2,4	54	7,0	2,9
20	5,2	2,4	55	8,3	2,3
21	6,0	2,3	56	6,3	2,5
22	8,0	2,9	57	9,7	2,9
23	13,8	3,1	58	7,9	1,9
24	11,9	4,7	59	5,9	2,2
25	9,0	1,4	60	5,7	2,7
26	8,8	1,0	61	7,2	1,8
27	6,4	1,3	62	8,2	2,1
28	5,7	1,9	63	7,5	2,5
29	7,3	1,5	64	5,2	2,8
30	10,3	1,3	65	9,7	2,7
31	6,7	1,9	66	10,5	3,4
32	8,3	1,1	67	9,9	5,0
33	10,0	3,0	68	6,0	2,3
34	13,0	3,5			
35	9,2	0,9			
			Kokku (tk)	68	

Tabel 1.4.2 Objekt A, sein 2: Raami jälg ja astmelisus

Raami jälg ja astmelisus			
Jrk nr.	laius (mm)	sügavus (mm)	hamba kõrgus (mm)
1	21	1,2	0,1
2	20	1,1	0,7
3	20	1,3	1,3
4	23	1,5	1,4
5	22	1,2	1,0
6	19	2,0	0,5
7	20	2,3	1,4
8	21	2,2	0,8
9	21	1	0,3
10	-	-	2,2

Tabel 1.4.3 Objekt A, sein 2: Pinna lainelisus

Pinna lainelisus		
Jrk nr.	Max hälve 2m peale (mm)	Kilp
1	1,0	1
2	2,5	2
3	5,0	3
4	4,0	4
5	2,0	5
6	3,0	6
7	3,5	7
8	4,5	8
9	4,0	9

Tabel 1.4.4 Objekt A, sein 2: Praod

Praod									
Jrk nr.	Kogupikkus	Laius 1 (mm)	Pikkus 1 (mm)	Laius 2	Pikkus 2	Laius 3	Pikkus 3	Laius 4	Pikkus 4
1	14*150	0,1	2*150	0,2	2*150	0,3	4+1*150	0,4	5*150
2	8*150	0,1	150	0,2	2*150	0,3	3+1*150	0,5	150

Lisa 1.5 Objekt A, lagi 1 katsetulemused

Tabel 1.5.1 Objekt A, lagi 1: Horisontaalne valuhaav

Horisontaalne valuhaav				
Jrk nr.	kõrgus (mm)	sügavus (mm)	laius (mm)	pikkus (mm)
1	1,1	-	4,4	170,0

Tabel 1.5.2 Objekt A, lagi 1: Horisontaalne astmelisus

Horisontaalne astmelisus (s.200mm)	
Jrk nr.	hammas (mm)
1	7,0
2	7,2
3	6,8
4	6,0
5	6,2
6	4,0

Tabel 1.5.3 Objekt A, lagi 1: Pinna lainelisus

Pinna lainelisus	
Jrk nr.	Max hälve 2m peale (mm)
1	2,0
2	6,0

Lisa 1.6 Objekt A, lagi 2 katsetulemused

Tabel 1.6.1 Objekt A, lagi 2: Horisontaalne valuhaav

Horisontaalne valuhaav				
Jrk nr.	kõrgus (mm)	sügavus (mm)	laius (mm)	pikkus (mm)
1	-	1,2	2,2	315
2	1,7	-	5,1	640

Tabel 1.6.2 Objekt A, lagi 2: Horisontaalne astmelisus

Horisontaalne astmelisus (s.200mm)	
Jrk nr.	hammas (mm)
1	7,3
2	10,3
3	5,9
4	4,1
5	2,5
6	2,8

Tabel 1.6.3 Objekt A, lagi 2: Pinna lainelisus

Pinna lainelisus	
Jrk nr.	Max hälve 2m peale (mm)
1	2,0
2	4,0

Lisa 2.1 Objekt B, post 1 katsetulemused

Tabel 2.1.1 Objekt B, post 1: Vertikaalse pinna poorid

Vertikaalse pinna poorid			Vertikaalse pinna poorid		
Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)	Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)
1	6,4	2,2	18	6,1	2,2
2	5,2	1,5	19	5,2	2,9
3	5,3	1,7	20	6,0	2,9
4	13,0	1,8	21	5,5	3,4
5	8,5	2,1	22	8,0	1,7
6	5,0	4,4	23	5,9	1,6
7	10,1	2,4	24	7,3	4,1
8	5,0	3,0	25	8,0	2,8
9	5,2	3,6	26	5,5	3,8
10	6,9	3,5	27	6,6	3,7
11	6,9	2,3	28	5,9	2,1
12	6,8	1,4	29	5,2	2,3
13	5,8	2,2	30	6,4	2,0
14	5,3	3,9	31	6,8	2,4
15	6,9	2,6	32	6,4	2,6
16	5,8	3,5			
17	6,0	3,4			
			Kokku (tk)	32	

