TALLINNA TEHNIKAKÕRGKOOL

Alari Jürgenson

OLULISIMAD TEGEVUSED TEHASES EELTOODETUD LISASOOJUSTUSELEMENTIDE PROJEKTEERIMISEL JA PAIGALDUSEL

LÕPUTÖÖ

Tallinn 2023

Alari Jürgenson

OLULISIMAD TEGEVUSED TEHASES EELTOODETUD LISASOOJUSTUSELEMENTIDE PROJEKTEERIMISEL JA PAIGALDUSEL

LÕPUTÖÖ

Ehitusinstituut
Hoonete ehituse õppekava
Juhendaja: Peep Pihelo

Tallinn 2023

Mina

Alari Jürgenson,

tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autori/te/le ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Juhendaja (Peep Pihelo, */allkirjastatud digitaalselt/*)

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Alari Jürgenson

Sünnikuupäev: 25.10.1987

annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

„Olulisimad tegevused tehases eeltoodetud lisasoojustuselementide projekteerimisel ja paigaldusel“

1. reprodutseerimiseks paberkandjal kõrgkooli raamatukogus avaldamise ja säilitamise eesmärgil;
2. elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;
3. kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang, lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et:

1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;
2. PDF-failina esitatud töö vastab täielikult kirjalikult esitatud tööle.

Tallinnas,

/allkirjastatud digitaalselt/

Ehitusinstituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Lõpetaja: **Alari Jürgenson**
Õpperühm: KHE 2019
Eriala: Hoonete ehitus (1827)
Lõputöö teema: **Olulisimad tegevused tehases eeltoodetud lisasoojustuselementide projekteerimisel ja paigaldusel**

Lähteandmed töö koostamiseks:

Rekonstrueeritavate kortermajade projektid; Tootja poolsed juhendmaterjalid; Paikvaatlusel kogutud info; Omanikujärelevalvete ja päästeameti tähelepanekud ja lahendid;

Töö sisu, ülesehitus ja lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:

Töö on tehtud kortermajade renoveerimisprotsesside näitel, kus on analüüsitud järgmisi küsimusi: Mis etapid ja tööd tuleks lahendada või teostada veel enne objektil paigaldust uurimistööde ja projekteerimise faasis? Millised kinnituslahendused on kõige vähem aeganõudvamad? Milliste elemenditüüpide paigaldus on kiireim? Millistel tüüpidel on kõige vähem jätkutöid? Milliseid ettepanekuid on elementide standardiseerimiseks?

Seletuskirja ning graafilise materjali sisu ja maht:

Seletuskirja ja graafilise materjali sisu kirjeldab erinevaid etappe elementide projekteerimisel ja paigaldusel. Seletav tekst on toetatud piltide ja graafiliste joonistega ning vastupidi.
Seletuskirja maht 40 kuni 60 lehekülge, koos lisadega kuni 80 lehekülge.

Lõputöö konsultandid:

Konsultandi nimi	Valdkond	Allkiri	Kuupäev
Anti Hamburg	Energiatõhusus		27.02.2023
Janek Bahovski	Omanikujärelevalve		27.02.2023

Lõputöö juhendaja: Peep Pihelo (nimi) 27.02.2023 (kuupäev)

Lõpetaja: Alari Jürgenson (nimi) 27.02.2023 (kuupäev)

Kinnitaja: Aivars Alt ehitusinstituudi direktor 27.02.2023 (kuupäev)

Lõputöö ülesanne antud: 27.02.2023
Lõputöö esitamise tähtaeg: 02.05.2023

SISUKORD

SISSEJUHATUS 8
1 METOODIKA JA UURITUD OBJEKTID 10
1.1 Uuringu metoodika 10
1.2 Uuritud objektid ja elementide tüübid 10
1.2.1 Tüüp 1. Tallinn Akadeemia tee 5a elemendid 11
1.2.2 Tüüp 2. Saue Kuuma 4 elemendid 11
1.2.3 Tüüp 3. Sindi Kooli 5, Kuressaare Ojassoo 6, Pärnu Riia mnt 80, Tartu Turu 15 12
1.2.4 Tüüp 4. Tartu Nõva 3 12
1.2.5 Tüüp 5. Kambja Männi 13 12
2 UURITUD OBJEKTIDE JUHTUMID JA LAHENDUSED 13
2.1 Liiga vähesed uuringud 13
2.1.1 Kandurite kinnitamatus 13
2.1.2 Tõstetehnika läbipääsmatus 14
2.2 Punktipilve ebapiisav kasutamine 15
2.2.1 Ebatihe kompensatsioonivill ja looklevad elemendid 15
2.2.2 Elemente ei saada omavahel kokku 16
2.2.3 Uute avatäidete asukohad ei ühti olemasolevatega 17
2.3 Puudulik projekteerimine 18
2.3.1 Kandurid ebaühtlasel pinnal 18
2.3.2 Transpordi ja tõste vigastused 19
3 TEGEVUSED ENNE ELEMENTIDE PROJEKTEERIMIST 20
3.1 Ehitusuuringud 20
3.2 Laserskanneerimine 21
3.2.1 Ajutised reeperid 21
3.2.2 Eenduvad osad fassaadil 22
3.3 Punktipilve töötlus ja analüüs 22
3.3.1 Välisseinte kõrvalekalded 23
3.3.2 Hoone vajum ja avatäited 23
4 TEGEVUSED ELEMENTIDE PROJEKTEERIMISEL 24
4.1 Sõlmede detailne ja lõpuni lahendamine 24
4.2 Pakendamine ja transport 25
4.3 Paigaldusjuhend 25

4.4 Objektilt tagasiside tähtsus projekteerijale – elementide arendustööd 26
5 TEGEVUSED OBJEKTIL ENNE ELEMENTIDE PAIGALDUST 27
5.1 Objekti ettevalmistused 27
5.1.1 Töömaa ruumi rajamine ümber hoone ja elementide ladustamisplats 27
5.1.2 Ohutuse tagamine, töömaa piiramine 28
5.2 Olemasolevate välisseinte eeltööd objektil 28
5.2.1 Kandurite paigaldus 29
5.2.2 Olemasolevate seinte ettevalmistustööd – ventilatsiooniavad 30
5.2.3 Olemasolevate aknaavade ja fassaadi ettevalmistustööd 30
6 ELEMENTIDE PAIGALDUS 32
6.1 Niiskusturvalisus 32
6.2 Kvaliteedikontroll 33
6.3 Sidepuu paigaldus ja aurutõkestamine maapinnast tuleva niiskuse eest 34
6.4 Tõsteseadme valik 35
6.5 Elementide horisontaal- ja vertikaaljätk 36
6.6 Ülemiste elementide paigaldus viilkatusega hoonel 37
6.7 Ülemiste elementide paigaldus lamekatusega hoonel 37
6.8 Ilmastiku eest kaitse paigaldusaegade vahel 38
6.9 Paigaldus talvel 38
7 JÄTKUTÖÖD 40
7.1 Puhvertsoonide kinni ehitamine objektil 40
7.2 Vuukide tihendamine 41
7.3 Ülemiste elementide pealmise osa vormistamine 42
7.4 Sisemiste aknapalede ehitus ja tuletõkketööd 43
7.5 Alumiste kandurite tuletõkketööd 43
8 TULEMUSED, SOOVITUSED JA ETTEPANEKUD 44
8.1 Uuringute tulemusena selgunud kitsaskohad 45
8.2 Projekteerimine 46
8.3 Soovitused elementide standardiseerimiseks 47
8.4 Ettepanekud 48
KOKKUVÕTE 50
SUMMARY 52
VIIDATUD ALLIKAD 54
LISAD 56

Lisa 1. Tegevuste *Check-List* enne paigaldust 57
Lisa 2. Näidissõlmed 58
Lisa 3. Avatäidete olemasolev olukord Tartu Nõva 3 näitel 59
Lisa 4. Tähtsamad käemärgid tõsteseadmetega töö juhendamiseks.....60

SISSEJUHATUS

Kortermajade rekonstrueerimine on Eestis aktuaalne teema, kuna paljud elamud on ehitatud nõukogude ajastul ja vajavad energiatõhususe parandamist ning üldise elukeskkonna kvaliteedi tõstmist. Eesti koos teiste Euroopa Liidu liikmetega on plaaninud aastaks 2050 saavutada kliimaneutraalsuse mis omakorda tähendab, et aastaks 2050 peaks olema enne aastat 2000 ehitatud hooned 100% mahus renoveeritud vähemalt energiamärgise klassile C [1].

Kui keskenduda ainult kortermajadele, siis kokku on Eestis kortermaju ca 27 000 millest aastaks 2050 langeb kasutusest välja prognoositavalt 5300 kortermaja. Ülejäänud ca 22 000 kortermajast vajab 2023 aasta alguse seisuga ca 14 000 kortermaja renoveerimist [2]. Pea kõik terviklikud rekonstrueerimised tehakse KredEx-i toetusega. Aastal 2023 KredEx-i toetusvooruga võeti esmalt vastu 212 toetuse taotlust [3], millest kõigile ei jagu toetuse jaoks vahendeid. Kui võtta aluseks ca 200 kortermaja renoveerimist aastas, siis tuleks see arv enam kui kahekordistada, et aastaks 2050 saaks 100% hoonetest renoveeritud. Selleks, et mahtu tõsta, on vaja leida uusi ja kiiremaid lahendusi kortermajade renoveerimisel, sest klassikalisel renoveerimisel ei jätku tööjõudu juba tänaste mahtude juures. Üheks võimaluseks saab olla tehases eeltoodetud lisasoojustuselementidega rekonstrueerimine.

Selle lõputöö eesmärk on uurida kortermajade rekonstrueerimise protsessi tehases eelvalmistatud lisasoojustuselementidega, keskendudes nende projekteerimisele, tootmisele ja paigaldusele. Töös käsitletakse tehases eelvalmistatud lisasoojustuselementide kasutamist kortermajade rekonstrueerimisel Eestis, püüdes välja selgitada, milliseid eeliseid ja väljakutseid see lähenemisviis pakub ning kuidas neid protsesse optimeerida.

Töö tulemusi saab rakendada kortermajade rekonstrueerimisprojektide planeerimisel, projekteerimisel ja elluviimisel, aidates kaasa nii energiatõhususe parandamisele kui ka elukeskkonna kvaliteedi tõstmisele.

Lõputöö eesmärgi teostamiseks seab autor endale järgmised ülesanded ja küsimused:

1. Uurida olemasolevaid teadusartikleid, uuringuid ja lõputöid tehases eelvalmistatud lisasoojustuselementide kasutamise kohta kortermajade rekonstrueerimisel.
2. Analüüsida projekteerimise, tootmise ja paigaldusprotsesse tehases eelvalmistatud lisasoojustuselementidega rekonstrueerimise kontekstis.
3. Mis etapid ja tööd tuleks lahendada või teostada veel enne objektil paigaldust uurimistööde ja

projekteerimise faasis?

4. Millised kinnituslahendused on kõige vähem aeganõudvamad?
5. Milliste elemenditüüpide paigaldus on kiireim?
6. Millistel tüüpidel on kõige vähem jätkutöid?
7. Milliseid ettepanekuid on elementide standardiseerimiseks?
8. Tuua välja uurimistöö käigus selgunud kitsaskohad ja tekkinud probleemid hõlmates kogu protsessi ja võimalusel kirjeldada ka nende lahendusi.

Töös kasutatakse kvalitatiivset ja kvantitatiivset uurimismetoodikat, mis hõlmab kirjanduse analüüsi, juhtumiuuringuid, vaatlusi objektil kohapeal ning andmete kogumist ja analüüsi. Kirjanduse analüüs aitab saada ülevaadet olemasolevatest teadmistest ja uurimistulemustest tehases eelvalmistatud lisasoojustuselementide kasutamise kohta kortermajade rekonstrueerimisel. Juhtumiuuringute abil saab süvitsi uurida konkreetseid rekonstrueerimisprojekte, milles on kasutatud tehases eelvalmistatud lisasoojustuselemente, ning hinnata nende mõju ehitusprotsessi kiirendamisele. Andmete kogumine ja analüüs aitab võrrelda erinevate rekonstrueerimismeetodite tulemusi ning tuvastada tehases eelvalmistatud lisasoojustuselementide kasutamise eeliseid ja väljakutseid, keskendudes elementide projekteerimise, tootmise ja paigalduskiiruse parendamisele.

Töö jaguneb mitmeks peatükiks:

1. esimeses osas käsitletakse uuritud objekte, elemendi tüüpe ja metoodikat;
2. teises peatükis on välja toodud uuringu käigus tekkinud juhtumeid uuritud objektidelt ja nende lahendusi;
3. järgmistes peatükkides käsitletakse soovitusi elementide projekteerimise, tootmise, paigalduse ettevalmistavate tegevuste, elementide paigalduse ja jätkutööde korraldamises. Peatükid on koostatud juhendi stiilis mis võiksid olla teejuhiks edasiste juhendite koostamisel;
4. lõpuks esitatakse töö tulemused, ilmsiks tulnud kitsaskohad, soovitused ja ettepanekud.

Lõputöö lõpus esitatakse järeldused ja soovitused tehases eelvalmistatud lisasoojustuselementide standardiseerimise kohta kortermajade rekonstrueerimisel Eestis, võttes arvesse töös käsitletud teemasid ja saadud tulemusi. Autor võtab kokku peamised järeldused, toob välja muud ilmsiks tulnud pudelikaelad ning pakub välja edasisi uurimissuundi ja arendusvõimalusi, et aidata kaasa kortermajade rekonstrueerimise tõhustamisele ja energiatõhususe parandamisele.

1 METOODIKA JA UURITUD OBJEKTID

1.1 Uuringu metoodika

Uurimistöö viiakse läbi Eesti kliimas talvisel ja kevadisel perioodil, ehk keerulisemate ilmastikutingimustega, mis avaldab mõju ehitusprotsessidele. Uurimistöö raames kogutakse andmeid peamiselt paikvaatluste ja intervjuude kaudu. Lisaks kasutatakse tootjapoolseid juhendeid ning Ehitusregistrist saadavat infot.

Paikvaatlused viiakse läbi tehnilise konsultandi ja omanikujärelevalve rollis, mis hõlmab pistelist objektide ülevaatamist, ehituskoosolekutel ja projekteerijatega peetavatel nõupidamistel osalemist ning elementide paigaldusel kõrvalt vaatlejana viibimist. Selline lähenemine võimaldab koguda praktilist kogemust ja vaatlusandmeid otse ehitusplatsilt, mis annab parema ülevaate uurimisteema käsitlemisel.

