



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Tartu Kolledž

**AURA KESKUSE RENOVEERIMISTÖÖDE
EHITUSTEHNOLGOOGIA- JA PLATSIKORRALDUSE
ANALÜÜS**

**ANALYSIS OF RENOVATION TECHNOLOGIES AND SITE
MANAGEMENT OF AURA KESKUS**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Hannes Treier

Üliõpilaskood 1822945EAEI

Juhendaja: Irene Lill

Tartu 2023

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.

19. mai 2023

Autor: / Allkirjastatud
digitaalselt /
/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele.

“19” mai 2023

Juhendaja: /Allkirjastatud
digitaalselt/
/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“19”. mai 2023.

Kaitsmiskomisjoni esimees:

.....
/ nimi ja allkiri /

LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ REPRODUTSEERIMISEKS JA LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS

Mina, **Hannes Treier**,

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose **Aura veekeskuse renoveerimistöde ehitustehnoloogia- ja platsikorralduse analüüs**, mille juhendaja on Irene Lill
 - 1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
 - 1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

19. mai 2023

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: **HANNES TREIER**Üliõpilaskood **182294EAEI**Õppekava: **EAEI02 Ehitiste projekteerimine ja ehitusjuhtimine**

Peeriala: Ehitusjuhtimine

Lõputöö teema:

**AURA VEEKESKUSE RENOVEERIMISTÖÖDE EHITUSTEHNOLÓGIA- JA
PLATSIKORRALDUSE ANALÜÜS**ANALYSIS OF RENOVATION TECHNOLOGIES AND SITE MANAGEMENT OF AURA
WATERPARKJuhendaja: **Prof Irene Lill**

Irene.lill@taltech.ee

Lõputöö konsultandid:

Tiitel või ametikoht, Ees- ja
PerekonnanimiKontakt (e-post või
telefon)

Allkiri ja kuupäev

Reio Treier

treierreio@gmail.com

/ Digiallkiriastatud /

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Aura veekeskuse renoveerimiseelse olukorra kaardistamine ja vigade analüüs
2. Renoveerimistööde korraldus
3. Analoogprojektide tööpõhimõtete väljatöötamine

Töö keel: eesti keel

Lõputöö etapid ja ajakava:

Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
Sissejuhatus	
1. Aura veekeskuse renoveerimiseelse olukorra kaardistamine (põhilised vead ekspertarvamuste põhjal)	08.05.2023
2. Ehitusvigade analüüs (sh kirjanduse ülevaade niiskustoimivuse, soojuskadude jne teemal), nt Targo Kalamees, Simo Ilomets artiklid)	08.05.2023
3. Renoveerimistööde korralduse väljatöötamine (põhiliste tööde loetelu, tööjõukulu arvutused, eelarved jne)	08.05.2023
4. Tegelik tööde kulgemise võrdlus planeerituga ja kõrvalekallete põhjuste analüüs	08.05.2023
5. Järeldused, ettepanekud analoogprojektide läbiviimiseks	08.05.2023
6.	08.05.2023
Kokkuvõtte eesti keeles	08.05.2023
Kokkuvõtte inglise keeles	08.05.2023
	...
	...
	...
	...

Lõputööde ülevaatus, mille läbimine on kaitsmise eelduseks

12.05.2023

Peale ülevaatus saab teha väiksemaid korrekture ja üles laadida töö Moodle keskkonda plagiiaadi kontrolliks **hiljemalt 12.mail 2023**.

Esitlusmaterjalid kaitsmisel: Powerpoint esitlus ja jaotusmaterjalid

Kirjeldus	Tähtaeg
1 Powerpoint esitlus, mis annab ülevaate tehtud tööst: probleemi püstitus, ehitusvigade analüüs, renoveerimistööde analüüs, analüüsi tulemused ja võrdlus planeerituga, järeldused ja ettepanekud. Jaotusmaterjalid printida välja kõigile komisjoni liikmetele	01.06.2023

Lõputöö esitamise tähtaeg:

19. mai 2023

Lõputöö ülesanne välja antud: 26.04.2023

Juhendaja: **Irene Lill**

Ülesande vastu võtnud: **Hannes Treier**

Avalikustamise piirangu tingimused: puuduvad

SISUKORD

EESSÕNA.....	7
TABELITE LOETELU	8
JOONISTE LOETELU.....	9
SISSEJUHATUS	10
1. AURA VEEKESKUSE RENOVEERIMISEELNE OLUKORD	11
1.1 Hoone renoveerimiseelne seisukord	11
1.2 Hoone ehitamisel kasutatud materjalid.....	11
1.3 Teostatud ekspertiisid	15
1.3.1 A. Karu ekspertiisi põhitulemused 2003. aastal	15
1.3.2 Osühing Eurokaev ekspertiisi põhitulemused 2018.aastal	19
1.3.3 Ekspertiisi soovitused katuse renoveerimiseks.....	22
2. EHITUSVIGADE ANALÜÜS.....	25
3. RENOVEERIMISTÖÖD	28
3.1 Renoveerimistööde korralduse plaanimine	28
3.2 Renoveerimistööde teostamine.....	39
4. RENOVEERIMISTÖÖDE TEOSTAMISE ANALÜÜS.....	63
4.1 Soovitused objektijuhile renoveerimistöödeks.....	63
4.2 Ettepanekud analoogsete objektide läbiviimiseks.....	65
KOKKUVÕTE	68
SUMMARY	70
KASUTATUD KIRJANDUS.....	72

EESSÕNA

Käesoleva magistritöö teema tuli minu töökohast PVH Ehitus OÜ, kus ma töötan objektijuhina. 2022. aasta suve üheks suuremaks objektiks oli Aura veekeskuse renoveerimistööd ning antud töö räägib nende renoveerimstööde ettevalmistamisest, teostamisest ja analüüsist. Renoveerimistööd kestsid juunist septembri keskpaigani ning käesolevas töös on välja toodud renoveerimiseelne olukord koos analüüsiga, tööde teostamine ja tööde tulemuste analüüs.

Täna töö juhendajat Irene Lille antud töö asjaliku ja kiire juhendamise eest ja PVH Ehitus OÜ juhatuse liiget Reio Treierit abistamise eest nii tööde ettevalmistamise kui ka läbiviimise abistamisel.