Tabel 2.1.2 Objekt B, post 1: Raami jälg ja astmelisus

Raami jälg ja astmelisus		
Jrk nr.	hamba kõrgus (mm)	Mõõtmise koht
1	0,6	1. jälg
2	0,5	
3	0,2	
4	0,5	
5	0,3	2. jälg
6	0,3	
7	0,5	
8	0,2	

Tabel 2.1.3 Objekt B, post 1: Vertikaalne valuhaav

Vertikaalne valuhaav				
Jrk nr.	kõrgus (mm)	sügavus (mm)	laius (mm)	pikkus (mm)
1	-	1,6	5,5	1195
2	0,9	-	2,8	590

Tabel 2.1.4 Objekt B, post 1: Pinna lainelisus

Pinna lainelisus		
Jrk nr.	Max hälve 2m peale (mm)	Külg
1	2,5	1
2	2,0	2
3	2,0	3
4	1,0	4

Lisa 2.2 Objekt B, post 2 katsetulemused

Tabel 2.2.1 Objekt B, post 2: Vertikaalse pinna poorid

Vertikaalse pinna poorid			Vertikaalse pinna poorid		
Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)	Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)
1	8,1	2,7	40	11,8	2,3
2	5,1	1,8	41	11,0	3,1
3	5,7	1,3	42	9,4	1,8
4	5,4	1,6	43	5,2	3,0
5	10,4	1,9	44	13,5	3,4
6	8,2	3,0	45	7,2	2,0
7	7,3	2,6	46	6,0	1,5
8	20,9	6,6	47	15,3	5,4
9	9,9	2,6	48	21,6	9,1
10	9,1	3,9	49	6,1	1,8
11	5,4	2,1	50	10,2	0,9
12	5,0	1,1	51	8,7	2,4
13	5,6	2,1	52	5,9	2,9
14	9,0	2,2	53	7,3	4,8
15	9,9	3,1	54	9,5	6,2
16	6,8	2,4	55	16,0	4,7
17	7,8	2,0	56	8,1	2,2
18	12,7	3,9	57	6,4	4,2
19	16,6	2,5	58	6,6	3,0
20	8,3	2,6	59	6,9	3,1
21	9,9	2,4	60	5,5	5,1
22	6,5	2,6	61	6,0	4,4
23	10,6	1,6	62	10,2	6,1
24	7,0	2,9	63	7,1	4,5
25	25,1	11,0	64	6,4	6,0
26	10,5	2,1	65	6,1	5,0
27	6,4	0,9	66	9,3	2,6
28	7,0	2,8	67	5,8	4,7
29	7,1	2,4	68	7,5	3,7
30	6,1	1,3	69	6,0	2,6
31	11,3	3,9	70	7,7	3,2
32	6,2	2,4	71	10,9	6,3
33	13,2	2,9	72	5,5	2,5
34	12,0	1,9	73	6,7	2,4
35	11,7	2,0	74	7,0	2,5
36	6,5	1,4	75	5,0	3,1
37	6,0	2,5			
38	9,9	5,6			
39	6,8	1,8			
			Kokku (tk)	75	

Tabel 2.2.2 Objekt B, post 2: Raami jälg ja astmelisus

Raami jälg ja astmelisus		
Jrk nr.	hamba kõrgus (mm)	Mõõtmise koht
1	1,5	1 külg
2	0,3	
3	0,5	
4	0,9	
5	0,6	2 külg
6	0,4	
7	0,7	
8	0,3	

Tabel 2.2.3 Objekt B, post 2: Vertikaalne valuhaav

Vertikaalne valuhaav				
Jrk nr.	kõrgus (mm)	sügavus (mm)	laius (mm)	pikkus (mm)
1	0,7	-	0,4	1410