Intervjuud peetakse erinevate ehitusprojektide osapooltega: projekteerijad, ehitajad, omanikujärelevalve, elementidootjad ja paigaldajad, et saada erinevaid perspektiive ja arusaamu probleemidest, mis võivad tekkida ehitusprotsessi eri etappides. Intervjuude abil saadakse lisateavet, mis aitab paremini mõista, kuidas erinevad tegurid mõjutavad projekteerimist, elemendi tootmist ja ehitustegevust objektil.

Kokkuvõttes aitavad paikvaatlused, intervjuud ja lisamaterjalide analüüs uurimistöös saavutada põhjalikuma arusaama peamistest probleemidest ning pakkuda lahendusi ja ettepanekuid nende parendamiseks või muutmiseks.

1.2 Uuritud objektid ja elementide tüübid

Käesoleva uurimistöö raames on jagatud uuritud elemendid viite erinevasse tüüpi. Uuritud sai neist põhiliselt kahte erinevat elemendi tüüpi. Uuringu ajaks olid kaks esimest tüüpi valmis, mis olid teejuhiks KredExi pilootprojektidele. Neist enim kajastatud ja järeluuritud hoone on Akadeemia tee 5a, mille renoveerimise tulemuste kohta saab täpsemalt lugeda Anti Hamburgi doktoritööst: „Eesti korterelamute renoveerimisel energiatõhususe eesmärkide saavutamine“ [4]

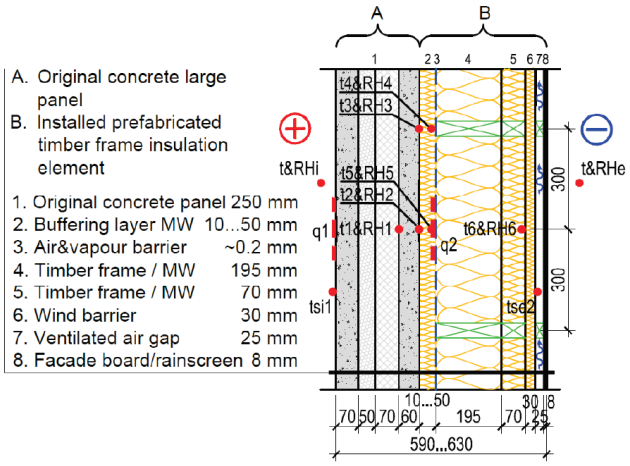
Uurimistöös tüüpideks jagatud elemendid on järgmised:

1.2.1 Tüüp 1. Tallinn Akadeemia tee 5a elemendid

Akadeemia tee 5a hoone on Tallinnas asuv rekonstrueeritud hoone, mis oli algselt ehitatud 1970. aastatel. Hoone rekonstrueeriti 2017. aastal, et parandada selle energiatõhusust ja viia see vastavusse kaasaegsete nõuetega. Hoone rekonstrueerimise käigus lisati ühte hoonesse erinevaid süsteeme (näiteks tsentraalne soojustagastusega ventilatsioon pooles hoone osas ja korteripõhised soojustagastusega ventilatsioonisüsteemid teises pooles hoone osas). Akadeemia tee 5a on saanud etaloniks Eesti korterelamute rekonstrueerimisel tehases valmistatud elementidega soojustamisel.

Elemendi põhilised kihid seest välja (Joonis 1):

- puhvervill;
- muutuva veeaurutakistusega membraan;
- puitkarkass koos soojustusega;
- tuuletõkkeplaat;
- tuulutusvahe;
- fassaadikate.



Joonis 1. Akadeemia tee 5a elemendi ristlõige [1, p. 39]

1.2.2 Tüüp 2. Saue Kuuma 4 elemendid

Kuuma 4 hoone elementides kasutatud materjalid sarnanesid omadustelt Akadeemia tee 5a elementidega. Põhiliseks erinevuseks oli kinnituslahendus, kus kõigi korruste elemendid toetusid alumistele kanduritele. Vahepealsed kinnitused võtsid vastu ainult tuulekoormust. Akadeemia hoone elemendid olid toetatud iga element eraldi kanduril, mis omakorda olid reguleeritavad. Tüüp 1 ja 2 elementidega lahendati ventilatsioonitorustiku ühendamine eraldi elementide siseselt, mis nõudis

väga suurt täpsust ning tõi kaasa osade elementide kohapealse parendamise vajaduse seal kus ventilatsioonitorustik ei tahtnud kokku sobituda.

1.2.3 Tüüp 3. Sindi Kooli 5, Kuressaare Ojassoo 6, Pärnu Riia mnt 80, Tartu Turu 15

Tüüp 3 elementide puhul on olnud suureks eeskujuks tüüp 2 elementide lahendus. Kõigi korruste elemendid kannavad samuti alumisele kandurile. Erinevuseks tüüp kolmest on ventilatsiooniühendused kus paigaldusruumi suurendamiseks tekitati elementide vahele niinimetatud puhvertsoonid, mis hiljem objektil kohapeal koos ventilatsioonitorustiku ühendamisega kinni ehitatakse.

1.2.4 Tüüp 4. Tartu Nõva 3

Tüüp 4 elemendid kannavad sarnaselt tüüp ühele, iga element eraldi kanduritel. Ventilatsioonitorustiku ühendamiseks on jäetud samuti puhvertsoonid kuid erinevalt tüüp kolmest, on sellel tüübil horisontaalselt 600 mm laiad puhvertsoonid, mis hiljem objektil kohapeal kinni ehitatakse.

1.2.5 Tüüp 5. Kambja Männi 13

Kuna tüüp 4 kinnituslahendus osutus aeganõudvaks, siis tootja muutis elementide kinnitusloogikat ja antud objekti elemendid projekteeritakse samuti kandma alumistele kanduritele. Selles uurimustöös on antud lahendust vähe kajastatud kuna uurimustöö koostamise perioodil alles alustati selle objekti projekteerimisega. Sellest objektist on kajastatud eeskätt uurimistöö lisas elementide põhimõttelised sõlmejoonised (Lisa 2).

2 UURITUD OBJEKTIDE JUHTUMID JA LAHENDUSED

Selles peatükis on välja toodud konkreetsed juhtumid uurimistöö käigus tekkinud olukordadest ja kuidas need lahendati. See annab mõista, millised võivad olla tagajärjed erinevate tegevuste ära jätmisel. Juhtumid on järjestatud ehitusetappide toimumise loogilises järjekorras.

2.1 Liiga vähesed uuringud

2.1.1 Kandurite kinnitamatus

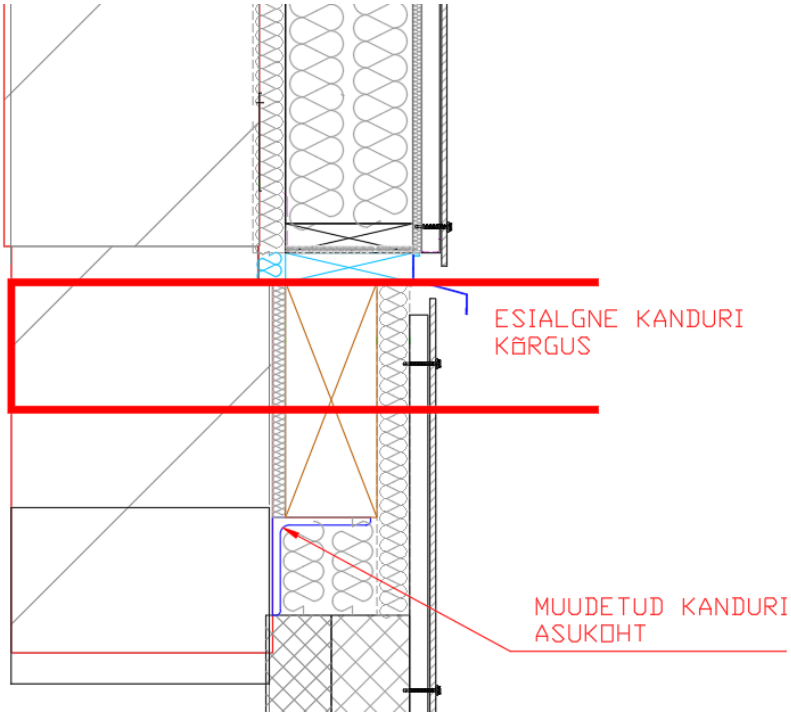
Ehitusuuringute käigus ei veendutud plaanitud kandurite kinnitusalas aluspinna tugevuses, mis oli krohvi all peidus. Projekteerimisel eeldati, et antud tasapinnas on betoon. Kandureid paigaldama hakates selgus, et aluspind on laotud tellistest, mis olid kohati tühjade vuukidega ning tühjade tagustega (Foto 1). Selleks ajaks olid elemendid juba toodetud ja neid muuta ei olnud majanduslikult mõttekas. Projekteerijal tuli leida lahendus, kuidas kandurid tuua 300 mm madalamale betoonplokkide tasapinda.

Antud kohas sai lahenduseks liimpuittala lisamine sidepuu alla (Foto 2). Sellega sai kinnitada kandurid 300 mm madalamale betoonplokkidesse (Joonis 1). See lisatöö läks maksma ehitajale 13 tuhat eurot lisaks.

Seda olukorda oleks saanud vältida, kui uuringute käigus enne projekteerimist krohv eemaldada, et näha, millest aluspind koosneb. Kuna antud hoonel on suhteliselt kõrge sokkel, siis oleks saanud elementidega alustada madalamalt ja lisatöö oleks olemata.

Foto 1. Betoonpinna asemel olev telliskividest laotud riba

Foto 2. Elementide sidepuu alla lisatud liimpuittala



Joonis 2. Esialgne ja muudetud kanduri kõrgus (sõlme autoriks OÜ EstNor)

2.1.2 Tõstetehnika läbipääsmatus

Uuringute ja/või projekteerimise faasis jäi läbi mõtlemata tõstukite ja kraana liikumisteede pinnase vastupidavus ning tööde käigus vajus tehnika pinnasesse (Foto 3). Antud olukorras mängis rolli ka varakevadine pehme maapind. Olukord lahendati osalise pinnase ajutise asendamisega geotekstiili ja

killustikuga. Antud töö organiseerimine võttis aega umbes nädal, mis tähendas ka, et paigaldustööd venisid nädala võrra edasi.

Foto 3. Varakevadine kasvupinnas paigaldusalas

2.2 Punktipilve ebapiisav kasutamine

Palju probleeme tekkis punktipilve liiga vähesest analüüsimisest, mis tekitasid objektil kohapeal lisatöid. Punktipilve töötlemisel on tähtis välja selgitada kompensatsioonivilla tööalast välja jäävad hoone ebatasasused, akende paiknemine ning hoone üldine vajumine. Nende probleemide vältimiseks on välja toodud juhised punktides 3.2 ja 3.3.

2.2.1 Ebatihe kompensatsioonivill ja looklevad elemendid

Tüüp 3 elementide puhul ei arvestatud hoone ebatasasusi ja elementide puhvervillaks projekteeriti 50mm kõigil elementidel. See tekitas olukordi, kus kohati vill ei saanud vastu olemasolevat seina ja elementide taha jäid kohati tühimikud. Olukorda leevendati elemente nihutades olemasoleva seinaga kaasa selliselt, et silmaga nihe näha ei jääks. See tekitas aga olukorra, kus veeninaplekkide sirge paigaldus oli raskendatud ebaühtlase paigalduspinna tõttu ja mõnes kohas näitab plekkide pikijooks kõveruse välja (Foto 4). Olukorda saab vältida punktipilve ja elementide mudeli analüüsimisel, leidmaks optimaalselt vajaliku paksuse. Arendada tasub oskusi, et tulevikus saaks vajadusel määrata puhvervilla paksuse igal elemendil eraldi.

Foto 4. Elementide ebaühtlus näha peale plekkide paigaldust

2.2.2 Elemente ei saada omavahel kokku

Vastupidine probleem ehk puhvervilla töötsoonist suurema muhu tõttu ei saanud elemente välisnurgas kokku. See tähendas objektil kohapeal lisatöid, kus materjalid tuli kohapeal nurga alla mõõta ja paigaldada (Foto 5). Peale töö valmimist ei ole õnneks vahe ega ka kõverus näha. Antud olukorda saab vältida võrreldes elementide 3D-mudelit punktipilvega ja väga suurte väljapoole ebatasasuste alas näiteks õhemad elemendid projekteerida.

Foto 5. Välisnurk, kus elemendid ei ulatunud kokku (vasakul) ja sama nurk peale tööde valmimist (paremal)

2.2.3 Uute avatäidete asukohad ei ühti olemasolevatega

Elementide uued aknad olid uuritud objektidel projekteeritud igast küljest 50 mm väiksemad, et kompenseerida olemasolevate avade ebaühtlust ja et uued aknad saaksid nii vertikaalselt kui ka horisontaalselt ühele joonele (Vaata Lisa 3. Avatäidete olemasolev olukord Tartu Nõva 3 näitel)

Sindi Kooli 5 hoone oli ühest maja otsast teise vajunud 70 mm, mis saadi teada alles esimese sidepuu paigalduse käigus. Sellest vajumist tingituna on uute akende avad olemasolevate avade suhtes ühes maja otsas alumised servad ühes tasapinnas, teises otsas ülemised servad ühes tasapinnas.

Turu 15 Tartu hoone vajum ühest hoone otsast teise oli 90 mm ja kui kolmandik paneele oli paigaldatud, selgus, et avad ei ühti omavahel ja ühes otsas jäävad olemasolevate akende sillused uude avasse sisse (Foto 6). Otsustati kõik elemendid 50 mm kõrgemale tõsta, mille tulemusel saadi avad omavahel sobituma. See tähendas ka seda, et lisatööna tuli selleks ajaks paigaldatud elemendid maha tõsta ja uuesti paigaldada muudetud kõrgusele.

Foto 6. Uued avatäited olemasolevate suhtes

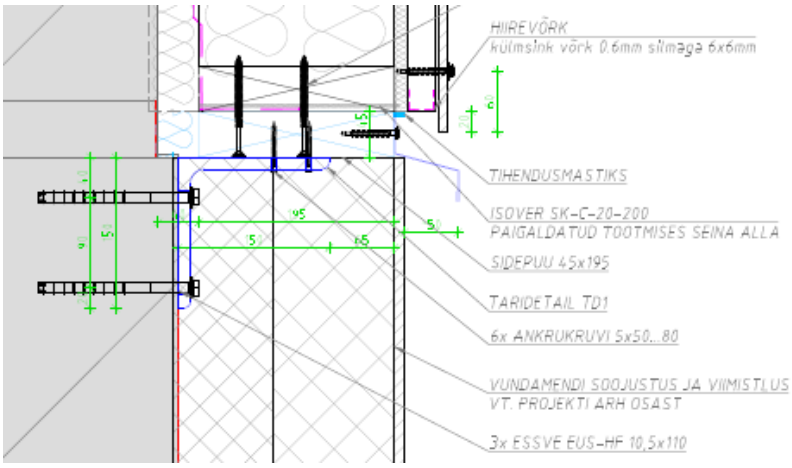
Akende mõõtude vähendamine on saanud elanike seas kõige suuremat kriitikat, kuna võrdlusmoment peale elemendi paigaldust ja enne vana akna eest võtmist on elanikel otse silma all. Seega tasub punktipilve analüüsida ja leida vähim võimalik mõõtude kahanemine ning hilisemate probleemide vältimiseks see ka tellijaga kooskõlastada.