TABELITE LOETELU

Tabel 3.1	Tööjõukulu arvutused	31
Tabel 3.2	Konstruksioonis olev niiskus renoveerimise ajal (g/m ³)	39

JOONISTE LOETELU

Joonis 1.1 Ujumisbasseini esialgse katuselae lõige.....	12
Joonis 1.2 Riietusruumide ja õppebasseini esialgse katuselae lõige.....	13
Joonis 1.3 Terrassi esialgse katuselae lõige.....	14
Joonis 1.4 Katuse plaan	15
Joonis 1.5 Aura veekeskuse klaasfassaad Turu tn poolel [2]	16
Joonis 1.6 Rikutud siseviimistlus valguskuplites saunaploki osas [2].....	16
Joonis 1.7 Jääpurikad ja niiskuskahjustused vineeri ja puidu pinnal [2]	17
Joonis 1.8 Niiskuskahjustustega puit ja vineer fassaadiosas [2]	18
Joonis 1.9 Katuselae ja fassaadi liitekoht [2].....	19
Joonis 1.10 Läbijooksujäljed Turu tn poolsel fassaadil [1]	20
Joonis 3.1 Renoveeritav osa katusel	29
Joonis 3.2 Renoveeritav fassaadiala.....	30
Joonis 3.3 Renoveerimistöõde kalendergraafik	34
Joonis 3.4 Ehitusplatsi üldplaan	36
Joonis 3.5 Lammutustööde algus	40
Joonis 3.6 Klaasfassaadi ja otsaseina lammutamine.....	41
Joonis 3.7 <i>Sanwich</i> -paneelide paigaldus.....	42
Joonis 3.8 Katuse kandevprofiilpleki paigaldus.....	43
Joonis 3.9 Kraana kasutamine objektil.....	43
Joonis 3.10 Katuse lammutamine ja ehitamine üheaegselt.....	44
Joonis 3.11 Fermidele nelikanttorude paigaldamine	45
Joonis 3.12 Fermidele nelikanttorude paigaldamine	45
Joonis 3.13 Katuse teraselementide plaan	46
Joonis 3.14 Parapetisõlme näidis	47
Joonis 3.15 Aknasõlme näidis.....	48
Joonis 3.16 Metalltalade paigaldus.....	49
Joonis 3.17 Fermide lihvimine.....	49
Joonis 3.18 Fermidele kantud C4 värvikihi paksuse kontrollimine	50
Joonis 3.19 Silepleki paigaldus	51
Joonis 3.20 Katuse kruntimine	52
Joonis 3.21 Vana katuse ehitamisel kasutatud tüübeldus	53
Joonis 3.22 Külmatakistussoone lõikamine.....	54
Joonis 3.23 SBS-aurutõkke paigaldus	54
Joonis 3.24 Aurutõkke ülespööre otsaseintel	55
Joonis 3.25 Soojustuse liimimine	56
Joonis 3.26 Soojustuskihi liimimine.....	56
Joonis 3.27 Temperatuuri- ja niiskusandur	57
Joonis 3.28 Aluskatte paigaldus	58
Joonis 3.29 Otsaseina soojustuse ja parapeti vahe.....	58
Joonis 3.30 Viimase katte paigaldus.....	59
Joonis 3.31 Paigaldatud tuuluti	59
Joonis 3.32 Maanduskontuur katusel	60
Joonis 3.33 Maanduskontuur katusel	61
Joonis 3.34 Niiskuskindel vineer ja püstvaltsiga parapetiplekk	62
Joonis 3.35 Plekkidele paigaldatud maanduskontuur.....	62

SISSEJUHATUS

Antud magistritöö teema tuli minu töökohast, kus ma töötasin PVH Ehitus OÜs Aura veekeskuse renoveerimistööde objektijuhina. Minu tööülesannete hulka kuulusid objekti ajakava määramine, lähtudes ehitustähtaegadest, tehnika organiseerimisest objektile ja samuti alltöövõtjate leidmine ning nende tööde korraldamine.

PVH Ehitus OÜ on asutatud 1997. aastal ja see tegeleb erineva otstarbega hoonete ja rajatiste ehitamisega, katuste paigalduse ja parandusega, hoonete renoveerimisega, fassaaditöödega jmt. Ettevõtte juhataja ja käesoleva magistritöö konsultant on Reio Treier.

Aura veekeskus on kogupere veekeskus, mis pakub sportlikku meelelahutust igas vanuses külastajale ujulas, veepargis ja saunakeskuses. Samuti pakub Aura ka erinevaid treenimisvõimalusi. Aura veekeskus asub Tartus, aadressil Turu 10. ning see valmis 2001. aasta suvel.

Aura veekeskus on Eesti üks esimesi veekeskusi aastast 2001, kuid vajab renoveerimist. Antud magistritöö eesmärk on kirjeldada ja analüüsida Aura veekeskuse piirdetarindite renoveerimist ning tuua välja seekordse renoveerimistöö tulemuste erinevused võrreldes eelnevatega, kus jäid mõningad probleemid lahendamata. Üks suurimaid probleeme oli piirdetarinditesse kogunev vesi ja niiskus, mis mööda tarindeid alla tilkus ja neid kahjustas.

Töö teoreetilises osas tutvustan probleemide olemust ja ulatust täpsemalt, kasutades ära 2003. ja 2018. aastal teostatud ekspertiise, millest viimase üks eesmärke oli ka välja pakkuda lahendusi piirdetarindite renoveerimiseks. Neid lahendusettepanekuid tutvustan lähemalt ka käesolevas töös. Samuti on töö teoreetilises osas tehtud ehitusvigade analüüs.

Töö praktilises osas räägitakse, kuidas valmistuti ettevõttes renoveerimistöödeks ja kuidas käis tööde ja materjalide planeerimine. Samuti toon praktilises osas välja renoveerimistööde loetelu ja renoveerimisprotsessi kulgemise ehitusobjektil.

Esimeses peatükis kirjeldatakse renoveerimiseelset olukorda. Teine peatükk sisaldab põhiliste ehitusvigade analüüsi ja kolmas peatükk on pühendatud renoveerimistöödele ning neljas nende analüüsile.

Võtmesõnad: Aura veekeskus, renoveerimistööd, objektijuhtimine, objektijuhtimise analüüs, magistritöö

1. AURA VEEKESKUSE RENOVEERIMISEELNE OLUKORD

1.1 Hoone renoveerimiseelne seisukord

Aura veekeskuse renoveerimiseks koostas ettevõtte Innopolis Insenerid OÜ tööprojekti „Aura veekeskuse katuse ja fassaadi renoveerimine“ [1]. Sellest selgub, et Aura veekeskuse katuse probleemid olid ilmnunud juba hoone kasutamise esimestel aastatel.