Tabel 2.2.4 Objekt B, post 2: Pinna lainelisus

Pinna lainelisus		
Jrk nr.	Max hälve 2m peale (mm)	Külg
1	2,0	1
2	1,0	2
3	1,0	3
4	1,0	4

Lisa 2.3 Objekt B, sein 1 katsetulemused

Tabel 2.3.1 Objekt B, sein 1: Vertikaalse pinna poorid

Vertikaalse pinna poorid		
Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)
1	5,2	3,0
2	5,7	1,7
3	5,8	2,7
4	5,3	1,2
5	5,0	2,5
6	5,1	2,4
7	11,8	3,3
8	5,9	6,0
9	9,0	1,7
10	7,5	2,4
11	6,8	1,4
12	5,3	2,9
13	12,5	4,2

Kokku (tk)	13
------------	----

Tabel 2.3.2 Objekt B, sein 1: Raami jälg ja astmelisus

Raami jälg ja astmelisus			
Jrk nr.	laius (mm)	sügavus (mm)	hamba kõrgus (mm)
1	21	1,3	0,0
2	22	2,1	1,1
3	24	1,2	0,0

Vahetükid	laius (mm)	sügavus (mm)	hamba kõrgus (mm)
1	-	-	2,2
2	-	-	1,2
3	-	-	1,6
4	-	-	1,4

Tabel 2.3.3 Objekt B, sein 1: Vertikaalne valuhaav

Vertikaalne valuhaav					
Jrk nr.	kõrgus (mm)	sügavus (mm)	laius (mm)	pikkus (mm)	Möötmise koht
1	-	1,1	4,6	135	1. vuuk
2	-	0,5	4,4	172	
3	-	0,6	3,3	247	
4	-	0,4	1,9	126	2. vuuk

Tabel 2.3.4 Objekt B, sein 1: Vertikaalse pinna hõrevalu

Vertikaalse pinna hõrevalu	
Jrk nr.	suurus (m2)
1	0,05

Tabel 2.3.5 Objekt B, sein 1: Pinna lainelisis

Pinna lainelisis		
Jrk nr.	Max hälve 2m peale (mm)	Kilp
1	3,5	1
2	2,0	2
3	1,5	3
4	4,5	4
5	3,0	5
6	2,5	6
7	2,0	7
8	4,0	8

Tabel 2.3.6 Objekt B, sein 1: Praod

Praod							
Jrk nr.	Kogupikkus (mm)	L1 (mm)	P1 (mm)	L2 (mm)	P2 (mm)	L3 (mm)	P3 (mm)
1	8*150	0,05	2*150	0,1	2+3*150	0,2	150
2	3*150	0,1	3*150				
3	5*150	0,2	2+1*150	0,3	2*150		
4	6*150	0,1	1*150	0,2	3*150	0,3	2*150

Lisa 2.4 Objekt B, sein 2 katsetulemused

Tabel 2.4.1 Objekt B, sein 2: Vertikaalse pinna poorid

Vertikaalse pinna poorid			Vertikaalse pinna poorid		
Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)	Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)
1	7,7	2,7	40	6,9	2,6
2	6,4	1,6	41	13,2	1,9
3	5,8	2,4	42	10,4	1,6
4	6,9	2,1	43	7,2	2,1
5	13,8	3,8	44	8,4	2,0
6	5,1	1,8	45	7,5	2,6
7	13,5	6,6	46	11,2	3,3
8	7,1	3,5	47	9,3	2,8
9	9,3	1,7	48	5,4	3,5
10	12,7	3,5	49	8,1	1,3
11	9,8	4,5	50	6,4	3,0
12	9,7	3,7	51	6,8	2,0
13	11,4	5,4	52	6,7	3,5
14	11,3	4,1	53	5,0	1,5
15	10,2	3,0	54	5,2	1,7
16	5,8	1,8	55	11,0	2,5
17	5,1	1,7	56	7,7	3,7
18	10,7	2,6	57	8,2	2,2
19	8,0	2,7	58	5,4	3,0
20	6,8	1,2	59	11,1	2,6
21	5,2	1,9	60	6,9	4,2
22	18,2	3,3	61	17,3	4,2
23	8,0	4,8	62	7,4	3,2
24	8,6	2,5	63	5,1	2,1
25	5,8	4,0	64	7,6	2,0
26	6,4	2,1	65	5,2	2,6
27	8,2	3,6	66	5,3	2,6
28	7,8	3,2	67	5,6	2,3
29	9,0	3,3	68	6,3	3,1
30	5,2	2,7	69	14,5	1,8
31	7,9	2,4	70	6,6	2,6
32	5,5	1,9	71	9,2	1,9
33	5,8	1,2	72	9,3	4,8
34	8,2	2,6	73	10,2	3,1
35	7,6	1,9	74	5,9	3,2
36	11,8	2,2	75	9,4	2,7
37	8,2	3,7	76	10,9	4,8
38	14,5	3,5	77	6,5	2,1
39	5,6	2,3	78	5,5	2,0