2.3 Puudulik projekteerimine

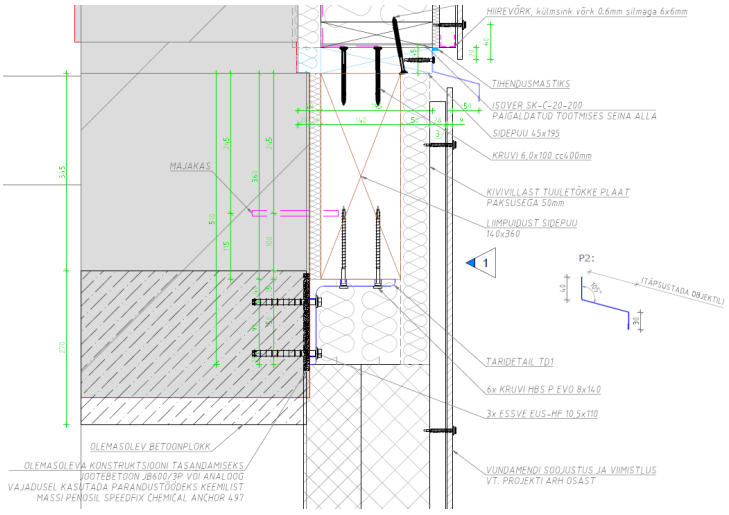
2.3.1 Kandurid ebaühtlasel pinnal

Algses projektis, mis objektimeeskonnale edastati, oli näidatud kanduri paigaldus siledale pinnale (Joonis 3). Olemasolev aluspind oli ebaühtlane ja kandurid paigaldati nagu sõlmjoonisel näidatud, mis jättis kanduri ja aluspinna vahele tühimikud. Objekti järelevalve antud lahendust vastu ei võtnud ja kinnituslahendust tuli muuta. Projekteerija täiendas sõlmejoonist ning kinnitusi täiendati tühimike jootebetooniga täitmisega (Joonis 4). Lisaks tuli kanduri servades veel täiendavalt vahed täita keemilise liimmassiga, kuna jootmisel kasutati segu välja valgumise takistamiseks ehitusvahtu, mis täitis ka servades vahed, kuhu pidi jootebetoon jõudma (Foto 7). Antud probleemi saab vältida, kui projekteerimise käigus lahendada mõlemad olukorrad – nii siledale pinnale kui ka ebaühtlasele pinnale kanduri paigaldus.

Foto 7. Kandurite paigaldus ebaühtlasel pinnal enne ja pärast



Joonis 3. Kanduri paigaldus sileda pinna korral (sõlme autoriks OÜ EstNor)



Joonis 4. Kanduri paigaldus ebaühtlase pinna korral (sõlme autoriks OÜ EstNor)

2.3.2 Transpordi ja tõste vigastused

Uuritud objektidel esines liiga tihti olukordi, kus objektil elemendipakkide maha laadimisel vigastati fassaadiplaate (Foto 8). Murdunud servadega fassaadiplaadid tuleks aga vahetada terve plaadi ulatuses, mis teeb selle kulukaks. Tehases laetakse auto peale elemendipakid kahveltõstukiga, millega ülemisi servi kahjustada ei saa. Objektil toimub mahalaadimine kraana ja tõstetroppide abil, kuid tõstetropid tõmbavad ülaservas kokku ja suruvad plaatide servad katki. Objektimeeskond paigaldas tõstmise ajaks troppide vahele distantsi hoidmiseks puidust klotsid, mis aga kippusid ära nihkuma ja sellest abi polnud. Probleemi saab vältida, kui lisaks paigaldusjuhendile lahendab insener pakendamise ja tõstmisviisid ning tehases paigaldatakse näiteks ajutised raamid tõstetroppide aasade alla ja ülesse, mis ei laseks troppe vastu elemendi servasid.

Foto 8. Troppidega tõstmisel tekkinud kahjustused

3 TEGEVUSED ENNE ELEMENTIDE PROJEKTEERIMIST

3.1 Ehitusuuringud

Ehitusuuringud on projekteerimise aluseks, mis võivad oluliselt mõjutada projekteerimist ja kogu hoone rekonstrueerimise mahtu ning hinda. Kui neid uuringuid vajalikus koguses ei teostata, võib hilisemate probleemide ilmnemine minna ehitusajal veelgi kulukamaks. Nii klassikalise kui ka elementidega rekonstrueerimise puhul on oluline veenduda, et tarindid, kuhu hakatakse koormust lisama, suudavad koormuseid vastu võtta.

Esimene ja lihtsaim tegevus on teha visuaalne hinnang, peamiselt vaadeldes, kas hoone tarinditel esineb mingisuguseid deformatsioone. Kui deformatsioone esineb, tuleks teha nendes piirkondades täiendavad uuringud. Selles peatükis kirjeldan uuritud objektidelt saadud info ja kogemuse põhjal, mida saaks teha enne projekteerimist, et need ei korduks.

Tõmbekatsed teostada järgmistes kohtades:

1. Hoone vajumid – Hoone võib olla ühtlaselt vajunud ja olemasolevad avad ei ole enam loodis ning seda ei pruugi olla silmaga näha. Tehaseelemendid on vinklis ja tuleks paigaldada loodi, kalde all paigaldusega ei pruugi uued avatäited enam korralikult käima hakata [5] ning samuti ei sobitu elemendid omavahel kokku (tekib hambumus).
2. Vundament ja sokkel – Elementidega rekonstrueerimisel tuleks teostada tõmbekatsed kandurite kinnitusalades. Kui plaanitav kinnitusala on krohvitud (või kaetud muu materjaliga), tuleks see eemaldada, et veenduda aluspinna sobivuses (Foto 9).

Foto 9. Kanduri plaanitud kinnitusala (punases kastis), mis on selleks sobimatu

3. Fassaad – Tõmbekatsed teostada korruste vahepeal kohtades, kus on elementide horisontaaljätkud. See on eriti tähtis tellisfassaadi puhul ja nende elemenditüüpidega, kus iga element kannab eraldi oma kanduritel. Betoonelementide puhul veenduda betoonikihtide paksuses projektis näidatule ja betoontarindite ristumistes jootebetooni piisavas tugevuses (teostada tõmbekatsed sisemises koorikus).
4. Parapett ja müürlatt – Selgitada tuleks, kas ülemist elementi on pealt kuskile kinnitada. Näiteks kui müürlatt on laotud tellistest ja tellised on lahti, siis on vaja ülemisteks kinnitusteks projekteerida erilahendus.
5. Rõdud ja lodžad – Tuleks hinnata piirete ja põrandate olukorda, kuna reeglina on need tänaseks väga halvas seisukorras. Eriti kriitiliselt tuleks käsitleda konsoolsete rõdude seisukorda.
6. Varikatused - Kontrollida varikatuste kandvate konstruktsioonide olukorda ja tugevust.
7. Tellisfassaadi aknasillused – Hinnata, kas tellisfassaadi puhul on vaja sillustele lisatugesid.

3.2 Laserskanneerimine

Laserskannerimine on tänapäevane tehnoloogia, mis võimaldab kiiresti ja täpselt luua objektide 3D-mudeleid. See toimub laserkiirte abil, mille abil skanneeritakse objekti, et koguda suur hulk punkte. Need punktid kombineeritakse arvutiprogrammi abil üheks punktipilveks, mis loob objektist 3D-punktipilve. Järgnevalt on mõned ettepanekud, mida laserskaneerimise ja punktipilve tegemistel jälgida.

3.2.1 Ajutised reeperid

Enne laserskanneerimise tellimist paigaldada hoonele ajutised reeperid, millest saab punktipilve töötleja, projekteerija ja hiljem objektil paigaldaja mõõtmiste alguspunktid. Ilma nullpunktidetta puudub konkreetsus ja ühtne arusaam eri osapoolte vahel ja tekivad mõõtevead. Näiteks paigaldada ümber hoone perimeetri iga teatud maa tagant betoonikruvid. Betoonikruvid paigaldada pöördlaseri abil ühele horisontaalsele joonele (Foto 10).

Foto 10. Ajutine reeper hoone soklil (üleval vasakul punaselt)

3.2.2 Eenduvad osad fassaadil

Välja ulatuvate osadega fassaadide puhul ei piisa ainult alt skaneerimisest kuna välja ulatuva osa taha jääb niinimetatud vari ja hilisemal töötlusel ei näe selle taha. Näiteks välja ulatuva betoonist aknaaluse taha tekkiva varju tõttu ei saa teada akna alumise serva täpset kõrgust. Selles olukorras on vaja skaneerida ka kõrgemalt, näiteks kõrvalolevate hoonete katustelt. Tihtipeale on selleks takistusi kõrgemate puude või rajatiste näol ja siis tuleks teha kontrollmõõtmised käsitsi. Võimaluseks on tulevikus veel lisaks kasutada käsiskannerit, mis täna veel on palju ebaühtlasem kui statiivile paigaldatud laserskanner ehk TLS meetod [6, lk 59].

3.3 Punktipilve töötlus ja analüüs

Punktipilv on laserskanneri abil kogutud suure hulga punktide abil loodud 3D-kujutis. Töötlemise käigus puhastatakse punktipilv ülearustest punktidest ja sellest luuakse 3D-mudel, mis on aluseks projekteerijatele elementide projekteerimisel.

Punktipilve töötlemisel on kitsaskohaks puudus isikutest, kes seda töötlevad, kuna punktipilve töötleja peaks olema kursis elementide loogikaga. Töötleja peaks teadma, kust võib jooned sirgu tõmmata ja kus on vaja teada ebatasasusi. Selle sisendi peaks andma tehas juba laserskaneeringut tellides või teostab töötlemise tehase enda projekteerija. Samuti pärast elementide mudeli valmimist uuesti võrrelda punktipilve ja mudelit, mis peaks tagama vajaliku kontrolli projekteeritud elementide sobivuses olemasoleva hoonega [7, lk 46].

3.3.1 Välisseinte kõrvalekalded

Olemasolevate hoonete välisseinte kõrvalekalded on juba hoone ehituse ajast ja hälbeid põhimõtteliselt igal hoonel. Põhiliseks hälbeks on fassaadi vertikaalsus, mis peale esimesi korruseid hakkab kalduma sissepoole või väljapoole [7, lk 35–40]. Kõigil uuritud elemendi tüüpidel on aurutõkkest olemasoleva seina poole jääv puhvervilla paksus algselt 50 mm. Iga elemendi tsooni puhvervilla paksus tuleks valida vastavalt seina kõrvalekaldele ja ebatasasusele, kuna 50 mm jääb tihti väheks.

Näide:

Elemendid on projekteeritud paiknema aurutõkkekihis olemasolevast seinast 25 mm eemale. See tähendab seda, et punktipilve töötleja peaks välja tooma kõik lohud, mis ületavad 25 mm ja kõik muhud, mis ületavad 15 mm (50 mm puhvervilla on kokku surutav ca 10 mm peale). Siis saab projekteerija sellega arvestades kas valida paksem puhvervill, nihutada kõiki elemente seinast kaugemale või projekteerida muhu alas õhem element. Selle probleemi eiramisel võib tagajärjeks olla visuaalselt häirivad ebaühtlused eri elementide vahel, mis on ka näidatud punktis 2.2.1. oleval fotol.

3.3.2 Hoone vajum ja avatäited

Kuna elemendid tuleks paigaldada horisontaalselt ja vertikaalselt loodi, siis on oluline teada, kui palju on hoone mingis suunas vajunud. Selle info põhjal saab projekteerija teada, kas peaks mingite maade tagant elementides avade paiknemist muutma või leidma muu lahenduse. Saab ka kirvemeetodil avad väiksemad teha, kuid see võib tekitada tõsist pahameelt elanike seas, kui avade mõõdud drastiliselt kahanevad. Samas raskendab olukorda fassaadikate, mis on tsementkiudplaatidest ja plaatide vuugid näitavad välja, kui aknaavad on astmes ja see ei näe visuaalselt kena välja.

Olemasolevate avade mõõte tuleks võrrelda nii vertikaalselt kui ka horisontaalselt. Kui nihked ei ole suured, siis saab leida ühtsed mõõdud, mille tulemusel ka avatäited lähevad väiksemaks (Lisa 3. Avatäidete olemasolev olukord). Kambja objektil sai ka tellijaga kooskõlastatud, et avade mõõdud vähenevad.

4 TEGEVUSED ELEMENTIDE PROJEKTEERIMISEL

4.1 Sõlmede detailne ja lõpuni lahendamine

Sõlmede detailne lahendamine, kuni viimase kruvi ja liimiribani, väldib isetegevust ja sellega kaasneda võivaid vigu. Täpne projekteerimine ja juhiste esitamine ehitajatele aitab tagada, et kõik konstruktsioonid on paigaldatud õigesti ning vastavalt tootja ja inseneri nõuetele. See omakorda aitab vältida probleeme, mis võivad tekkida valesti paigaldatud või sobimatute materjalide kasutamisel, ning tagab hoone pikaajalise töökindluse ja ohutuse. Lisaks suurendab detailne sõlmede lahendamine ehitusprotsessi efektiivsust, kuna ehitajad saavad selgeid juhiseid ja ei pea kulutama aega probleemide lahendamisele või parandustöödele.

Kõik puitosad peavad olema olemasoleva seina suhtes aurutõkkemembraaniga kaitstud ja erinevad kihid jätkudes omavahel ühendatud.

Peep Pihelo kommentaar: „Auru- ja õhutõkkekihid peaks olema liites omavahel tihendatud või täidetud liimmassi või kahepoolse teibiga. Vajalik selleks, et tagada õhutihedus ja veeauru liikumise takistamine lisasoojustuselementide sisse. Sama soovitus nii horisontaal- kui vertikaalliidetele.“

Puhvervilla ala peaks olema enamuses ilma tühimiketa, et vältida seinasisest õhuliikumist. Kui elementide paigaldusajal jääb puhvervillast väheks mingis alas (näiteks üks ruutmeeter nurgast), siis enne järgmiste elementide paigaldust tuleks kõik tühimikud elementide perimeetris villaga sulgeda. Tasub meeles pidada, et võimalusel kõiki projekteeritud lahendusi peaks olema võimalik teostada ka miinuskraadidega.