Aura veekeskuse hoonetele on koostatud mitu ekspertiisihinnangut, et välja selgitada katuse probleemide põhjused. Kahest neist tuleb antud magistritöös ka lähemalt juttu:

- A. Karu, „Ekspertihinnang“ Tartu, 2003 [2]
- OÜ Eurokaev, „Aura veekeskuse lamekatuse ja fassaadi tehnilise seisukorra hinnang“, Tartu, 2018. [1]

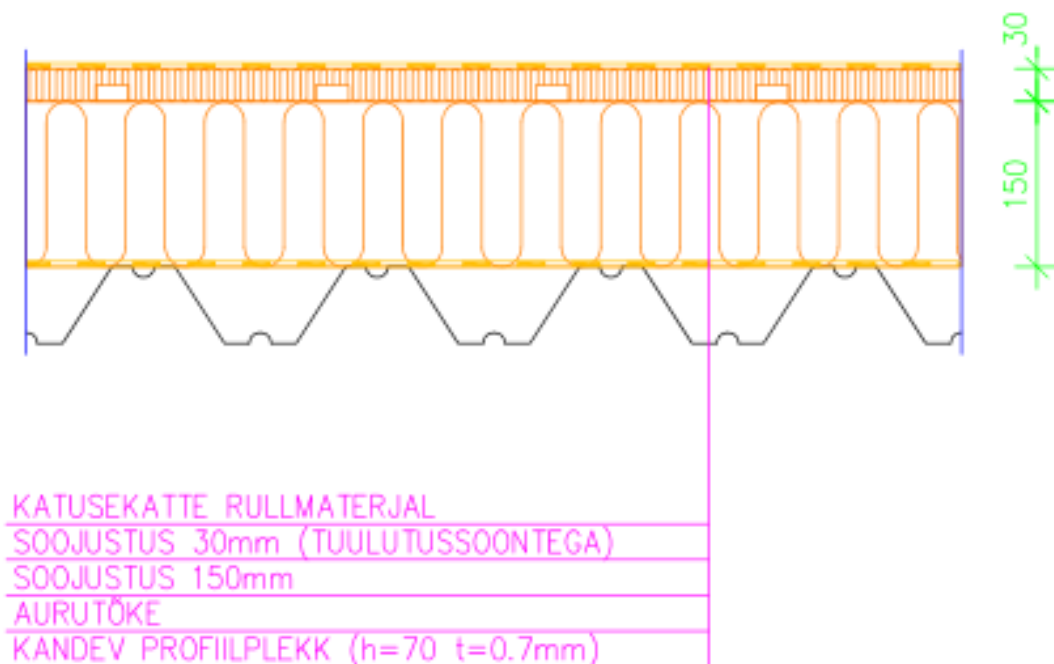
Innopolis Insenerid OÜ tööprojektist selgub, et toonane katus ja otsafassaad olid amortiseerunud ning nendes esinesid niiskuskahjustused, välispiirete sõlmahendused (klaasfassaad-sokkel) sisaldasid külmasildu, klaasfassaadi alumiiniumpostide alumised kinnitused ja katuse servas olevad metalltalad olid osaliselt korrodeerunud ning osad metalltalad tulnuks välja vahetada. Lisaks oli klaaspakettide gaasikambrisse pääsenud niiskus. Samuti tõi tööprojekt välja ka selle, et katuse terasfermide kandevõime oli piiri peal ja koormuse, nt päikesepaneelide, lisamine katusele ei olnud enam võimalik.

Katusele tehtud ekspertiis tuvastas, et katuse soojustuse kihti lekkis vesi, mis talvel külmus ning kevadel sulades voolas mööda klaasfassaadi alla. See tähendas, et katuse soojapidavus ei olnud kuigi hea.

1.2 Hoone ehitamisel kasutatud materjalid

Aura veekeskuse projektist on näha, et tegemist on metall-sõrestik- ja rb-konstruktsioonilahendusega. Aura veekeskuse katuslagi on eritasapinnaline ja lahendatud erinevate konstruktsioonide ja kalletega. Suurim ja kõige järsema kaldega katuseosa asub ujumisbasseini kohal (Turu tn poole). Katuse aluskonstruktsiooniks oli kasutatud trapetsprofiili, millel oli aurutõke, põhisoojustus 150 mm, selle peal asus tuulutus ja punnsoontega varustatud kõvavillplaadid (TKLU – kivivill PAROC) ning katuse kattteks oli kasutatud ühekihilist SBS-tüüpi bituumenmaterjali (POLYGUM SEP 5000). Katusel oli ringparapett ja neli äravoolukaevu, tuulutus oli lahendatud neljas rivis asuvate kohttuulutitega (vt joonis 1.1)