Vertikaalse pinna poorid		
Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)
79	8,9	4,9
80	7,2	2,6
81	5,7	2,2
82	5,1	2,3
83	5,1	2,7
84	8,5	7,1
85	8,1	1,9
86	9,9	3,2
87	8,1	3,7
88	5,0	2,5
89	6,0	2,1
90	25,5	3,9
91	9,2	2,8
92	6,9	1,4
93	7,0	1,9
94	6,8	1,5

Vertikaalse pinna poorid		
Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)
95	14,5	7,6
96	9,4	5,3
97	10,0	4,3
98	5,0	2,1
99	15,6	2,6
100	5,1	5,9
101	11,3	2,6
102	13,2	2,2
103	8,1	2,2
104	5,1	2,8
105	5,2	2,1
106	5,1	2,2
107	5,8	2,7

Kokku (tk)	107
------------	-----

Tabel 2.4.2 Objekt B, sein 2: Raami jälg ja astmelisus

Raami jälg ja astmelisus			
Jrk nr.	laius (mm)	sügavus (mm)	hamba kõrgus (mm)
1	22,0	1,9	3,0
2	21,0	1,1	0,8
3	20,0	1,4	0,2

Vahetukid	laius (mm)	sügavus (mm)	hamba kõrgus (mm)
1	-	-	3,4
2	-	-	2,1

Tabel 2.4.3 Objekt B, sein 2: Vertikaalne valuhaav

Vertikaalne valuhaav				
Jrk nr.	kõrgus (mm)	sügavus (mm)	laius (mm)	pikkus (mm)
1	0,5	-	1,6	690

Tabel 2.4.4 Objekt B, sein 2: Pinna laineliskus

Pinna laineliskus		
Jrk nr.	Max hälve 2m peale (mm)	Kilp
1	2,0	1
2	1,0	2
3	3,0	3
4	1,0	4
5	3,0	5
6	1,0	6

Lisa 2.5 Objekt B, lagi 1 katsetulemused

Tabel 2.5.1 Objekt B, lagi 1: Süvend

Süvend		
Jrk nr.	sügavus (mm)	laius (mm)
1	4,5	71,5

Tabel 2.5.2 Objekt B, lagi 1: Horisontaalne valuhaav

Horisontaalne valuhaav				
Jrk nr.	kõrgus (mm)	sügavus (mm)	laius (mm)	pikkus (mm)
1	2,5	-	4,8	740

Tabel 2.5.3 Objekt B, lagi 1: Horisontaalne astmelisus

Horisontaalne astmelisus (s.200mm)	
Jrk nr.	hammas (mm)
1	2,0
2	1,4
3	1,7
4	2,7
5	1,1
6	0,9

Tabel 2.5.4 Objekt B, lagi 1: Pinna lainelisus

Pinna lainelisus	
Jrk nr.	Max hälve 2m peale (mm)
1	2,0
2	3,0

Lisa 2.6 Objekt B, lagi 2 katsetulemused

Tabel 2.6.1 Objekt B, lagi 2: Sävend

Sävend		
Jrk nr.	sügavus (mm)	laius (mm)
1	14,1	39,1
2	7,4	44,7
3	8,8	65,8

Tabel 2.6.2 Objekt B, lagi 2: Horisontaalne astmelisus

Horisontaalne astmelisus (s.200mm)	
Jrk nr.	hammas (mm)
1	2,7
2	3,5
3	2,5
4	1,3
5	1,9
6	3,5