Tähtsamad sõlmed:

- Kandurite kinnitus.
- Kandurite kinnitus ebaühtlasele pinnale.
- Kõikide korruste elementide toetumise korral alumisele kandurile kanduri tuletõkestamine.
- Sidepuu ja aurutõkke paiknemine sidepuu all servas.
- Horisontaaljätku aurutõkke ja tuuletõkke ühendus.
- Vertikaaljätku aurutõkke ja tuuletõkke ühendus.
- Ventilatsioonitorustiku ühendamise lahendus.
- Ülemiste elementide kinnitus parapetis/müürlatis – peaks vastama reaalsele olukorrale, kui näiteks kinnitusalas lahtised tellised, siis tuleks projekteerida muu sobiv lahendus.

- Aknapaled – aurutõkke ja olemasoleva seina ühendus, tuletõkestus, viimistlus (viimistlusel tuleks arvestada ka toa poolse aknapale välisnurga viimistlemisega).

4.2 Pakendamine ja transport

Projekteerimisel või tootmisjuhises ära lahendada elementide pakendamine, transport ja tõstmine objektil. Tehases laetakse elementide pakid raskeveokile kahveltõstukitega, objektil tõstetakse veokilt maha troppidega. Lahendada ka troppidega elemendipakkide tõstmine, et vältida elementide vigastusi kokku tõmbuvate troppide tõttu. Konkreetsete juhiste puudumisel, ei tea objektimeeskond, millega arvestada ja kuidas troppe asetada ning võivad troppidega tõstmisel elemente vigastada. Selle juhendi puudumist kajastas ka punktis 2.3.2 kirjeldatud juhtum.

4.3 Paigaldusjuhend

Projekt võib ka olla paigaldusjuhendiks, kui seda on piisavalt täpsustatud objektimeeskonna jaoks.

Paigaldusjuhendi osas ära näidata samm-sammult järgmist:

- Sidepuu kõrgus ja kaugus olemasolevast seinast vastavalt aladele.
- Sidepuu all aurutõkke paigaldus.
- Kandurite maksimum samm, määrata tihedama sammuga paigaldamise olukorrad, kui kandur kinnitub nõrgalt või osaliselt kehval aluspinnal.
- Kandurite paigaldus ebaühtlase aluspinna puhul.
- Elementide paigaldusjärjekord.
- Elementide kaugus olemasolevast seinast. Näiteks nurgapunktide kaugus olemasolevast seinast ja need mõõdud ka märkida elementide enda nurkade peale, et paigaldajal oleks kiire ja lihtne kontrollida elementide paiknevuse õigsust või selle järgi paigaldadagi.
- Kõrvuti asetsevate elementide korral määrata vertikaaljätkude asukohtade ette märgistamine (selliselt on koheselt visuaalselt näha, kui elemendid hakkavad plaanitud jätkukohast mööda jooksma).
- Tuulesidemete ja/või kandurite paigaldus elementide horisontaaljätkudes, samuti muud kaasnevad tööd vastavalt elementide tüübile.
- Horisontaaljätku aurutõkke ja tuuletõkke tihendamine enne järgmiste elementide paigaldust.
- Vertikaaljätku aurutõkke ja tuuletõkke tihendamine enne järgmiste elementide paigaldust.
- Ülemiste elementide kinnitamine ja pealise ehitus ilmasikukindlaks vastavalt katusetüübile.
- Projektis välja tuua kõik kinnitusvahendid ja nende vajalikud keskkonnaklassid ning

kasutuskohad.

- Lahendus selle kohta, kuidas poolikut/katmata elemenditorni üleöö jätta ilmastiku eest kaitstult (Lahendus peaks töötama ka miinuskraadidega).

4.4 Objektilt tagasiside tähtsus projekteerijale – elementide arendustööd

Teema, mida ei saa alahinnata on tagasiside objektilt projekteerijale. Kui see puudub, siis iga viga jääb korduma. See on üleüldiselt probleemiks kogu projekteerimismaastikul. Tingitud on see enamasti sellest, et ajavahemik projekteerimisest reaalse ehitustegevuseni on pikk ning projekteerijad ei taha enam vanade projektidega tegeleda, sest uued projektid võtavad niigi kogu aja ära. Tehaselise rekonstrueerimisega on seda muret lihtne lahendada. Elementide projekteerimine, tootmine ja paigaldus toimuvad järjestikku, ajavahemik on lühike ja projektid on veel värskelt meeles. Lihtsamaks teeb asjaolu, et hoonetüübid korduvad ja sellega kogemus kasvab. Küll aga kogemus ei saa kasvada, kui ei teata tekkivaid probleeme ja neid ei lahendata projekteerijate poolt, vaid jooksvalt objektil kohapeal. Selliselt ei saa probleeme välja juurida, vaid need jäävad karussellina objektist objekti korduma.

5 TEGEVUSED OBJEKTIL ENNE ELEMENTIDE PAIGALDUST

Selles peatükis käsitletakse ettevalmistustöid enne elementide objektile tarnet.

5.1 Objekti ettevalmistused

Enne elementide objektile tarnet tuleks ette valmistada nende ladustamisplats ja tõstukite ning kraana liikumisteed. Eelnevalt eemaldada ka likvideeritav haljastus ning muud rajatised. Võimalusel ajutiselt ka säilitatavad rajatised töömaalt, mis saab hiljem tagasi paigaldada.

5.1.1 Töömaa ruumi rajamine ümber hoone ja elementide ladustamisplats

Ümber hoone perimeetri tuleks töömaa ette valmistada vastavalt kasutatavale tõstetehnikale. Arvestada eesotsas pinnase tugevusega ja vajadusel kasutada abivahendeid ja/või asendada ajutiselt pehme pinnas muu materjaliga, näiteks geotekstiil ja killustik (Foto 11). Töömaa laiusel tuleks arvestada lisaks tõstukile (näiteks käärtõstuk laiusega ca 2,5 meetrit) ka kraana vajaliku tööalaga. Pehme mitte arvestamisel võib tehnika pinnasesse vajuda ning tekitada töödes seisakuid nagu on punktis 2.1.2. kirjeldatud juhtumis.

Foto 11. Elementide paigaldusalas kasutusel kummimatid (vasakul) ja kasvupinnas asendatud ajutiselt killustikuga (paremal)

Võimalusel kasutada elemendipakkide ladustamiseks tugeva aluspinnaga alasid. Selle puudumisel arvestada pakkide külili vajumise ohuga ning kasutada lisameetmeid elementide turvamiseks. Näiteks lisatugede rajamisega (Foto 12).

Foto 12. Elemendipakkide lisatoestamine

5.1.2 Ohutuse tagamine, töömaa piiramine

Tööohutusnõudeid tuleks järgida kõigis etappides. Tuleks tagada, et objektimeeskond oleks vastavalt koolitatud ja kasutaks sobivaid isikukaitsevahendeid. Töömaal kõrvalistel isikutel viibimine on keelatud ning see tuleks piirata ajutiste piirdeaedadega.

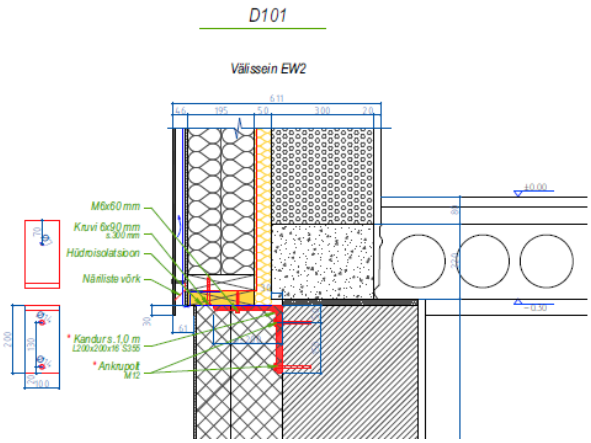
Lisaks ohutusnõuetele teha paigaldusmeeskonnale selgeks käemärgid tõsteseadmete töö juhendamiseks ning veenduda, et kraanajuhiga on käemärkidega ühine arusaam, mis on esitatud lisas (Lisa 4. Tähtsamad käemärgid tõsteseadmetega töö juhendamiseks). Uuritud objektidel viibides koos paigaldusmeeskonnaga tõstukil oli näha ebaselgust paigaldaja ja kraanajuhi ühtsel keelel kätega viipamisel. Oli olukord, kus paigaldaja mõtles viibates elementi kõrgemale tõsta, aga kraanajuht viis elementi seinale lähemale. Antud olukorras eksis paigaldaja, kuna üles poole viipamine on nimetissõrme keerutamine peakohal. Suuremad elemendid võivad kaaluda ca tuhat kilogrammi ja mitte plaanitud suund võib tähendada elemendi ja muu osa vahele jäämist, seega on käemärkide tundmine oluline ohutuse osa.

5.2 Olemasolevate välisseinte eeltööd objektil

Enne elementide paigaldust ära teha kõik võimalikud tööd, et paigaldus sujuks sujuvalt ja ilma ooteaegadeta pooliku ettevalmistuse tõttu, sest kraana töötunni ebaefektiivne kasutamine osutub märkimisväärselt kulukaks. Lisaks on selleks ajaks objektil mitu tõstukit, mis samuti koguvad rendikulu.

5.2.1 Kandurite paigaldus

Tüüpide 2, 3 ja 5 puhul saab kõik kandurid ilma tõsteseadmeteta ära paigaldada (Joonis 5). Tüüp 1 ja 4 puhul tuleks ka kõrgemal olevad kandurid eelnevalt paigaldada (Foto 13 ja Foto 14). Nende eeltöö on ajamahukam, millest enamuse aja võtab mõõtmine ja eksimusmaa on väga väike. Koorikpaneelide ja telliskivihoonete puhul on lisaks vaja siduda sisemise kihiga.



Joonis 5. Tüüp 2, 3 ja 5 kinnituslahendus. Elemendid toetuvad alumistele kanduritele [9]

Foto 13. Tüüp 1 kinnituslahendus, reguleeritavate kandurite katseelement (vasakul) ja objektil paigaldatud kandurid(paremal) [8]

Foto 14. Tüüp 4 kandurite paigaldus

Kandurite paigaldusel ebaühtlasele pinnale on vaja kasutada lisameetmeid, mis on projektis näidatud. Selle puudumisel tuleks pöörduda projekteerija poole, et saada toimiv lahendus. Ühte sellist juhtumit kirjeldati ka varasemas punktis 2.3.1.

5.2.2 Olemasolevate seinte ettevalmistustööd – ventilatsiooniavad

Ventilatsiooni läbiviigud, mis asuvad elementidega kaetud alas, tuleks enne sisse puurida. Osadel juhtudel, nagu Tüüp 3 puhul, raiutakse akna alla kandilised taskud ventilatsioonitoru otsa mahutamiseks ja pööningu läbiviigud puuritakse hiljem kuna nende asukoht on hiljem objektil kinni ehitatavas alas. Akna alune läbiviik saetakse olemasoleva akna eemaldamise käigus lõpuni.

5.2.3 Olemasolevate aknaavade ja fassaadi ettevalmistustööd

Fassaadilt tuleks eemaldada kõik likvideeritavad osad, näiteks vanad katuseredelid, vihmaveerennid, antennid, satipannid. Antenne ja satipanne hiljem tagasi ei paigaldata, kui elanikul on soov olemasolev side taastada, siis tuleks see rajada katusele eraldi masti külge. Hiljem fassaadile kinnitatakse ainult projektiga ettenähtud osad nagu näiteks vihmaveetorud, aadressisilt, valgustus ja kaamerad.

Olenevalt hoone tüübist, tuleks eemaldada või maha saagida väljapoole eenduvad osad nagu näiteks aknaalused betoonist karniisid (Foto 15).

Foto 15. Ettevalmistustööde käigus eemaldatud betoonist aknalauad ja ventilatsioonitoru asukohas sisse lõigatud taskud

6 ELEMENTIDE PAIGALDUS

6.1 Niiskusturvalisus

Hoonete elementidega katmisel on mõned tähtsamad tähelepanekud, millest põhjalikult saab lugeda Peep Pihelo doktoritööst „Puitkarkass-lisasoojustuselementide niiskustehniline toimivus suurpaneelelamute tervikrenoveerimisel“ [8]

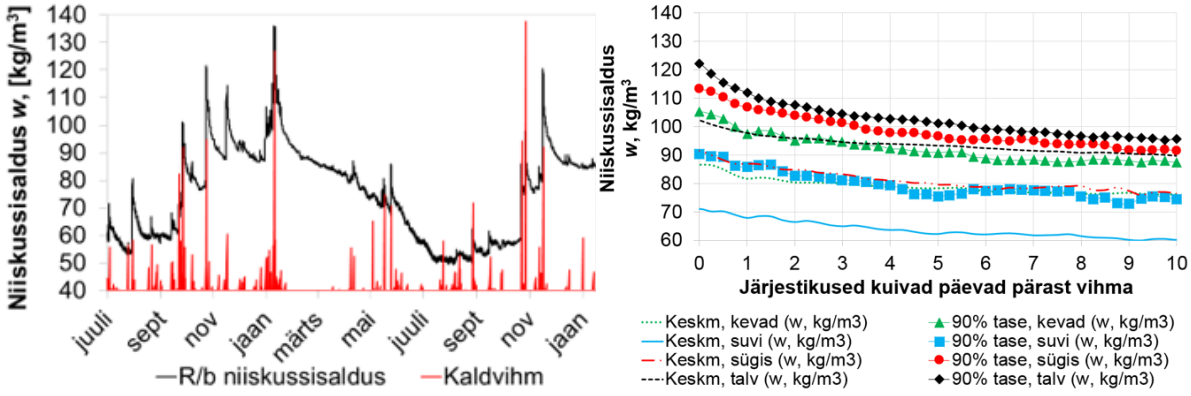
Algniiskus w=110 kg/m^3 kehtib raudbetoonpaneelide kohta ja Tallinnas või rannikul 5-kordse hoone korral (sama olukord sisemaal, näiteks Tartus, võib olla mõnel juhul ka 90 kg/m^3, kus sademeid on vähem ja õhk kuivem). Näiteks Kuuma 4 gaasbetoonpaneelide korral oli see w=65 kg/m^3.

Peamised tingimused:

- Aluspinna niiskussisaldus ei tohi ületada kriitilist piiri.
- Vältida fassaadi märgumist ja liigniiskele fassaadile soojustuselementide paigaldust.
- Hoone ja selles kasutatavad materjalid ei tohi olla otseselt või kaudselt niiskusest kahjustatud.
- Peale pinna märgumist tuleks lasta fassaadil kuivada 1 kuni 3 ööpäeva.
- Kriitilised kuud liigniiskuse suhtes on oktoobrist veebruarini.