TL-15

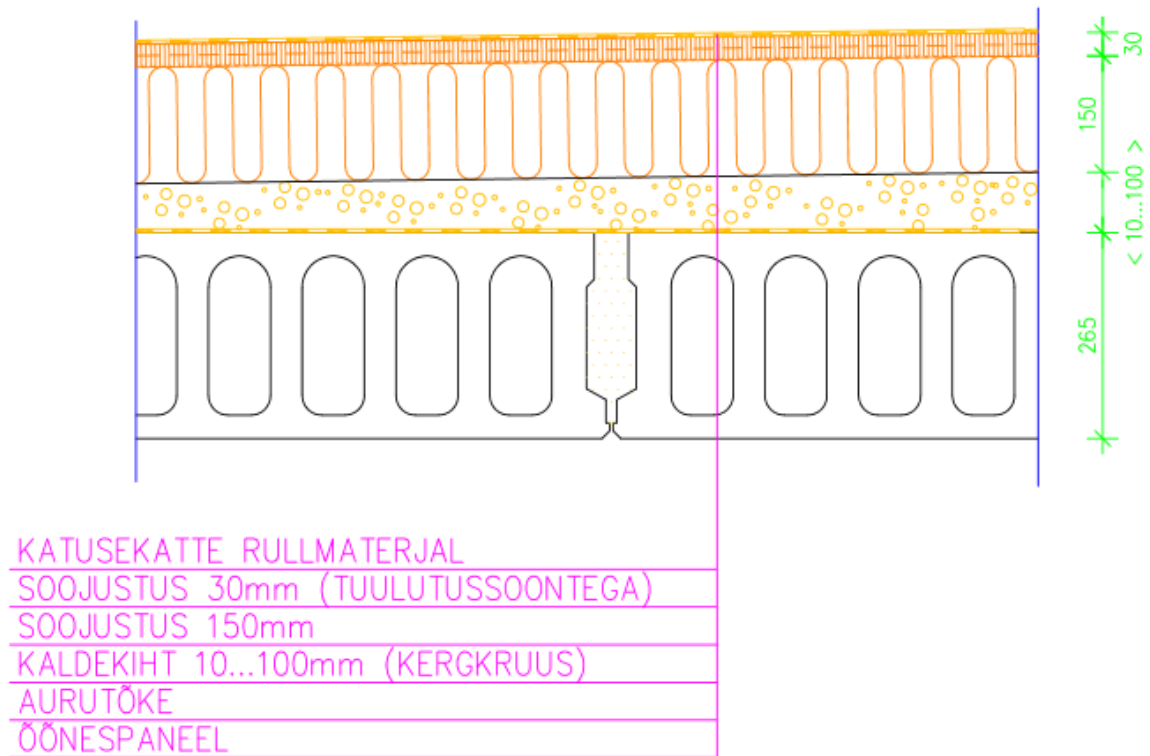


Joonis 1.1 Ujumisbasseini esialgse katuselae lõige

Veepargi tiiba kattis osaliselt sarnane katuslagi nagu ujumisbasseinigi. Osa veepargi katusest ulatub Väike-Turu tänava poole (kalle oli samas suunas) ja katuseosal on kõrgem, osaliselt klaasfassaadiga väljaehitis, kaldega Zeppelini kaubanduskeskuse suunas.

Riietusruumide katuslagi oli rb-õõnespaneelist, millele oli paigaldatud aurutõkkekile, millele oli tehtud kergkruusast (fraktsioon 10...20) kalded. Kergkruusale oli paigaldatud vahtpolüstüroolist põhisoojustus paksusega 150 mm, millel asus tuulutus ja sulundsoontega varustatud kõvavillaplaadid (kivivill PAROC TKLU). Katusekatteks oli SBS-tüüpi modifitseeritud bituumenmaterjal. Õppebasseini pealne katuseosa on analoogne riietusruumi katuslaega (vt joonis 1.2).