Tabel 2.6.3 Objekt B, lagi 2: Pinna lainelisus

Pinna lainelisus	
Jrk nr.	Max hälve 2m peale (mm)
1	5,0
2	3,5

Lisa 3.1 Objekt C, post 1 katsetulemused

Tabel 3.1.1 Objekt C, post 1: Mügar

Mügar		
Jrk nr.	kõrgus (mm)	laius (mm)
1	2,5	13,7

Tabel 3.1.2 Objekt C, post 1: Süvend

Süvend		
Jrk nr.	sügavus (mm)	laius (mm)
1	2,8	10,5

Tabel 3.1.3 Objekt C, post 1: Vertikaalse pinna poorid

Vertikaalse pinna poorid		
Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)
1	8,8	4,7
2	8,2	1,1
3	5,1	1,0
4	5,8	2,7
5	5,0	1,8
6	8,1	2,7
7	7,0	2,1
8	6,2	3,9
9	8,0	1,7
10	9,1	3,3
11	5,7	3,5
12	5,0	4,3
13	20,9	5,1
14	7,7	4,8
15	5,6	2,4
16	16,8	3,5
17	11,5	4,5

Kogus (tk)	17
------------	----

Tabel 3.1.4 Objekt C, post 1: Vertikaalne valuhaav

Vertikaalne valuhaav					
Jrk nr.	kõrgus (mm)	sügavus (mm)	laius (mm)	pikkus (mm)	vuuk (mm)
1	-	2,0	17,5	420	840

Tabel 3.1.5 Objekt C, post 1: Pinna laineliskus

Pinna laineliskus		
Jrk nr.	Max. hälve 2m peale (mm)	Külg
1	2,0	1
2	2,0	2
3	1,0	3
4	2,0	4

Lisa 3.2 Objekt C, post 2 katsetulemused

Tabel 3.2.1 Objekt C, post 2: Mügar

Mügar		
Jrk nr.	kõrgus (mm)	laius (mm)
1	2,0	9,8

Tabel 3.2.2 Objekt C, post 2: Vertikaalse pinna poorid

Vertikaalse pinna poorid			Vertikaalse pinna poorid		
Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)	Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)
1	7,3	3,0	15	19,1	6,7
2	6,1	4,2	16	5,3	3,7
3	5,0	1,6	17	6,9	4,3
4	6,5	1,5	18	5,1	2,6
5	16,3	4,0	19	15,9	3,1
6	7,6	1,4	20	15,4	3,8
7	6,0	2,4	21	24,4	5,2
8	6,6	1,6	22	6,0	2,6
9	5,4	1,6	23	7,1	3,6
10	8,1	2,7	24	7,6	5,0
11	8,8	4,0	25	6,0	3,9
12	7,7	3,6	26	13,6	3,0
13	5,7	2,3			
14	7,3	1,7			
			Kogus (tk)	26	

Tabel 3.2.3 Objekt C, post 2: Raami jälg ja astmelisus

Raami jälg ja astmelisus			
Jrk nr.	laius (mm)	sügavus (mm)	hamba kõrgus (mm)
1	21,0	1,9	1,0

Tabel 3.2.4 Objekt C, post 2: Pinna laineliskus

Pinna laineliskus		
Jrk nr.	Max. hälve 2m peale (mm)	Külg
1	2,0	1
2	1,0	2
3	2,0	3
4	1,0	4

Lisa 3.3 Objekt C, sein 1 katsetulemused

Tabel 3.3.1 Objekt C, sein 1: Vertikaalse pinna poorid

Vertikaalse pinna poorid		
Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)
1	18,2	7,1
2	6,1	2,8
3	7,0	2,7
4	10,1	7,8
5	11,2	6,6
6	7,3	3,1
7	16,4	3,2
8	5,6	2,2
9	5,9	2,0
10	9,0	3,3
11	13,3	2,5
12	15,1	4,2
13	17,2	6,8

Kokku (tk)	13
------------	----

Tabel 3.3.2 Objekt C, sein 1: Vertikaalne valuhaav

Vertikaalne valuhaav				
Jrk nr.	kõrgus (mm)	sügavus (mm)	laius (mm)	pikkus (mm)
1	-	1,7	12,5	480

Tabel 3.3.3 Objekt C, sein 1: Pinna lainelisus

Pinna lainelisus		
Jrk nr.	Max hälve 2m peale (mm)	Kilp
1	2,5	1
2	1,5	2
3	1,0	3

Lisa 3.4 Objekt C, sein 2 katsetulemused

Tabel 3.4.1 Objekt C, sein 2: Vertikaalse pinna poorid

Vertikaalse pinna poorid		
Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)
1	7,8	2,3
2	7,7	4,1
3	6,4	2,2
4	7,6	3,9
5	6,6	2,0
6	5,2	1,6
7	6,4	2,3
Kokku (tk)		7