„Kriitilise algniiskuse tase tuleb määrata projekteerimise käigus nii ol.oleva välispiirde materjalide omaduste kui kohaliku kliima, hoone kõrguse ja asukoha põhjal, arvestades ka lisasoojustuselementides olevate materjalide niiskustehniliste omadustega“ [8].

Pindasid tuleks kaitsta kaldvihma eest. Peale fassaadi märgumist ei tohi seda elementidega katta enne pindade kuivamist (Joonis 6). Hilissügisel ja talvisel ajal kuivavad pinnad aeglasemalt ja sademete esinemisel tasub pinnad katta või tuleks oodata kuni pinnad kuivavad (Joonis 3).



Joonis 6. Kriitilised kuud Eestis (vasakul) [8, lk 59] ja fassaadi niiskussisaldus peale märgumist (paremal) [8, lk 60]

6.2 Kvaliteedikontroll

Elementide projekteerimisest kuni jätkutööde lõpuni tuleks teostada kvaliteedikontrolli. Kaasata objekti omanikujärelevalve alates projekteerimisega alustamisest, teostada lisaks objektil kohapealsele kontrollile ka tehases tootmise aegset kontrolli.

Tehases ja objektil lisaks muule teostada kontrolli järgevale:

- Kinnitusvahendite vastavust projektile, sealhulgas nende keskkonnaklassid.
- Kasutatud materjalide kehtivust – liimide, teipide ja mastiksite aegumistähtajad.
- Aurutõkke paigaldus ja tihendamine.
- Soojustuse korrektne paigaldus.
- Ventilatsioonitorude liited ja kinnitused.
- Tuuletõkke paigaldus ja vuukide tihendamine (tehases elementi sisse jäävate vuukide tihendamine).
- Avatäidete vastavus projektile.
- Avatäidete seest ja väljast teipimine, seespool arvestada ruumiga palede materjalile.
- Vertikaalse vuugitihendi lõpetamine aknapleki peal.
- Veepleki alune ilmastikukindlus, akna alumine osa peaks olema ilmastikukindel enne veepleki paigaldust.
- Milliseid fassaadiplaate kasutatakse ja millised on nende kinnituste ettenähtud paigaldus - ava suurus, tihendid kinnitusvahendite all.
- Visuaalne väljanägemine.

6.3 Sidepuu paigaldus ja aurutõkestamine maapinnast tuleva niiskuse eest

Sidepuu paigaldus pole midagi keerulist ja hea projekteerimistöö tulemusena on ka projektist loetav sidepuu kaugused olemasolevast seinast. Sidepuu õigele kaugusele paigaldus lihtsustab esimeste elementide paigaldust, kus ei pea enam elementide kaugust olemasolevast seinast rihtima. Tähelepanu tuleks pöörata sidepuuga koos paigaldatavale aurutõkkele, mis kaitseb sidepuud ja elemente läbi sokli tuleva maapinna niiskuse eest. Tüüp 4 puhul sidepuu puudub ja element paigaldatakse otse kanduritele. Hetk enne elementide paigaldust kantakse liim kandurite alas, ülejäänud aurutõke liimitakse peale elementide paigaldust (Foto 16).

Foto 16. Tüüp 4 elementide korral aurutõkke paiknemine soklis

Näide mineraalvillaga krohvfassaadide maapinna niiskuse liikumisest läbi sokli:

Krohvfassaadidel, kus ei pöörata tähelepanu niiskuse leviku katkestamisele sokli ja fassaadi üleminekus ning lisaks soojustus on viidud ainult 300 mm maa sisse, tõuseb niiskus EPS soojustusplaadi tagant villa sisse ning fassaadi alumised servad on põhimõtteliselt aastaringi alt märgunud. Intensiivsem on see probleem päiksepoolsetel külgedel, kus päike kütab betoonpandust ja tumedat soklit, mis kiirendab veeauru liikumist seina soojustuse sisse (Foto 17).

Foto 17. Mineraalvillaga krohvfassaadi alumise serva märgumine

6.4 Tõsteseadme valik

Kasutust on leidnud kahte tüüpi tõsteseadmed – käärtõstukid ja korvtõstukid (Foto 18). Korvist juhitavad korvtõstukitega saab ligi raskesti ligipääsetavatesse kohtadesse, aga on väikese kandevõime ja ruumiga. Kõige mugavamad tõsteseadmed on suure töölavaga ja tõstevõimega käärtõstukid, kuna elementide paigaldusel on üleval vähemalt kaks töömeest koos vajalike tööriistade, kinnitusvahendite ja abimaterjalidega. Seni on kõigi seinaelementide paigaldusel elementide tõstmisel valituks osutunud autokraanad.

Foto 18. Korvtõstuk (vasakul) ja käärtõstuk (paremal) [10]

Kaasas peavad paigaldajatel olema näiteks:

- puurtrellid;
- akutrellid;
- tuulesidemed/kandurid;
- erinevad kinnitusvahendid;
- erinevad tõmbid ja pitskruvid;
- rihtimisvahendid ja sõrgkangid;
- abimaterjal (näiteks teibid, liimid, lisasoojustusmaterjal, sidepuud, auru- ja tuuletõkkekangad);
- viilkatuse korral ka saed ja ruum kuhu ajutiselt katusekattematerjal teisaldada.

Kogu see eelnev nimekiri korvtõstukisse ei mahu või ei jõua seda raskust tõsta, aga kui pinnas ei võimalda käärtõstukiga töötamist, siis tuleks kasutada korvtõstukeid kus kumbki paigaldaja on eraldi tõstukiga. Eeliseks käärtõstukil on ka kiire meeskonna liikumisvõime paigaldusalas, kus korvtõstukiga tuleks muuta korvi asukohta, mis on aeganõudev (Foto 19).

Foto 19. Korvtõstukiga paigaldus (vasakul) ja käärtõstukiga paigaldus (paremal)

6.5 Elementide horisontaal- ja vertikaaljätk

Olenemata elementide tüübist, on eesmärk sulgeda auru- ja õhutõkkekihid liites omavahel tihendatud või täidetud liimmassiga või kahepoolse teibiga kokku liimitud. Ülemiste ja alumiste elementide aurutõkkemembraanid, jäetuna kahe sidepuu vahele ilma sidumata, ei ole aurutihe lahendus. (Lisa 2).

Seal, kus elemendid paigaldatakse vertikaalpoolel kokku, on aurutõkke teipimine raskendatud või võimatu. Kasutada saab vahetult enne järgmiste elementide paigaldust liimmassi või isepaisuvaid tihendeid (Lisa 2).

6.6 Ülemiste elementide paigaldus viilkatusega hoonel

Viilkatusega hoonel on ülemiste elementide paigaldus aeganõudvam, kuna ajutiselt tuleks eemaldada räästa alas katusekate elementide tõsteks (Foto 20). Peale elementide paika saamist ja tuulesidemete kinnitamist, paigaldatakse ajutiselt katusekate. Hilisemate katusekatte vahetustööde käigus taastatakse või asendatakse läbilõigatud roovid ja ka sarikad (kui neid on vaja läbi lõigata) ning paigaldatakse uus katus. Viilkatustega hoonetel tasub arendada tõstetraaversit, mis võimaldaks ülemiste elementide paigaldust ilma katust lõhkumata. Hetkel ajakuluna on iga torni kohta katuse lahti võtmine ja ajutine kokku panemine ajaliselt lisakulu kaks tundi, kus hõivatud on kolm töömeest ja kraana. Näiteks kui võtta arvestusse Riia mnt 80 hoone, millel on 27 elementide torni, siis ajakulu on 54 töötundi. Tunnitasu arvestame 25 eurot töömehe kohta ja kraana tunnimaksumuse 65 eurot, seega kogu objekti lisakulu on 3*54*25+54*65=7560 eurot, millele lisandub käibemaks.

Foto 20. Eemaldatud katusekate tõste hetkel

6.7 Ülemiste elementide paigaldus lamekatusega hoonel

Lamekatusega hoonel puuduvad takistused ülemiste elementide paigaldusel. Eelnevalt tuleks veenduda parapeti püsivuses, kuhu ülemiste elementide tuulesidemed kinnitatakse. Nõva 3 näitel tuli olemasoleva parapeti betoonplaati täiendavalt ankurdada (Foto 13). Lisaks tuleks koheselt elemedid pealt ilmastikukindlalt sulgeda. Foto 21 näha paremal pool kohe peale elementide paigaldust katte paigaldus ja vasakul parapeti kinni ehitamise järgset paigaldust.

Foto 21. Parapeti betoonplaadi täiendav ankurdamine (punase ristiga) ja tuulesidemed (hetkel lõplikult kinnitamata)

6.8 Ilmastiku eest kaitse paigaldusaegade vahel

Võib esineda olukordi, kus elementide torni paigaldus jääb üleöö või nädalavahetuseks pooleli ja on vaja kaitsta elemente ilmastiku eest. Pikemalt välja ulatuv auru- või tuuletõkkemembraaniga pealt katmine ja fassaadile ajutine liimimine või teipimine ei toimi, kuna olemasolev fassaad on tolmune ja sinna ei hakka liimid kinni. Näiteks kasutada ajutiseks katmiseks korduvkasutatavaid katteplekke, mis kinnitatakse mõne betoonikruviga elementide kohale või kinnitada kate seina külge puidust roovi abil.

6.9 Paigaldus talvel

Talvisel paigaldusel tuleks arvestada miinuskraadidest tingitud olukordadega. Nõva 3 näitel on madalaimaks temperatuuriks, kus saab paigaldust teostada miinus 10 kraadi Celsiuse järgi, kuna tehnika ei pea tugevaid külmakraade vastu. Objektil tekkis olukord, kus kraanaoperaatori sõnul saab tööd teha kuni miinus 18 kraadiga, kuid miinus 12 kraadi juures seiskus külmunud anduri tõttu kraanamast ja töid ei saanud jätkata. Tuli kutsuda teine kraana, kes elemenditõste poole pealt üle võttis (Foto 22). Tegemist oli kahe hoone vahelise alaga, kus puhub tuul ja kraanamasti seiskumisel mõõdeti termokaamera abil kraanamasti pinnatemperatuuriks miinus 21,8 kraadi (Foto 23).

Foto 22. Esimese kraanamasti külmumise tõttu pidi teine poole paigalduse pealt üle võtma

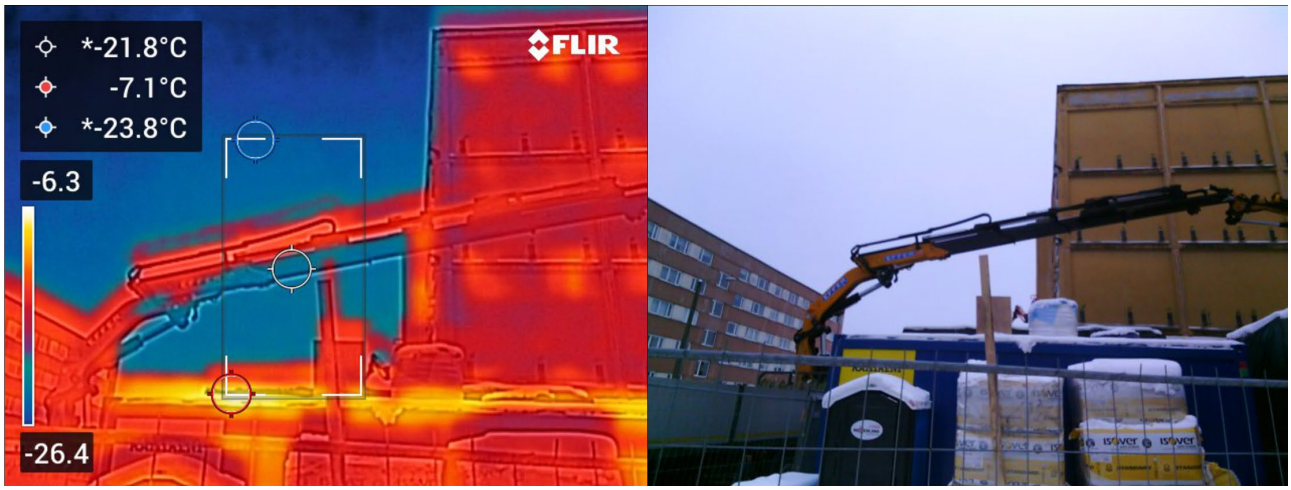


Foto 23. Kraana masti termopilt kust näha masti pinnatemperatuur -21,8 kraadi

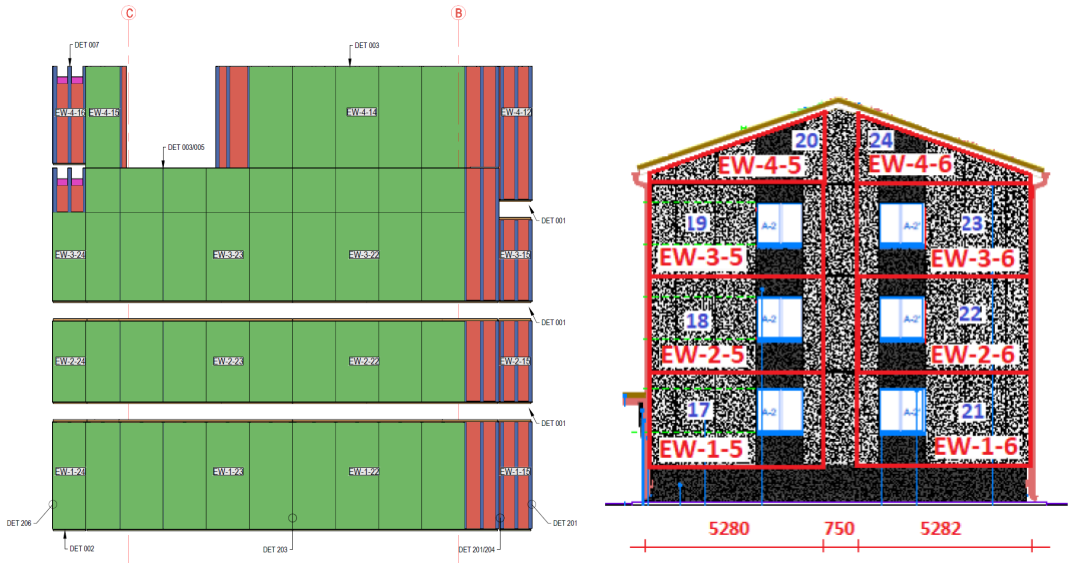
Samal hommikul tekkis ka olukord, kus miinus 16 kraadi juures ei pidanud käärtõstuki hüdrovoolik vastu ning lõhkes. Tõstuk seisis ca kolm tundi, kuni jõudsid tehnikud, kes vea likvideerisid. Objekti paigaldusmeeskonda küsitledes oli ühene vastus, et mehed saavad tööd teha kuni miinus 20 kraadiga, aga tehnika ei pea sellele vastu. Siit ka järeldus, et talviti paigaldust saab teostada kuni -10 kraadiga.