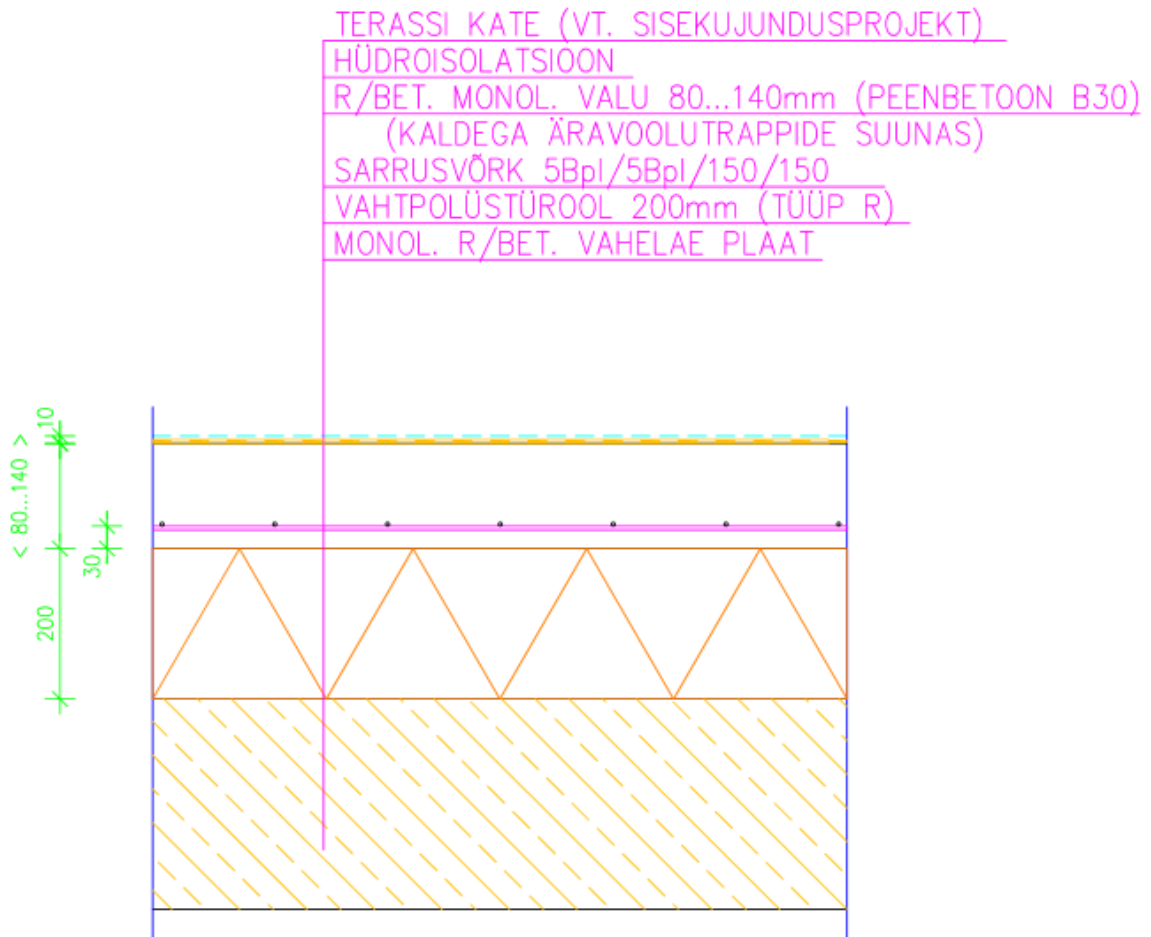
TL-14



Joonis 1.2 Riietusruumide ja õppebasseini esialgse katuslae lõige

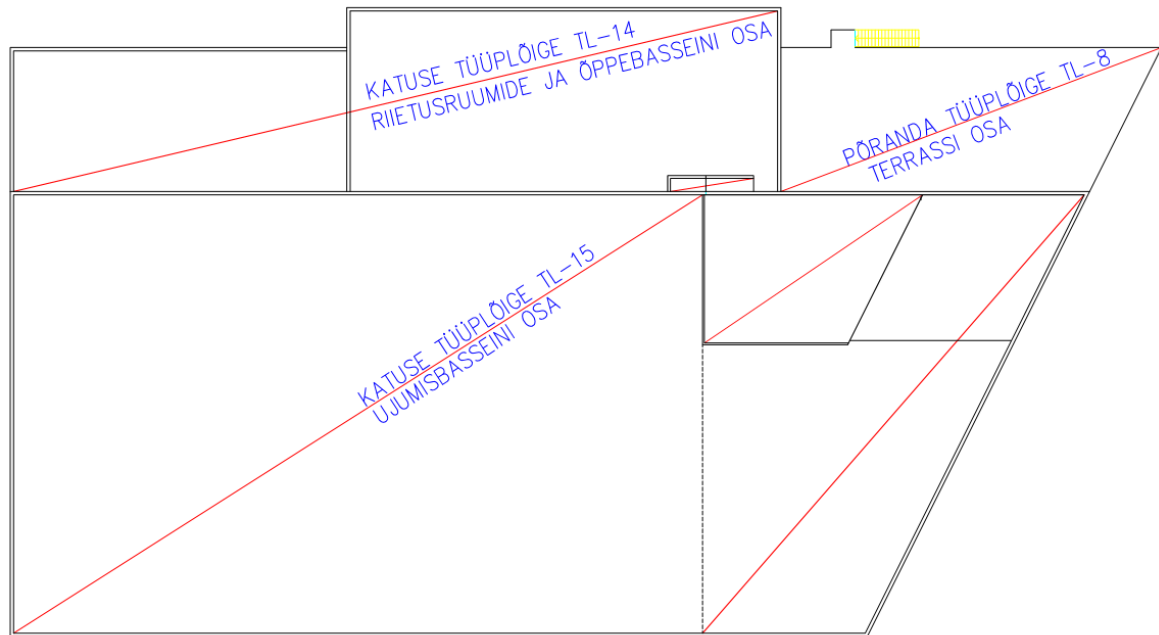
Terrassi katuslae aluskonstruktsioon on samuti rb-õõnespaneelidest, millele oli paigaldatud aurutõkketile ja sellele 200 mm vahtpolüstüroolsoojustus. Soojustusele oli paigaldatud tsementmördikiht, millega on ühtlasi tehtud ka katusekalded. Katuseosa katteks oli kasutatud spetsiaalset kummihüdrolatsioon (vt joonis 1.3).

TL-8



Joonis 1.3 Terrassi esialgse katuslae lõige

Joonisel 1.4 on kujutatud Aura veekeskuse katuseplaani.



Joonis 1.4 Katuse plaan

1.3 Teostatud ekspertiisid

Aura veekeskusele on tehtud mitu ekspertiishinnangut, mis ilmestavad hoone eelnevat seisukorda. Üheks näiteks on 2003. aastal A. Karu poolt teostatud ekspertiis [2], mida ka järgnevalt tutvustatakse.

1.3.1 A. Karu ekspertiisi põhitulemused 2003. aastal

Aastal 2003 koostatud ekspertiis tõi välja mitu erinevat probleemi Aura veekeskuse ehitamisest. Joonisel 1.5 on näha keskuse klaasfassaad talvel. Tähelepanu tuleb pöörata jääpurikate olemasolule katuse ääres.



Joonis 1.5 Aura veekeskuse klaasfassaad Turu tn poolel [2]

Juba 2002. aasta talvel avastati külmade ilmadega praktiliselt kõikidel hoone fassaadiosadel jääpurikad. Hoone sees võis mitmel pool täheldada kondenseerunud veeauru tagasitilkumist, mis eelkõige rikkus siseviimistlust (joonis 1.6).



Joonis 1.6 Rikutud siseviimistlus valguskuplites saunaploki osas [2]

Katuse tehnilisest seisukorrast ja soojustusmaterjali märgumise ulatusest ülevaate saamiseks avati 2003. aastal mitmest kohast fassaad ja katuslagi. Avamised tehti Tartu linnavalitsuse, hoone haldaja, järelevalve, projekteerija ja peatöövõtja esindajate juuresolekul. Avamistel tuvastati, et nii katuse kui ka fassaadi soojustusmaterjal oli

märgunud ja lõbustusbasseini kohal asetesid tuulutussooned katusekontstruktsiooni pealmises kihis kaldega risti.

Joonisel 1.7 on näha jääpurikad alaservas ja niiskuskahjustused vineeri ning puidu pinnal.



Joonis 1.7 Jääpurikad ja niiskuskahjustused vineeri ja puidu pinnal [2]

Avamised näitasid, et nii katuslae kui ka fassaadisoojustusmaterjalid olid märgunud ning puit ja metallosad niiskuskahjustustega (joonis 1.8).



Joonis 1.8 Niiskuskahjustustega puit ja vineer fassaadiosas [2]

Fassaadide avamisel selgus, et kogu perimeetri ulatuses puudus aurutõke. Sellest tingituna oli hoonesisesel niiskusel vaba pääs nii sein- kui ka katusekonstruktsiooni. Peale fassaadisüsteemi avamist paigaldati 2003.aastal kõikjale aurutõke.

Joonisel 1.9 on näha avatud katuslae ja fassaadi liitekoht ja kandev profiilplekk, mille harja vahedest toimus hoonesisese niiskuse leke sein- ja katusekonstruktsiooni. Nüüd on leke suletud aurutõkkekilega.



Joonis 1.9 Katuslae ja fassaadi liitekoht [2]

1.3.2 Osaühing Eurokaev ekspertiisi põhitulemused 2018.aastal

Sarnase ekspertiisi tegi 2018. aastal OÜ Eurokaev „Aura veekeskuse lamekatuse ja fassaadi tehnilise seisukorra hinnang“ [5], kuna vahepealsete remonttöödega ei suudetud seniseid probleeme kõrvaldada. Antud ekspertiis pidi andma hinnangu veekeskuse hoone katuse ja fassaadi tehnilisele seisundile, eesmärk oli hinnata piirdetarindite jätkusuutlikkust, tehnilist seisundit ja soojustuse seisukorda ning leida tuvastatud probleemidele lahendused. Ekspertihinnang pidi sisaldama põhimõttelisi lahendusi olukorra parandamiseks või uute piirdetarindite ehitamiseks.

Tellijä sõnade kohaselt esines vee tilkumist hoone basseiniruumi ja veekeskuse kõikide akende ja välisseinte äärest, mis muutus eriti intensiivseks kevadperioodil. Läbijooksu jäljed olid nähtavad akende sisekülgedel, nende metallraamide ülemisel pinnal ja kinnituspostide juures, peaaegu kõikjal lae ja seina liitekohtades ning paljudes kohtades olid tilkumise jäljed nähtavad ka põrandal. Sarnased jäljed olid nähtavad ka terrassi katteplaatidel. Joonisel 1.10 on näha läbijooksu jäljed Turu tänava poolisel fassaadil.



Joonis 1.10 Läbijooksujäljed Turu tn poolsel fassaadil [1]

Kahjustada oli saanud ka Turu 8 spordihoone poole jääva külje fassaad. Fassaadil olid osad fassaadiplaadid mõranenud, mis viitas mittetoimivale aurutõkkele ja soojustuse märgumisele.