Tabel 3.4.2 Objekt C, sein 2: Raami jälg ja astmelisus

Raami jälg ja astmelisus			
Jrk nr.	laius (mm)	sügavus (mm)	hamba kõrgus (mm)
1	-	-	1,1

Tabel 3.4.3 Objekt C, sein 2: Pinna lainelisus

Pinna lainelisus		
Jrk nr.	Max hälve 2m peale (mm)	Kilp
1	2,0	1
2	1,0	2
3	0,0	3
4	1,5	4
5	2,0	5

Lisa 3.5 Objekt C, lagi 1 katsetulemused

Tabel 3.5.1 Objekt C, lagi 1: Horisontaalne astmelisus

Horisontaalne astmelisus (s.200mm)	
Jrk nr.	hammas (mm)
1	0,3
2	0,5
3	0,9
4	0,2
5	0,3
6	0,2

Tabel 3.5.2 Objekt C, lagi 1: Pinna lainelisus

Pinna lainelisus	
Jrk nr.	Max hälve 2m peale (mm)
1	2,0
2	3,0

Tabel 3.5.3 Objekt C, lagi 1: Praod

Praod					
Jrk nr.	Kogupikkus	L1 (mm)	P1 (mm)	L2 (mm)	P2 (mm)
1	4*150	0,1	150	0,2	3*150

Lisa 3.6 Objekt C, lagi 2 katsetulemused

Tabel 3.6.1 Objekt C, lagi 2: Horisontaalne astmelisus

Horisontaalne astmelisus (s. 200mm)	
Jrk nr.	hammas (mm)
1	0,5
2	0,0
3	0,0
4	0,8
5	0,7
6	0,4

Tabel 3.6.2 Objekt C, lagi 2: Pinna lainelisus

Pinna lainelisus	
Jrk nr.	Max hälve 2m peale (mm)
1	1,0
2	2,0

Lisa 4.1 Objekt D, post 1 katsetulemused

Tabel 4.1.1 Objekt D, post 1: Vertikaalse pinna poorid

Vertikaalse pinna poorid			Vertikaalse pinna poorid		
Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)	Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)
1	5,7	1,9	22	6,5	3,6
2	7,2	2,5	23	6,1	3,0
3	5,2	2,9	24	5,9	2,9
4	6,1	2,0	25	7,6	3,2
5	7,0	4,5	26	14,3	2,0
6	5,3	1,8	27	6,9	3,6
7	9,6	4,0	28	7,7	5,1
8	6,7	3,8	29	5,8	3,5
9	12,2	3,5	30	6,0	3,4
10	10,8	3,4	31	5,4	1,9
11	8,9	4,7	32	7,5	1,6
12	6,9	3,2	33	5,7	2,7
13	5,9	2,1	34	7,7	2,8
14	6,2	1,7	35	6,1	1,9
15	8,9	1,2	36	10,3	2,4
16	6,5	2,3	37	11,0	2,7
17	9,3	1,3	38	9,6	4,1
18	5,4	3,4	39	5,7	1,0
19	9,4	1,8	40	8,9	2,2
20	8,1	4,4			
21	8,8	1,9			
			Kokku (tk)	40	

Tabel 4.1.2 Objekt D, post 1: Raami jälg ja astmelisus

Raami jälg ja astmelisus		
Jrk nr.	hamba kõrgus (mm)	Mõõtmise koht
1	0,3	1. külg
2	0,5	
3	0,4	
4	0,1	
5	0,6	2. külg
6	0,3	
7	0,8	
8	0,6	

Tabel 4.1.3 Objekt D, post 1: Pinna laineliskus

Pinna laineliskus		
Jrk nr.	Max. hälve 2m peale (mm)	Külg
1	1,5	1
2	2,0	2
3	3,5	3
4	2,0	4