7 JÄTKUTÖÖD

Uurimustöö käigus sai uuritud kahte tüüpi elementide jätkutööd (tüüp 3 ja 4). Tüüp 1 ja 2 olid eelnevalt valmis ehitatud ja puudus võimalus töid vaadelda. Tüüp 5 oli alles arendamisel ja selle vaatlemise võimalus samuti puudus.

7.1 Puhvertsoonide kinni ehitamine objektil

Käesolevas töös on puhvertsooni all mõeldud ventilatsioonitorustike paigutamiseks jäetud vertikaalsed ja/või horisontaalsed alasid, mis kaetakse objektil peale torustike paigaldust (Joonis 7). Puhvertsoonid annavad ka juurde elementide paigaldusel võimalust nihutada elemente tsooni suunas.



Joonis 7. Horisontaalsed (vasakul valged ribad) ja vertikaalsed (paremal vahega 750 mm) puhvertsoonid

Tüüp 3 elementide puhul olid elemendid vertikaalselt ühendatud ainult välisnurkadest. Elementide vahele oli jäetud objektil kohapeal kinni ehitamiseks puhvertsoonid. Esmalt puuriti ventilatsioonitorustiku läbiviigud pööningult, paigaldati aurutõke (Foto 24), seejärel ühendati ventilatsioonitorustik, lisatti soojustus koos roovitusega ja kaeti tuuletõkkeplaadi ning fassaadikattega. Samad tegevused on tüüp 4 puhul. Vahe on selles, et tüüp 4 elementidel on objektil kohapeal kinni ehitatavad tsoonid korruste vahel horisontaalselt, kus ühendatakse ventilatsioonitorustik elementide vahel ja seejärel ehitatakse vahe kinni (Foto 25).

Foto 24. Puhvertsoonides paigaldatud aurutõke (vasakul) ja ventilatsioonitorustiku ühendamine (paremal)

Foto 25. Tüüp 4 horisontaalse tsooni kinni ehitamine

7.2 Vuukide tihendamine

Lisaks tsoonide kinni ehitamisele on tüüp 3 elementide puhul eraldi jätkutööks horisontaalse tuuletõkkevuugi liimimine ja jätkuplekkide paigaldus (Foto 26).

Foto 26. Horisontaalvuukides paigaldatud jätkuplekid

7.3 Ülemiste elementide pealmise osa vormistamine

Ülemise osa kinni ehitamine ei erine klassikalisest ehitusest. Nii viil- kui ka lamekatuse (Foto 27) katmistööd on tänasel hetkel soodsamad elementidega katuse rekonstrueerimisest.

Foto 27. Lamekatuse parapett

Viilkatusega hoonel lõpeb ülemine element räästakastis enne sarikaid. Müürlati soojustamine teostatakse objektil kohapeal ja üleminek jääb räästakasti peitu.

7.4 Sisemiste aknapalede ehitus ja tuletõkketööd

Aknapalede ehituse käigus teostatakse ka tuletõkketööd. Esmalt teibitakse elementide ja olemasoleva seina vuuk aurutõkketeibiga, seejärel tuletõkkevill 30 mm (Foto 28), mis kaetakse 15 mm tuletõkkekipsplaadiga. Akna tihendamisel on jäetud tuletõkkekipsi paigalduseks tasku (Foto 28).

Foto 28. Tuletõkkevill 30 mm (vasakul) ja kipsplaadi paigaldustühimik (paremal)

7.5 Alumiste kandurite tuletõkketööd

Juhul, kui kõigi korruste elemendid on projekteeritud kandma alumisele kandurile, peaks olema tagatud vastav kandurite tulepüsivus. Selleks kaetakse sokli alas EPS-i asemel kandurid tuletõkkevillaga. Täpsem lahendus lahendada projekteerimise käigus ja kooskõlastada vastavalt objekti asukohale kohaliku päästeametnikuga (Lisa 4).

8 TULEMUSED, SOOVITUSED JA ETTEPANEKUD

Uurimistöö käigus tehtud analüüs näitas, et projekteerimise, tootmise ja ehitustegevuse ajal on mitmeid kriitilisi tegureid, mis mõjutavad puitelementide kvaliteeti ja ehitusprotsessi tulemuslikkust. Käesoleva uurimistöö ajal teostamisel olnud KredEx-i pilootprojektide raames tuli ilmsiks palju eelpool kirjeldatud juhtumeid, mis said lahendatud, et järgnevatel kortermajade tehaselistel rekonstrueerimistel neid enam ei tekiks. Töö raames sai koostatud esialgne juhendmaterjal tehaselisteks rekonstrueerimisteks, mis võiksid olla edasiste juhendite suunanäitajaks. Vaatluste ja intervjuude käigus sai ka välja selgitatud erinevate objektide ja tüüpide ajakulud objektil vastavalt etapile, mis on näidatud järgnevas tabelis (Tabel 1). Märkimist tasub, et Sindi Kooli 5 ja Tartu Nõva 3 olid paigaldusmeeskondadele esimesed objektid ning seetõttu oli ajakulu suurem. Lisaks tekitasid peatükis 2 kirjeldatud juhtumid mõningaid seisakuid või viivitusi töös, seega järgnev tabel ei saa kajastada lõpliku saavutust.

Tabel 1. Objektitööde ajakulud inimtöötundides (meeskonnad 2, 3 või 4 liikmelised)

	Sindi Kooli 5	Kuressaare Ojassoo 6	Pärnu Riia mnt 80	Tartu Turu 15	Tartu Nõva 3
Hoone suletud netopind [m^2]	1810	1350	2341	1610	2215
Fassaadi ettevalmistus [h]	72	240[b]	320[c]	240	440[f]
Kandurite paigaldus [h]	72	48	240[d]	48	480[g]
Elementide paigaldus [h]	720[a]	192	264	432[e]	305[h]
Puhvertsoonide ja nurkade kinni ehitamine [h]	264	320	teostamisel	teostamisel	704

Objektide eripärad selgitamaks Tabel 1-e ajakulusid:

a) Elementide paigaldus viibis kuna esialgsed tüüblid ei sobinud ja oodati katsetusmeeskonna taga, kes selgitasid välja sobivad tüüblid. Lisaks fassaadi ettevalmistused toimusid koos elementide paigaldusega, järgnevatel objektidel tehti fassaadi ettevalmistused enne elementide paigaldust.
b) Tellisvoodri puhul kinnitati lisatüüblitega kandurite alas vooder lisaks kandvasse ossa.
c) Fassaadi ettevalmistusel oli betoonist aknaalused, millede eemaldamine oli ajamahukas töö.
d) Kandureid ei saanud kinnitada projekteeritud asukohta ja tuli lisada liimpuidust lisatala ümber hoone perimeetri (vaata punkt 2.1.1.).
e) Tellisvooder oli väga kehvas seisus ja lisaks voodri üldisele lisakinnitamisele, oli lisatöid akna

alustega. Aknaavade all olid sidekivid murdunud, mis vajasid täiendavat tüübeldamist ja betoneerimist. Need tööd teostati paralleelselt elementide paigaldusega. Lisaks tulid osad elemendid ümber paigaldada (vaata punkt 2.2.3.).

f) Elementide tüübile omapäraselt, tuli kõik ventilatsiooni läbiviigud parapetist eelnevalt freesida. Lisaks oli tegemist eenduvate osadega betoonelementidest hoonega mille ava ümbrused tuli lõigata.
g) Tüüp 4 element, millel iga element toetus eraldi kanduritel. Lisaks erinevuseks teiste tüüpidega, kus kinnitusvahenditeks olid tüüblid ja poldid, paigaldati sellel objektil kandurid keemilise liimiga.
h) Esimeste elementide paigaldus toimus enam kui miinus 10 kraadi juures ning hoovi poolsel küljel vajus sula tõttu tehnika pinnasesse ja tuli kasutada täiendavaid meetmeid (vaata punkt 2.1.2.).

Lisaks elementide eri etappidega seonduvalt töös käsitletud teemadele tuli ka ilmsiks asjaolud, mis oluliselt mõjutavad kogu protsessi. Järgnevalt toon välja asjaolud, mis ei ole otseselt seotud elementidega, vaid muude tervikrekonstrueerimisega kaasnevate tööde ja tegemistega.

8.1 Uuringute tulemusena selgunud kitsaskohad

Lisaks peamiseks eesmärgiks olevale elementide uurimisele selgusid mõningad pudelikaelad, mis vajavad tähelepanu, kui me soovime renoveerimismahtu tõsta ja mis võivad saada takistusteks:

1. Ehitusregistri menetlusaeg – juba praeguse väikese mahu juures venis ehitustegevuse algus edasi, kuna ehitusteatist ei olnud registrisse kantud. Kui seda süsteemi ei suudeta parendada ja menetlusaegu lühendada, ei saa me mõelda mahu suurenemisele. Siinkohal on üheks ettepanekuks kaasata tehisintellekti, kus suurema mahu menetleb programm ja jätab ametnikule menetluseks keerulisemad või kahevahel olevad märkused;
2. Aknapalede viimistlus – aknapalede viimistlus kipsplaadi ja selle viimistlusega on aeganõudev ja tolmune töö. Vaja on leida kiirem ja puhtam viis akende sisetöödel. Üheks võimaluseks on MDF või liimpuitkilpidest plaatidega aknapalede vormistamine, kus veidi laiematest kilpidest lõigatakse kohapeal mõõtu palede plaadid, mis kinnituvad klikk-süsteemiga aknaraami külge ja vuuk kaetakse puitliistudega [11]. Soovitatud lahendust on vaja edasi arendada tulepüsivuse osas, et ka päästeamet seda aktsepteeriks (Foto 29).
3. Tehnosüsteemide renoveerimine – kui muude tööde mahtu saab tehases toodetud elementidega ja toodetega tõsta, siis uute tehnosüsteemide rajamisel on endiselt vaja

olemasolevad eelnevalt eemaldada ja need tööd jätkuvad vanaviisi. See tähendab seda, et nendes valdkondades on vaja pädevat tööjõudu juurde – selles valdkonnas on veel arenguruumi.

4. Teadlikus – intervjuude ja koosolekute käigus selgus tõsiasi, et konsultandid teavad tehaselisest rekonstrueerimisest vähe ja seetõttu ei oska seda ühistutele soovitada. Selleks, et teadlikkust tõsta, teen ettepaneku luua lisakoolitusprogramm või keskkond kus konsultandid saavad põhjaliku ülevaate uudsetest võimalustest.

Foto 29. Akna viimistlus klikk-süsteemiga

8.2 Projekteerimine

Eraldi punktina käsitlen projekteerimisvaldkonda, kus täna peavad ühistud tegema valiku koheselt, kas rekonstrueerivad klassikalisel viisil või tehase elementidega. See toob kaasa harjumusest klassikalise rekonstrueerimise eelistamise. Lisaks on murekohaks *copy-paste* projektid ja sellega kaasnevad korduvad vead objektist objekti ning vähesed ehitusuuringud, mida praktiliselt ei teostatagi. Põhiliseks probleemiks on osutunud tehnosüsteemide mahtumisega olemasolevatesse lõõridesse ja püstakutesse [12, lk 42].

Projekteerimis-ehitustöövõtu hankega kaasneb ka olukord, kus ühistud ei saa midagi ette võtta enne, kui soodsaima pakkumise teel võitnud peatöövõtjaga on leping sõlmitud. See tõstab peatöövõtja töömahtu, kes selle teenuse samuti alltöövõtukorras sisse ostab, mis võib omakorda tähendada mingitel hetkedel protsessi pidurdumist.

Siit mõned soovitused:

- Koolitada tehnilisi konsultante projektivigadest ja kohustustest, mida projekt peaks sisaldama ja mis uuringuid tasub teostada, kuna nende koostada või täiendada on projekteerimise lähteülesanne hoone eripärasid arvestades. Hoida neid kursis standardi EVS 932 [13] ja KredEx-i nõuetega projektile [14], et projekti lähteülesanded saaksid täpsemad ja sellega vähendaks projekti puudusi.
- Tehaselise rekonstrueerimisega lõpetada projekteerimis-ehitustöövõtu hange, osaliselt projekteerimine eraldada. Tehaselistega jääb hankesse tehase poolne elementide projekteerimine.
- Projekteerimise käigus tuleks teha uuringud vundamendile, fassaadile, müürlatile/parapetile, tõmbekatsed - eesmärk teada saada kas fassaad/vooder kannab lisasoojustust ja/või elemente – täiendada KredEx-i nõudeid.
- Lisada nõue säilitatavate rõdude, lodžade ja varikatuste kandevõime kontrollimiseks arvestades, et need peavad vastu pidama veel 50 aastat.

8.3 Soovitused elementide standardiseerimiseks

Kasutatavate materjalide osas uurimistöö käigus midagi uut ei lisandunud. Küll aga fassaadikattematerjali osas, mis tänastel projektidel on ainult tsementkiudplaat, oli nurinat hoone elanike seas, et näeb liiga ühesugune välja. Hetkel on fassaadikattematerjali osas mindud kindla peale välja ja seda valdkonda tasub täiendavalt uurida ja arendada elementide katteks sobilike uute materjalide leidmiseks. Standardiseerimisel tasub arvestada ka ringmajanduse põhimõtteid. Elemendid peaks olema taaskasutatavad ehk ka kergesti demonteeritavad ja projekteerimise käigus mõeldud nende alternatiivsetele kasutuskohtadele. Arendada tasub mehaanilisi ühendusi nagu tapid ja klikk-süsteemid. Ringmajanduse põhimõtete rakendamisest saab põhjalikumalt lugeda Kristel Kullerkupu magistritööst: „Ringmajanduse põhimõtete rakendamine korterelamu tehaselisel rekonstrueerimisel“ [15].

Materjalide omadused:

- Kompensatsioonivill – peaks olema kergesti kokku surutav.
- Aurutõkkeks muutuva veeaurutakistusega õhu- ja aurutõkkemembraan – (näiteks 0.2m<Sd<5m).
- Karkassi materjaliks tugevsorteeritud C24 puit.
- Soojustuseks mineraalvill karkassi vahel.

- Tuuletõkkeks teibitava või liimitava pinnakattega ja auru läbilaskva kartongkatteta tuuletõkkeplaat.
- Fassaadikattematerjal sobilik välitingimustesse, leida uusi materjale, millega hoonele ilmet anda. Vältida ühe ja sama materjali kasutamist.