Selles ekspertiisis tuuakse välja, et tervisekeskuse seinal puuduvad nähtavad kahjustused, küll on need nähtavad välise lae all. See viitab soojustuse märgumisele ja/või kehvale aurutõkkele või põranda hüdroisolatsiooni leketele.

Ekspertiisis tuuakse välja, et 2003. aastal on katusele ja fassaadidele tehtud ulatuslikud parandustööd. Lastebasseini ja tervisekeskuse katused on saanud uue lahenduse, basseiniruumi kõrgemal katuseosal on remonditud katuseservad ja ülemine seiniosa, lastebasseinile on paigaldatud bituumenaurutõke ja mineraalvillast soojustus, tervisekeskuse katusele on paigaldatud polüstüreenist soojustus, kalded on tehtud kergkruusaga, mis on kaetud betooni ja bituumenrullmaterjaliga. Aastate jooksul on remonditud ka terrassi osa ning sellega enam probleeme ei esine.

Veel selgub, et katuse aurutõkkeks on kasutatud kilet, aga see on tõenäoliselt tarbekile, mitte spetsiaalne aurutõkketõke. Samuti on peale 2003. aasta ekspertiisi remonditud katuse servades asuv aurutõke, sinna lisati ka bituumenmaterjalist aurutõke ja seintele on paigaldatud ehitusaegselt puudunud aurutõke. Katuse servadesse lisatud

aurutõkkele on tehtud allapöörded seintele ja katuse ning seinte aurutõkked on omavahel kokku viidud.

Selleks, et näha, millises seisukorras olid soojustus- ja aurutõkkematerjalid, avati katus mitmest kohast. Selgus, et pealne mineraalvill ja alumine põhisoojustus olid niisked, kivivilla pealispindadel olid hallituse tunnused. Samas kileaurutõke ja profiilplekk olid korralikud ja ilma kahjustusteta. Veepargi katusel oli bituumenmaterjali alla tehtud mineraalvillast kõrgendus, mille all oli kileaurutõke. Katuse avamisel selgus, et vesi kogunes kileaurutõkke lohkudesse. Samuti toodi välja, et katuse seis oli kõige kehvem just veepargi alumises servas.

Probleeme avastati ka fassaadil paikneva Aura sildi juures tehtud avamisel. Seal olid kõik mineraalvilla plaadid märgunud, kivivillal olid pealispinnal hallitusplekid ning selle struktuur oli kahjustatud. Fassaadil oli näha veeauru kondenseerumise ja vee liikumise jälgi. Bituumenaurutõkkel, fasaadiplekkidel ja aknaraami välimistel liistudel esinesid vee jäljed. Samas klaasvillal kahjustusi ei märgatud, aurutõkked olid vigastamata ja profiilpleki pealne osa oli korralik ja ilma roostekahjustusteta.

Ekspertiisis on öeldud, et hoone projekteerimise ajal ei olnud Eestis vastavaid standardeid ega rakendusjuhiseid, rääkimata muust oskusteabest või vastavate kogemustega ehitusinseneridest ujulute, veekeskuste ega teiste niiskete ruumidega hoonete projekteerimiseks ja ehitamiseks. Arvestamata oli jäetud veekeskuste sisekliima eripäradega, eelkõige tavapärasest oluliselt kõrgema õhutemperatuuri ja suhtelise õhuniiskusega ning nende mõjudega piirdetarinditele. Arvestama oleks pidanud ka keemiliselt agressiivse keskkonnaga, mida aga ei tehtud.

Antud ekspertiisis tuuakse veel välja asjaolu, et 2003. aasta remondi ajal ei olnud iseliimuvad bituumenmaterjalid Eestis veel tuntud. Selle asemel kasutati keevitatavat bituumenrullmaterjali. Probleem oli see, et profiilplekil oluks kandvat osa ca 30-40 %, mis tähendas et sileda aluspinna saamiseks kasutati jäika mineraalvillaplaate. Ekspertiisist nähtub veel see, et toona paigaldati kileaurutõke otse profiilplekile, mis aga vajus juba ehituse ajal profiilpleki kandvate osade vahele „kotti“, mille muutsid hullemaks ka katusele langenud lume- ja muud koormused.

Ekspertiis räägib ka üldisemalt niiskete ruumidega ehitiste eripäradest. Esiteks tuuakse välja, et Aura keskuse basseiniruumi katus on projekteeritud kergtarinditega, mis sellisel kujul ei sobi veekeskustele jt kõrge niiskuskoormusega ehitistele. Sellised konstruktsioonid sobivad pigem nt lao-, tööstus- ja kaubanduskeskuste hoonete ehitamiseks, kus õhutemperatuur on vahemikus 18-20 °C ja suhteline õhuniiskus jääb kütteperioodil vahemikku 25-45 %. Aura veekeskuses on aga õhutemperatuur palju

kõrgem, jäädes kütteperioodil vahemikku 27-29 °C ja suhteline õhuniiskus on vahemikus 55-62 %. See tähendab, et veeauru rõhk seest väljapoole on oluliselt suurem, kui tavapärase niiskuskooormusega ruumides, eriti avaldub see just talveperioodil, kui väljas on madalamad temperatuurid. Kui tavalise niiskuskooormusega ruumides on veeauru rõhk seest väljapoole enamasti võrdeline 1-4 cm veesamba rõhuga, siis basseiniruumis on veeauru rõhk seest väljapoole võrdeline 20-25 cm veesamba rõhuga.

Energiatõhususe kohta toob antud ekspertiis välja, et isegi kui arvestada hoone projekteerimise ja ehitamise aega, on kasutatud odavlahendusi. Ekspertiisis on öeldud järgmist: „hoone on soojusenergiat raiskav: aurutõkkele ja selle liited on mittetoimivad, kasutatud on katusematerjalide mehaanilist kinnitust, mis on sellise sisekliimaga hoonele lubamatu, soojusmaterjal on märgunud, soojusmaterjali soojapidavus ei vastaks isegi kuiva materjali puhul aastal 2018 esitatud nõuetele“ [5]. Jääpurikate tekkimise põhjuseks tuuakse välja just piirdetarindite märgumist. Samuti on hoone küttekulud ekspertiisi järgi suuremad, kui olema peaks, kui oleks arvestatud hoone sisekliimat. Lisaks ei vasta ka kahekordsed aknapaketid energiatõhususe vajadustele. Ekspertiisis tuuakse ka välja, et põrandate hüdroisolatsioon ei ole veetihe.

1.3.3 Ekspertiisi soovitusel katuse renoveerimiseks

2018. aastal koostatud ekspertiis [5] tõi välja ka seitse erinevat lahendust probleemide kõrvaldamiseks, kuid nagu ka ekspertiisis oli öeldud, polnud neist ükski ei lihtne ega odav lahendus.