Lisa 4.2 Objekt D, post 2 katsetulemused

Tabel 4.2.1 Objekt D, post 2: Vertikaalse pinna poorid

Vertikaalse pinna poorid			Vertikaalse pinna poorid		
Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)	Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)
1	10,2	4,7	34	5,0	2,5
2	6,3	4,4	35	16,1	4,1
3	6,1	6,1	36	7,7	2,7
4	13,4	2,1	37	10,0	4,2
5	15,6	4,5	38	5,9	1,3
6	5,0	1,8	39	15,3	2,7
7	7,4	2,0	40	7,6	1,8
8	11,8	2,9	41	7,3	2,1
9	8,5	1,8	42	8,2	2,4
10	8,3	3,8	43	8,1	1,0
11	9,7	3,5	44	9,8	2,0
12	8,3	1,0	45	9,2	29,0
13	11,6	2,8	46	6,4	2,2
14	7,7	1,9	47	11,1	2,7
15	7,6	2,4	48	9,0	2,7
16	8,9	1,8	49	12,8	3,7
17	8,5	1,5	50	9,2	3,6
18	5,4	2,5	51	6,8	1,5
19	13,3	1,1	52	6,2	0,9
20	5,6	2,4	53	12,0	2,4
21	9,7	3,2	54	8,1	1,7
22	12,0	1,9	55	7,0	1,9
23	13,9	3,0	56	5,3	2,2
24	7,1	2,9	57	6,9	1,6
25	5,7	3,1	58	5,6	2,0
26	7,6	1,4	59	14,4	3,0
27	8,0	2,2	60	7,1	3,6
28	5,6	1,4	61	7,8	3,2
29	6,6	2,1	62	9,6	1,9
30	7,8	2,4	63	7,8	2,6
31	7,6	2,0	64	5,8	2,2
32	6,4	2,6			
33	9,9	4,6			
			Kokku (tk)	64	

Tabel 4.2.2 Objekt D, post 2: Raami jälg ja astmelisus

Raami jälg ja astmelisus		
Jrk nr.	hamba kõrgus (mm)	Mõõtmise koht
1	1,3	1. külg
2	0,5	
3	0,7	
4	0,2	
5	0,6	2. külg
6	0,2	
7	0,8	
8	0,3	

Tabel 4.2.3 Objekt D, post 2: Pinna lainelisus

Pinna lainelisus		
Jrk nr.	Max. hälve 2m peale (mm)	Külg
1	2,0	1
2	1,0	2
3	1,0	3
4	2,5	4

Lisa 4.3 Objekt D, sein 1 katsetulemused

Tabel 4.3.1 Objekt D, sein 1: Süvend

Süvend		
Jrk nr.	sügavus (mm)	laius (mm)
1	2,1	16,8
2	2,2	20,9

Tabel 4.3.2 Objekt D, sein 1: Vertikaalse pinna poorid

Vertikaalse pinna poorid			Vertikaalse pinna poorid		
Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)	Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)
1	6,6	6,0	10	6,5	3,0
2	5,3	1,8	11	11,2	3,3
3	5,1	1,8	12	9,8	4,1
4	6,0	1,4	13	7,1	4,9
5	5,2	2,5	14	14,6	3,2
6	4,8	1,3	15	10,2	5,3
7	8,5	4,4			
8	10,5	2,6			
9	13,4	4,0			
			Kokku (tk)	15	

Tabel 4.3.3 Objekt D, sein 1: Raami jälg ja astmelisus

Raami jälg ja astmelisus			
Jrk nr.	laius (mm)	sügavus (mm)	hamba kõrgus (mm)
1	-	-	0,9
2	-	-	1,3
3	-	-	0,4
4	-	-	0,2
5	-	-	0,6
6	-	-	0,3
7	-	-	1,3
8	-	-	0,8
9	-	-	0,5
10	-	-	0,8
11	-	-	2,0

Tabel 4.3.4 Objekt D, sein 1: Vertikaalne valuhaav

Vertikaalne valuhaav					
Jrk nr.	kõrgus (mm)	sügavus (mm)	laius (mm)	pikkus (mm)	Vuuk (mm)
1	-	1,2	5,3	1510	1910

Tabel 4.3.5 Objekt D, sein 1: Pinna lainelisus

Pinna lainelisus		
Jrk nr.	Max hälve 2m peale (mm)	Kilp
1	3,0	1
2	2,5	2
3	3,5	3
4	2,0	4
5	4,0	5
6	3,5	6
7	1,5	7
8	1,0	8
9	2,0	9
10	1,0	10
11	1,5	11
12	2,0	12
13	2,5	13
14	1,0	14
15	2,5	15
16	3,0	16
17	1,0	17
18	1,5	18
19	2,0	19

Tabel 4.3.6 Objekt D, sein 1: Praod

Praod					
Jrk nr.	Kogupikkus	L1 (mm)	P1 (mm)	L2 (mm)	P2 (mm)
1	2x150	0,1	150	0,2	150
2	2x150	0,1	150	-	-
3	3x150	0,1	150	-	-
4	2x150	0,1	150	0,2	150