Uurimistöös kogutud info põhjal hindan kõige efektiivsemaks elementide tüübiks Kuuma 4 ehk tüüp 2 elementide võimaliku edasiarenduse, mis praeguseks hetkeks veel teostamata. Elemendid olid projekteeritud ilma puhvertsoonideta, kus ventilatsioonitorustikud ühendusid läbi elementide. Kasutati metallist torustiku, mis olid jäigad ja väikeste nihete tõttu oli horisontaaljätku kokku saamine aeganõudev, kuna enamus torustiku üleminekuid tuli enne kokku laskmist kohendada. Esines ka olukordi, kus element tuli uuesti maha tõsta ja torustikku kohendada. Selle probleemi tõttu projekteeriti tänased KredExi pilootprojektid puhvertsoonidega, kus ventilatsioonitorustik ühendati objektil kohapeal. Ettepanek on arendada elemente edasi näiteks plasttorustikuga, mis on elastsemad ja näiteks aretada liugmuhv, et saada juurde vajalikku paigaldustolerantsi.

Kuna endiselt on pilootprojektide elementidega mahukad jätkutööd, ei saa need olla lõpptoodanguks. Lõpptoodanguks saab lugeda seda lahendust, millel sisuliselt puuduvad jätkutööd. Näiteks on ka võimalik juba tehases elementide külge paigaldada veeplekid ja viilkatuse korral vihmaveetorustik.

8.4 Ettepanekud

Tehase lisasoojustuselementidega lamekatuse lisasoojustamine on praegusel hetkel piisavalt kallim klassikalisest ja majanduslikult on mõttekam katused renoveerida objektil kohapeal. See tähendab seda, et selles valdkonnas on palju arenguruumi. Vajadus on selleks suur, kuna lähiaastatel tuleks tõsta renoveerimise mahtu rohkem kui kaks korda. Üheks ettepanekuks katusetöödel on ventilatsiooniagregaadid eelnevalt komplekteerida näiteks soojustatud konteineritesse, millega objektil kohapeal jääb ainult kraanaga paika tõstmine ning torustiku ühendamine.

Kui lamekatuste renoveerimine tehase elementidega saavad arendatud majanduslikult mõtekaks ja tõhusaks, siis keerulisem on elementidega soojustamine viilkatustega hoonetel. Soojustades viiluosa, tekib juurde köetav ruum pööningu mahu arvelt ja see on kui kasutu ruumi kütmine ning raiskamine. Seda saab lahendada, kui näiteks viilkatustega hooned teha ümber lamekatustega hooneteks.

Lisaks katuste renoveerimisel on välitööde seas veel puutumata teema sokkel ja vundament. Miks mitte ka sokkel ja vundament renoveerida tehases eelvalmistatud tehaseelementidega? Samuti on võimalik teha sissepääsud koos varikatustega tehase moodulitena ning objektitööks jääb ainult paika

tõstmine ja kinnitamine.

Veel tasub uurimist olemasolevatele kortermajadele lisakorruste rajamine, mida saab täielikult teostada tehase elementide ja/või moodulitega. Juurdeehitus ei ole KredExi poolt abikõlblik tegevus, aga lisatavate korterite müügist saadav tulu võib olla kasumlik ning ühistul on potentsiaalselt võimalik katta osaliselt või täielikult omafinantseeringut.

KOKKUVÕTE

Käesolev uurimistöö käsitleb kortermajade rekonstrueerimise protsessi tehases eelvalmistatud lisasoojustuselementidega, keskendudes nende projekteerimisele, tootmisele ja paigaldusele. Töös käsitletakse tehases eelvalmistatud lisasoojustuselementide kasutamist kortermajade rekonstrueerimisel Eestis, püüdes välja selgitada, milliseid eeliseid ja väljakutseid see lähenemisviis pakub ning kuidas neid protsesse optimeerida. Uurimistöö keskendus erinevatele elementidele, nende projekteerimisele, tootmisele, ettevalmistustöödele objektil ja paigaldusele ning järeltöödele. Lisaks analüüsiti ka välja tulnud pudelikaelad, mis võivad takistada renoveerimismahtude suurenemist.

Peatükk 2 keskendub uuritud objektide juhtumitele ja nendele leitud lahendustele, et anda ülevaade erinevate tegevuste ära jätmise tagajärgedest. Juhtumid on esitatud ehitusetappide loogilises järjekorras. Käsitleb liiga väheste uuringute tagajärgi, näiteks kandurite kinnitamatust ja tõstetehnika läbipääsmatust. Esimeses juhtumis ei veendutud ehitusuuringute käigus aluspinna tugevuses, mis viis probleemideni kandurite paigaldamisel. Lahenduseks oli liimpuittala lisamine. Teises juhtumis ei arvestatud tõstukite ja kraana liikumisteede pinnase vastupidavust, mis viis ajutise pinnase asendamiseni geotekstiili ja killustikuga. Seejärel käsitletakse punktipilve ebapiisavat kasutamist ja sellega seotud probleeme, näiteks ebatiheda kompensatsioonivilla, looklevate elementide, elementide mitte kokkusobimise ja avatäidete mittevastavuse. Olukordade lahendamine nõudis kohapealseid lisatöid. Seejärel kirjeldatakse puuduliku projekteerimise tagajärge, nagu kandurite paigaldamine ebaühtlasel pinnal, transpordi ja tõste vigastused ning tagasiside puudumine projekteerijatele. Lahendused hõlmasid kanduri kinnituslahenduste muutmist, pakendamise ja tõstmisviiside lahendamist inseneri poolt ning projekteerijate kaasamist lahenduste leidmisel ja tagasiside andmisel.

Järgmistes peatükkides käsitletakse soovitusi elementide projekteerimise, tootmise, paigalduse ettevalmistavate tegevuste, elementide paigalduse ja jätkutööde korraldamises, mis on koostatud näidisjuhendina edasiste juhendite teejuhiks. Juhendis tuuakse välja olulisemad tegevused uurimistöödest kuni elementide paigaldusjärgse tööde lõpetamiseni. Näiteks aurutõkke vajalikkus soklis, jätkudes auru- ja õhutõkke tihendamine, lame- ja viilkatusega ülemiste elementide tihendamine ja talvisest paigaldusest tingitud asjaolud.

Viimases peatükis võetakse lühidalt kokku tulemused ja uurimistöö käigus ilmnenud mitmed pudelikaelad, mis vajavad tähelepanu, näiteks ehitusregistri menetlusaeg, aknapalede viimistlus, tehnosüsteemide renoveerimine ja teadlikkuse tõstmine. Eraldi alapeatükis käsitletakse projekteerimise osa, kus on probleemiks koheselt tehtav valik klassikalise rekonstrueerimise ja tehase

elementide vahel ning projektide korduvad vead. Soovitatakse eraldada osaliselt projekteerimine ehitustöövõtust, teha rohkem ehitusuuringuid ja koolitada konsultante.

Elementide standardiseerimise osas soovitatakse kasutada juba kasutuses olevaid materjale ning arendada edasi tüüp 2 elemente, mis praeguseks on veel teostamata. Lõpptoodanguks võiks olla lahendus, millel sisuliselt puuduvad jätkutööd.

Ettepanekud hõlmavad lamekatuste renoveerimise arendamist tehase elementidega, viilkatustega hoonete ümbertegemist lamekatusteks ning sokli ja vundamendi elementide välja arendamist. Lisaks võiks uurida olemasolevatele kortermajadele lisakorruste rajamist tehase elementide ja/või moodulitega, mis võib aidata katta osaliselt või täielikult ühistu omafinantseeringut.

SUMMARY

The following thesis *Important Activities in Design and Installation With Prefabricated Insulation Elements* research addresses the process of reconstructing apartment buildings with factory prefabricated supplementary insulation elements, focusing on their design, production and installation. The paper examines the use of factory prefabricated additional insulating elements in the reconstruction of apartment buildings in Estonia, trying to identify the advantages and challenges of this approach and how to optimise these processes. The research focused on the different elements, their design, production, site preparation and installation, and post-installation work. In addition, the study analysed the bottlenecks that emerged and which could hinder an increase in renovation volumes.

Chapter 2 focuses on the cases of the sites studied and the solutions found, in order to give an overview of the consequences of not taking various actions. The cases are presented in the logical order of the construction phases. It deals with the consequences of insufficient investigations, such as unsecured girders and impassability of lifting equipment. In the first case, the strength of the subsoil was not verified during the construction survey, which led to problems with the installation of the girders. The solution was the addition of a glulam beam. In the second case, the resistance of the soil in the paths of the cranes and hoists was not taken into account, which led to the replacement of the temporary soil with geotextile and gravel. The insufficient use of the point cloud and related problems such as imperfect compensation felt, wavy elements, non-matching of elements and nonconformity of openings are then discussed. The resolution of the situations required additional field work. The results of inadequate design are then described, such as installation of girders on uneven surfaces, transport and lifting damage, and lack of feedback to designers. Solutions included modification of the fixing solutions for the girder, engineering solutions for packing and lifting, and involvement of the designers in finding solutions and providing feedback.

The following chapters cover recommendations for the design of the elements, production, preparation for installation, installation of the elements and the organisation of the follow-up work, which have been prepared as a model guide to lead the way for further guidelines. The guide outlines the main activities from the investigation to the completion of the post-installation works. For example, the need for a vapour barrier at the plinth, the sealing of the vapour and air barrier at the extensions, the sealing of the flat and pitched upper element and the winter installation specifics.

The final chapter briefly summarises the results and several bottlenecks identified during the research

that need to be addressed, such as the length of time it takes to process in the building register, the finishing of window panes, the renovation of technical systems and raising awareness. A separate sub-section addresses the design part, where the problem is the immediate choice between classical renovation and factory elements, and recurrent design errors. It is recommended that design should be partly separated from construction, that more building studies should be carried out and that consultants should be trained.

In terms of element standardisation, it is recommended to use existing materials and to further develop type 2 elements, which are not yet implemented. The final product should be a solution with essentially no follow-up work.

Proposals include the development of renovation of flat roofs with factory elements, the conversion of pitched roofs to flat roofs and the development of plinth and foundation elements. In addition, the construction of additional storeys on existing apartment buildings with factory-fabricated elements and/or modules could be explored, which could help to cover part or all of the housing association's own financing.

VIIDATUD ALLIKAD

[1] „Renoveerimislaine | Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium“. https://mkm.ee/ehitus-ja-elamumajandus/elamud-ja-hooned/renoveerimislaine (vaadatud 1. mai 2023).

[2] „Microsoft Power BI“. https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiYTA2OWQ1OTEtNGJiZi00MDRiLWE5MDUtOTZiYjg2MDhmZmIxIiwidCI6IjNlZmQ0ZDg4LTliODgtNGZjOS1iNmMwLWM3Y2E1MGYxZGI1NyIsImMiOjh9 (vaadatud 1. mai 2023).

[3] „Korterelamute renoveerimistaotlusi esitati kõige enam Lõuna-Eestist“, *KredEx*. https://kredex.ee/et/uudised/korterelamute-renoveerimistaotlusi-esitati-koige-enam-louna-eestist (vaadatud 3. mai 2023).

[4] A. Hamburg, T. Kalamees, ja T.-A. Kõiv, „Realisation of Energy Renovation Targets of Estonian Apartment Buildings“, juuni 2022, Vaadatud: 1. mai 2023. [Online]. Available at: https://digikogu.taltech.ee/et/item/790db206-2bfe-4ec0-9476-cb1a3dc09400

[5] „Juhendid“, *Plasto*. https://plasto.ee/akna-ukse-juhendid/ (vaadatud 4. mai 2023).

[6] U. Toomsar, S. Varbla, ja R. Puust, „Ehituse Mäemaja punktipilve ja digitaalse kaksiku loomine“, juuni 2021, Vaadatud: 7. mai 2023. [Online]. Available at: https://digikogu.taltech.ee/et/item/d0467490-087b-4ea9-bd30-989c904c1353

[7] M. Sari ja E. Pikas, „Scan to BIM töövood, meetodid ja tehnoloogiad olemasolevate korterelamute näitel“, mai 2022, Vaadatud: 7. mai 2023. [Online]. Available at: https://digikogu.taltech.ee/et/item/bd1cf49a-f0cd-4274-8c2a-8ab38ac8bb31

[8] P. Pihelo ja T. Kalamees, „Hygrothermal Performance of Prefabricated Timber Frame Insulation Elements for Deep Energy Renovation of Apartment Buildings“, juuni 2020, Vaadatud: 30. aprill 2023. [Online]. Available at: https://digikogu.taltech.ee/et/item/d748fbdf-83e0-4377-a8d3-5e7e327e102e

[9] „Ehitisregister“. https://livekluster.ehr.ee/ui/ehr/v1/document?docNr=2011201/02027 (vaadatud 30. aprill 2023).

[10] „Tõsteseadmed - Rent | cramo.ee“. https://www.cramo.ee/et/category/tosteseadmed (vaadatud 30. aprill 2023).

[11] *Akna viimistlus (MDF)*, (22. aprill 2016). Vaadatud: 1. mai 2023. [Online Video]. Available at: https://www.youtube.com/watch?v=Gp52GBC1Y2U

[12] H. Tammemägi ja E. Pikas, „Tehnosüsteemide paigaldusprobleemide vältimine kvaliteedijuhtimise ja ehitatavuse analüüsi abil“, mai 2022, Vaadatud: 7. mai 2023. [Online]. Available at: https://digikogu.taltech.ee/et/item/81ce4f07-9dba-48f5-8660-c4fc29a160c7

[13] „EVS 932:2017“, *EVS*. https://www.evs.ee/et/evs-932-2017 (vaadatud 7. mai 2023).

[14] „Nõuded rekonstrueerimisprojektile“, *KredEx*. https://kredex.ee/sites/default/files/2023-04/No%CC%83uded%20rekonstrueerimisprojektile.docx (vaadatud 7. mai 2023).