Esimene lahendus pakkus välja katuse ja seinte soojustamiseks kasutada kas vahtplastist soojustust või erilahendusega polüuretaansoojustust (PIR). Soojustusmaterjalid tuli liimida alustele ja neid ei tohi kinnitada mehaaniliselt. Nende peale tuleb kleepida bituumenmaterjali aluskiht. PIR-soojustuse jaoks tuli luua ka väga tõhus aurutõkke kiht. Samuti peeti vajalikuks nii klaaspakettide kui nende kinnitusraamide väljavahetamist veekeskustele sobivate vastu. Samas oluks see lahendus majanduslikult otstarbekas ainult juhul, kui kogu hoone ümber ehitada ja luua kaasaegne veekeskus.

Teine variant on olemasolev hoone karkass alles jätta, võtta üles kogu katus ja plaatmaterjalist seinaosad ning luua seinte soojustamiseks korralikud alused. Seejärel liimida alumiiniumfooliumiga bituumenaurutõkke koos korralike liidetega, ka liited akendega peavad olema korralikult tehtud. Selle peale liimida 250-300 mm PIR-

soojustus või vahtklaasist soojustus paksusega 350-450 mm (mis on töökindlam). Katusekatteks kasutada iseliimuvat või liimitavat bituumenrullmaterjali. See lahendus on samuti kallis ning ekspertiisis on öeldud, et „olemasolevad veekeskuse ja basseiniruumi katuse konstruktsioonid ei ole sellised, mida kasutatakse arenenud Euroopas“.

Kolmas lahendus on pigem teoreetiline. Võimalik, et piirdetarindite olukorda parandamiseks ka katusele ja seintele lisasoojustuse lisamine. Kõigepealt tuleb olemasolev bituumenhüdroisolatsioon teha auklikuks ja sellele paigaldada täiendav PIR-soojustus paksusega 100-150 mm. Katuse katteks pakuti sellisel juhul bituumenist palju väiksema aurutihedusega plastrullmaterjali, nt PVC-katte. Arvutuslikult koguneks selliselt konstruktsiooni ca 60 g/m² veeauru kondensaadi asemel ca 20 g/m². Paraku on tegu ainult arvutusliku lahendusega, mis ei arvesta kileaurutõkkesse nt mehaaniliste kinnitustega või ehituse ning nt PVC-katte mehaanilise kinnitamise ajal tekkinud aukudega ning ülekatte leketega. Nende kaudu pääseb veeaur katusesse ja selle hulka pole võimalik arvutada. Tegum on küsitava lahendusega, mis on lisaks ka majanduslikult ebaotstarbekas lahendus.

Neljäs lahendus on teha sarnane remont, nagu tehti 2003. aastal. See parandaks olukorda ajutiselt, kuid efektiivne eluiga oleks ilmselt 1-3 aastat. See eeldab kogu katuse seinäärsete osade ja katuseneelu lahtivõtmist 3-5 m laiuselt ja kogu märgunud soojustuse ja kileaurutõkke eemaldamist. Katuse ülaserva ja külgedele tuleks paigaldada vahtklaasist soojustus ning teha tihedad liited akendega, kasutades vastavat teipi. Kuna katuse põhiosa jääks samaks, siis pole see probleemile püsiv lahendus. Samuti ei saa seda lahendust hoone allosas rakendada, kuna siis jääb katusesse kogunenud veeauru kondensaat vahtklaasi plokkide taha pidama ning läbitilkumised kanduksid tõenäoliselt alumise osa seinast kaugemale. Lisaks on ka antud lahendus töömahukas ja kallis.

Viies lahendus näeb ette ainult hädavajalikke töid. Veepargi katuseosale tuleb teha kogu hüdroisolatsiooni uuendus, soojustada kõik seinad vahtklaasist vee- ja veeaurukindla soojustusmaterjaliga, mis tuleb liita aurutihedalt profiilplekiga. Profiilpleki vahetada täita vahtklaasiga. See tekitab akende alla vee- ja veeaurukindla vahtklaasiploki, millele tuleb teha bituumenrullmaterjalist ülespööre. Vahtklaasiploki tuleb liita olemasolevate akendega, kasutades bitüülteipi. Akende kohale tuleb paigaldada vähemalt TL-2 klassile vastav bituumenmaterjal ja vahetada välja parapetiplekk. Vajadusel vahetada välja ka soojustus ja aurutõke. See lahendus ei välista veeauru sattumist katusekonstruktsiooni, kuna põhipinnal olev kileaurutõke ei ole sobiv veekeskustele ning aurutõkkes olevatest aukudest ja ebataasustest satub

sinna paratamatult veeauru. Samas väldib see lahendus sademevee sattumist katusekonstruktsiooni ning kõrgenduse seinosa aurutihedaks tegemine välistab suuremad veeauruvood katusekonstruktsiooni. Selle lahendusega paraneb olukord katuseneelus. Lisaks pakuti välja eksperimentaalne lahendus kasutada katuseneelu lähedal, iga 4 m järel, kohtalarõhutuuluteid, et kuivatada neelu kogunenud vesi kiiremini. See töötaks ilmselt soojemate ilmadega ja talvel peaks tuulutid sulgema.

Kuues variant oleks lihtsalt olukorraga leppida, kuna veekeskuse siseruumidesse tilkuv vesi ei häiri oluliselt hoone käitlust. Hoone on varustatud tõhusa äravoolusüsteemiga ja kasutatud viimistlusmaterjale vesi pöördumatult ei riku. Tegu on pigem esteetilise probleemiga, kuna aknad ja aknapostid määrduvad ja seda ei ole meeldiv vaadata. Ainsaks probleemiks on hoone küttekulud, mis oleks kuivade soojustusmaterjalidega väiksemad, aga ekspertiisi sõnul on need algusest peale kõrged olnud.

Viimane lahendus on pigem hädaabi lahendus, kus siseruumi lae alla paigaldatakse rennid, mis koguvad kokku trapetsprofiili servast alla valguva veeauru kondensaadi ja juhivad selle veeärastussüsteemi. See võimaldab saada tilkuva ja alla valguva vee mingisugusegi kontrolli alla, kuid ei lahenda probleemi täielikult ning olnuks ka raskesti teostatav.