Lisa 4.4 Objekt D, sein 2 katsetulemused

Tabel 4.4.1 Objekt D, sein 2: Vertikaalse pinna poorid

Vertikaalse pinna poorid			Vertikaalse pinna poorid		
Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)	Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)
1	14,2	5,7	23	11,5	5,2
2	6,9	4,1	24	6,2	2,7
3	7,7	3,3	25	10,8	6,7
4	8,0	6,8	26	11,6	7,5
5	7,1	3,0	27	9,3	5,8
6	6,1	5,3	28	5,9	3
7	7,6	5,5	29	14,6	6,6
8	8,4	4,7	30	6,8	5
9	10,1	5,9	31	9,1	5,4
10	5,6	3,1	32	12,3	5,2
11	5,6	3,4	33	7,7	5,4
12	5,2	5,6	34	5,8	2
13	6,4	5,0	35	7,8	5,3
14	11,3	5,2	36	12,6	6
15	9,9	3,2	37	14	6,7
16	5,6	3,3	38	11,9	5,7
17	28,2	5,7	39	7,4	4,3
18	6,4	4,2	40	6,9	5,6
19	6	4,6	41	9,7	4,9
20	19	6,2	42	7,5	5,1
21	6,6	3,5			
22	10,2	2,7			
			Kokku (tk)	42	

Tabel 4.4.2 Objekt D, sein 2: Raami jälg ja astmelisus

Raami jälg ja astmelisus			
Jrk nr.	laius (mm)	sügavus (mm)	hamba kõrgus (mm)
1	-	-	0,2
2	-	-	1,4
3	-	-	1,0
4	-	-	0,5
5	-	-	2,5

Tabel 4.4.3 Objekt D, sein 2: Pinna laineliskus

Pinna laineliskus		
Jrk nr.	Max hälve 2m peale (mm)	Kilp
1	2,5	1
2	2,5	2
3	3,0	3
4	3,5	4
5	1,5	5
6	2,5	6
7	4,0	7
8	3,0	8
9	1,5	9
10	1,5	10

Lisa 4.5 Objekt D, lagi 1 katsetulemused

Tabel 4.5.1 Objekt D, lagi 1: Mügar

Mügar		
Jrk nr.	kõrgus (mm)	laius (mm)
1	2,4	5,3

Tabel 4.5.2 Objekt D, lagi 1: Horisontaalne astmelisus

Horisontaalne astmelisus (s.200 mm)	
Jrk nr.	hammas (mm)
1	0,4
2	0,3
3	0,6
4	1,4
5	0,8
6	0,8

Tabel 4.5.3 Objekt D, lagi 1: Horisontaalne hõrevalu

Horisontaalne hõrevalu	
Jrk nr.	suurus (m ²)
1	0,59

Tabel 4.5.4 Objekt D, lagi 1: Pinna lainelisus

Pinna lainelisus	
Jrk nr.	Max hälve 2m peale (mm)
1	2,5
2	4,0

Lisa 4.6 Objekt D, lagi 2 katsetulemused

Tabel 4.6.1 Objekt D, lagi 2: Horisontaalse pinna poorid

Horisontaalse pinna poorid		
Jrk nr.	läbimõõt (mm)	sügavus (mm)
1	6,4	3,1
2	7,9	2,0
3	8,1	4,4
4	14,3	2,8
5	6,9	1,7
6	11,2	1,1
7	7,1	2,4
8	7,7	2,1
9	9,6	0,9
10	5,8	1,5
11	6,0	2,2
Kokku (tk)	11	

Tabel 4.6.2 Objekt D, lagi 2: Horisontaalne valuhaav

Horisontaalne valuhaav				
Jrk nr.	kõrgus (mm)	sügavus (mm)	laius (mm)	pikkus (mm)
1	1,6	-	2,2	176

Tabel 4.6.3 Objekt D, lagi 2: Horisontaalne astmelisus

Horisontaalne astmelisus (s.200 mm)	
Jrk nr.	hammas (mm)
1	0,4
2	0,3
3	0,6
4	1,4
5	0,8
6	0,8

Tabel 4.6.4 Objekt D, lagi 2: Pinna laineliskus

Pinna laineliskus	
Jrk nr.	Max hälve 2m peale (mm)
1	3,0
2	1,5