[15] K. Kullerkupp ja T. Kalamees, „Ringmajanduse põhimõtete rakendamine korterelamu tehaselisel rekonstrueerimisel“, mai 2022, Vaadatud: 7. mai 2023. [Online]. Available at: https://digikogu.taltech.ee/et/item/c7459a0d-23cc-4db2-b9c1-1ce8e1c4f036

[16] „OE_8.4_Tosteseadmetega_tootamiseks_.pdf“. Vaadatud: 30. aprill 2023. [Online]. Available at: https://mil.ee/wp-content/uploads/2022/12/OE_8.4_Tosteseadmetega_tootamiseks_.pdf

LISAD

Lisa 1. Tegevuste *Check-List* enne paigaldust

Lisa 2. Näidissõlmed

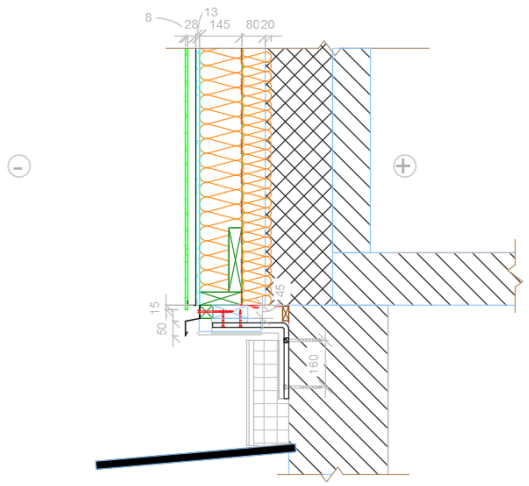
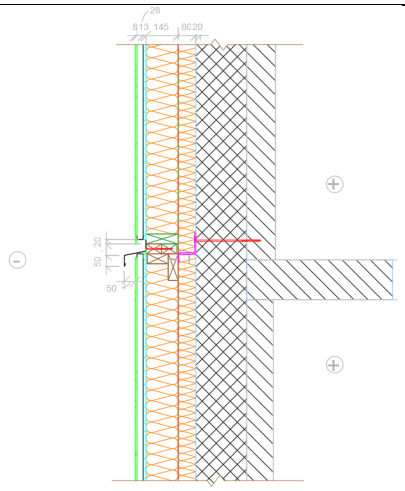
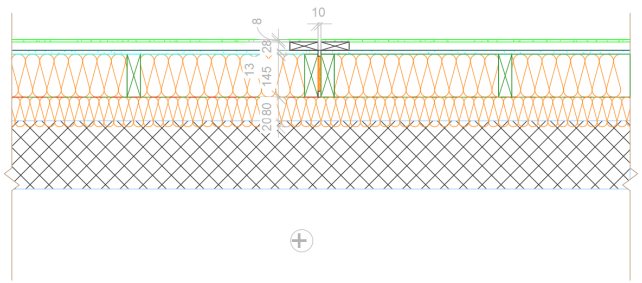
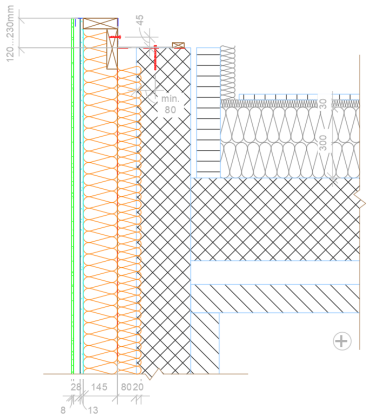
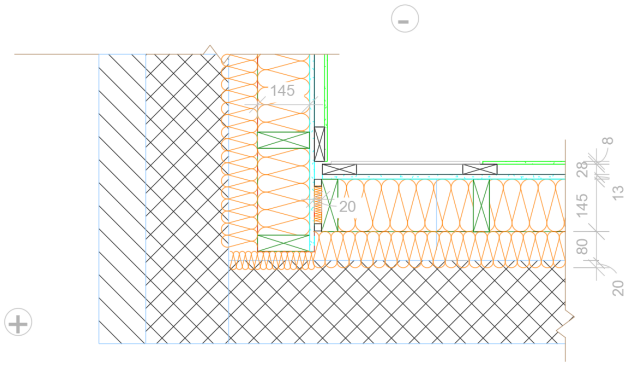
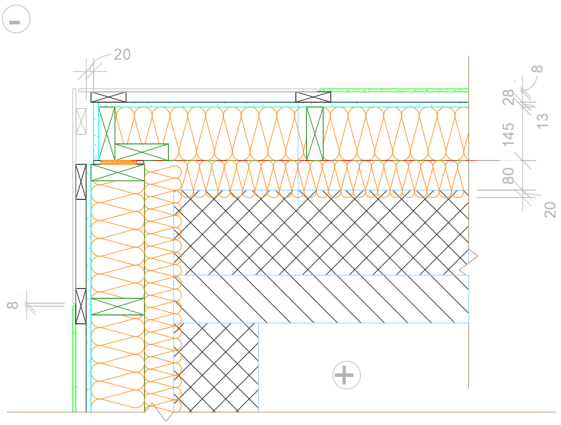
Lisa 3. Avatäidete olemasolev olukord Tartu Nõva 3 näitel

Lisa 4. Tähtsamad käemärgid tõsteseadmetega töö juhendamiseks [16]

Lisa 1. Tegevuste *Check-List* enne paigaldust

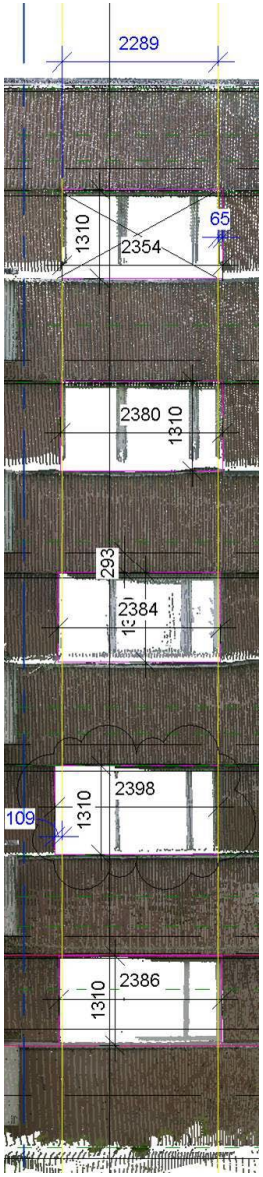
	Liik	Asukoht/ala	Tolerants/ vajalik tulemus	Tulemus	Vastavus nõuetele	Märkused
	Olemasolev materjal	arhiivijooniste ja olemasolevate uuringute kogumine				
UURIMISETAPP	Hoone vajum	pikisuunas				
		põikisuunas				
	Radiaatori võimalikud mõõdud	laius				
		kõrgus sissepuhkega mujalt				
		kõrgus sissepuhkega radiaatori kohalt				
	Radiaatori võimaliku kõrguse	kõrgus sissepuhkega mujalt				
		kõrgus sissepuhkega radiaatori kohalt				
	Tõmbekatsed	sokkel/vundament				
		fassaad				
		parapett/müürlatt				
	Kandevõime kontroll	kandvad konstruktsioonid				
		proovipuurimised ol.oleva hoone konstruktsiooni paksuste välja selgitamiseks				
		rõdud/lodžad				
		varikatused				
		aknasillused				
	Aluspinna niiskussisaldus	põhi/kirre				
		ida/kagu				
		lõuna/edel				
		lääne/loe				
	Laser-skanneerimine	ajutised reeperid				
		varjude oht				
		lisamõõtmised varjude tekkimisel				
	Punktipilve töötlus/ analüüs	kandurite asukohad				
		suurimad muhud/ elemendi paksuse vähendamine				
		ebatasasused/ puhvervilla paksus				
		avatäidete võimalikud mõõdud				
		elemendi nurkade kaugus ol.ol. seinast				
	Liik	Asukoht/ala	Tolerants/ vajalik tulemus	Tulemus	Vastavus nõuetele	Märkused
PROJEKTEERIMISETAPP	Kandurid ja tuulesidemed	kandurite kinnitus				
		kandurite kinnitus ebaühtlasel pinnal				
		alumise kanduri tuletõkketööd				
		tuulesidemete kinnitused				
		ülemise elemendi kinnitus				
	Auru- ja õhutõkked	sidepuu ja aurutõkke lahendus				
		auru- ja õhutõkke ühendus horisontaaljätkus				
		auru- ja õhutõkke ühendus vertikaaljätkus				
		ülemise elemendi auru- ja õhutõkke lahendus				
		pooliku torni ajutine katmine				
	Puhvervill	puhvervilla optimaalse paksuse määramine				
	Pakendamine ja transport	pakendamine				
		tõstmine kahveltõstukiga				
		tõstmine troppidega				
	Paigaldusjuhend	projekt täiendatud paigalduseks vajaliku infoga				
		koostatud eraldi paigaldusjuhend				
	Tagasiside	tagasiside kogumise ja andmise kord				
	Liik	Asukoht/ala	Tolerants/ vajalik tulemus	Tulemus	Vastavus nõuetele	Märkused
EHITUSETAPP	Töömaa	töömaa piiramine				
		takistuste eemaldamine tehnika liikumisteelt				
		pinnase analüüs ja vajadusel tugevdamine				
		soojakute ja ladustamisplatside planeerimine				
	Eeltööd	kandurite paigaldus				
		aurutõkke paigaldus soklis				
		fassaadi ettevalmistus				
		avade ettevalmistus				
		meeskonna täiendkoolitused				

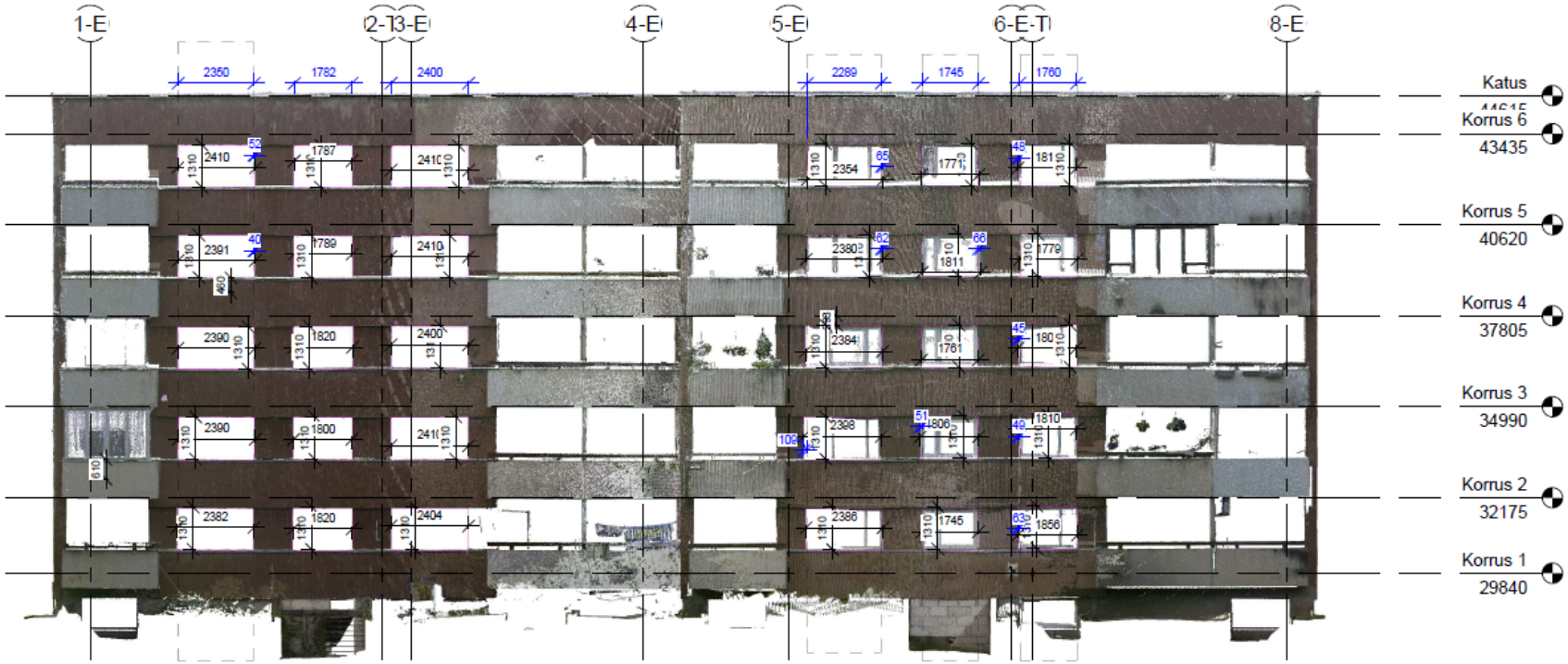
Lisa 2. Näidissõlmed

Sokkel	Horisontaaljätk
	
Vertikaaljätk	**Parapett**
	
Välisnurk	**Sisenurk**
	

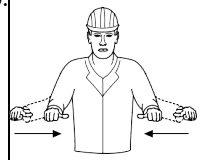
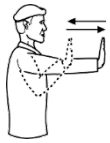
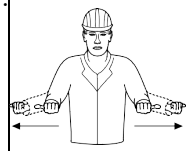
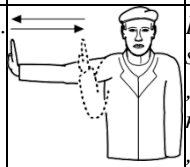
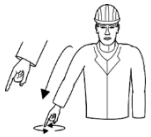
Käesoleva lisa sõlmede autoriks on osaühing KMT Prefab.

Lisa 3. Avatäidete olemasolev olukord Tartu Nõva 3 näitel





Lisa 4. Tähtsamad käemärgid tõsteseadmetega töö juhendamiseks

	Pilt	*Kirjeldus*	*Tähendus*		Pilt	Kirjeldus	Tähendus
1.		*Mõlemad käed liiguvad edasi ja tagasi.* *Peopesad enda poole suunatud.* *„Sõiduki tõmbamine enda suunas.“*	*„LIIGU EDASI“*	6.		*Pöidlad kokku.* Käte liigutamine kokku ja lahku vöö kõrguselt.	*„TÕSTE MASTI TELESKOOP SISSE“*
2.		*Mõlemad käed liiguvad edasi ja tagasi* *Peopesad endast eemal.* *„Sõiduki endast eemale lükkamine“*	*„LIIGU TAGASI“*	7.		*Pöidlad kehast eemale.* Käte liigutamine kokku ja lahku vöö kõrguselt.	*„TÕSTE MASTI TELESKOOP VÄLJA“*
3.		*Käsi liigub horisontaalselt selles suunas kuhu sõiduk peaks keerama.* *„Pööramine vasakule“ näidatakse parema käega.* *„Pööramine vasakule“ näidatakse vasaku käega.* *Käe liikumise kiirus näitab rooli pööramise kiirust.*	*„PÖÖRA VASAKULE/PAREMALE“*	8.	või	*Tõstetud käsi või käed peakohal, peopesa eespool.* Hoia seda positsioonil seni, kuni sellest on aru saadud.	„STOPP/ PEATU“
4.		*Käsi väljasirutatult peakohale.* *Sõrmede kokku ja lahku surumine.* *Nimetissõrme keerutamine peakohal.*	*„TÕSTE VAHENDITE PINGUTAMINE KONTROLLIKS“* *„TÕSTEKONKS/- KAHVLID ÜLES“*	9.		Tõsta mõlemad käed üles ja rista randmed pea kohal, peopesad eespool.	*„JÄTTA! PEATU!* SEISKA!“
5.		*Käsi alla suunatult vöökõrgusel sõrme keerutamine.*	*„TÕSTEKONKS/- KAHVLID ALLA“*	10.		a. Parema käega kõri lõikamise märguanne.	„SURETA MOOTOR“