2. EHITUSVIGADE ANALÜÜS

Eelmises jaotises toodud ekspertiiside, eelkõige 2018. aastal tehtud ekspertiisi, sõnul on peamisteks ehitusvigade põhjusteks valede ehitusmaterjalide kasutamine kas paremate puudumisel ehituse ajal või odavama ehitushinna saavutamiseks. Siinjuures tuleb tähelepanu pöörata Aura veekeskuse projekteerimis- ja ehitusaastatele (1999 – 2001), kui tänaseid standardeid veel polnud.

Ekspertiisid toovad välja just selle, et isegi projekteerimise ajal polnud Eestis teadmist, ega kogemust sellist tüüpi hoone projekteerimiseks ega ehitamiseks, kuna tegu on ühe esimese omataolise hoonega Eestis. Oma osa mängis projekteerimisel ja ehitamisel ilmselt ka see, et tellija soovis hoone ehitada võimalikult odavalt, mistõttu ei pööratud tähelepanu ka Euroopa kogemusele.

Kui eraldi välja tuua projekteerimis- ja ehitusvead, siis alustan juba sellest, et 2018. aasta ekspertiisi kohaselt ei tohi veekeskuse katust ehitada kergtarindile. Tegu on ilmselt ühe odavama ja kiirema ehituslahendusega, mis sobib nt lao- ja tootmishoonetele, aga ei sobi veekeskustele, kus nii siseõhu temperatuur, suhteline õhuniiskus kui ka keskkonna keemiline aktiivsus on tavapärasest tunduvalt kõrgemad. Samuti on ehitamise käigus kasutatud materjalid ja tehnoloogia sobimatud sellise otstarbega hoonele. Kasutatud on mehaaniliselt kinnitatavat aurutõket, mis ei taga piisavat isolatsiooni seinte ja katuste sisemise ja välimise osa vahel, mistõttu tekib sinna kondensniiskus. Ebapiisava tuulutuse tõttu koguneb kondenseerunud veeaur nt katuse hüdroisolatsiooni madalametesse kohtadesse ja hakkab sealt tilkuma tagasi keskusesse. Hüdroisolatsiooni madalamad kohad on nt kandva profiilpleki profiilide vahel, kuhu hüdroisolatsioon kipub vajuma ebapiisava tasapinna tõttu. Profiilpleki peale üritati tasapind luua kasutades villa, aga see vajus juba ehitamise käigus profiilide harjade vahele. Samuti sai ehituse käigus kannatada ka hüdroisolatsiooni kile. [1]

2003. aasta ekspertiis toob siinjuures välja veel selle, et paljudes kohtades, kus ehitusprojekti järgi oleks pidanud hüdroisolatsioon olema, seda ei olnud [2]. 2018. aasta ekspertiis ütleb, et 2003. aastal teostatud renoveerimistöde käigus paigaldatud hüdroisolatsiooni kile ei olnud selleks otstarbeks ette nähtud, vaid kasutati tavalist tarbekilet, mis kinnitati profiilplekile läbi aurutõkkekile mehaaniliselt, mis aga ei vasta nõuetele, kuna kinnitite jaoks tehtud aukude kaudu saab niiskus aurutõkkekile peale. Samuti toob antud ekspertiis välja, et kasutatud on sobimatut aurutõket, mille liited ei ole ka piisavalt hästi tehtud.

Kuna keskusest tulev veeaur pääseb aurutõkkele peale, kus ta kondenseerub ja kondenseerunud veeaur ei kuiva tarindist välja ebapiisava tuulutuse tõttu, märgab ta aurutõkkele peal oleva villa ja see vähendab keskuse soojapidavust. [1]

Piirde soojajuhtivus ei sõltu niivõrd tarindi materjalidest, kuivõrd just nende soojusjuhtivusteguritest ja geometriast, nagu paksus ja külmasillad.

Piirde soojusmahtuvus sõltub tema materjalikihtide soojusmahtuvusest ja nende paigutusest.

Niiskus liigub läbi piirdetarindite kõrgemast veeaurusisaldusest madalamale, mis Eestis on valdavalt siseruumidest väljapoole, suvel mõningatel juhtudel (nt konditsioneeritud õhuga hoonetes) võib olla niiskuse liikumine ka vastupidine. Niiskuse liikumine läbi piirdetarindite pole iseenesest probleem, probleemiks muutub ta siis, kui veeaur hakkab kondenseeruma seina sees. See võib muuta materjalide omadusi, nagu soojusjuhtivus ja tugevus, mille tõttu muutuvad materjalide mahtuvused ja isolatsioonimaterjalide vajumised, mis võivad viia materjalide korrodeerumise, hallitamise või mädanemiseni. [3]

Soojuse ja niiskuse mõju piirdetarindile nimetatakse ka hügrotermiliseks mõjuks või -jõudluseks. [4] Pinnale kondenseeruva vee või hallituse kasvu saab hinnata arvestades siseruumi hügrotermilist jõudlust ja temperatuurifaktorit. Piirdetarindites olevad külmasillad võivad tekitada hallitust ning põhjustavad siseruumides soojakadusid, mis omakorda suurendavad küttekulusid. [5]

Siseruumide hügrotermiliste jõudude hindamisel tuleb jälgida ka välisõhu temperatuuri ja suhtelist õhuniiskust ning siseruumis tekkivat niiskust. [6]

Siseruumide hügrotermilised jõud mõjutavad piirtetarindite omadusi nt soojapidavust jmt. [7]

Enamasti on uuritud korter- ja eramajade sisekliimat ja piirdetarinditele mõjuvaid hügrotermilisi jõudusid, kuid suuresti on tähelepanuta jäänud avalikud-, lao- ja tööstushooned. Elumajade sisekliimas on suhtelise õhuniiskuse tekitajateks enamasti seal elavad inimesed, kuid see sõltub ka elamu kütteliigist, ventilatsioonist ning ehitise soojapidavusest. Korter- ja eramajade ehitismaterjalidena kasutatakse enamasti kas raudbetooni, puitu või ehituskive. Nendes uuringutes on välja toodud, et madalam külmasilla temperatuur suurendab suhtelist niiskust külmasilla pindadel. [5] Täiendavat uurimist vajaks avalike hoonete piirdetarinditele mõjuvad hügrotermilised jõud, eriti eriotstarbega ehitistes, nagu näiteks veepargid jmt.

Veeparkides ja avalikes ujulates on nii siseõhutemperatuur kui ka suhteline õhuniiskus palju suurem kui elamutes, ulatudes Auras nt 29 °C ja 62 %-ni. See tähendab, et ka niiskuse surve hoonest väljaspoole on palju suurem kui elumajades, ulatudes 25 cm veesamba rõhuni. [1]

Seetõttu mudelid, mis kehtivad eluruumide kohta, ei pruugi veeparkide puhul paika pidada. Kuna suures plaanis puuduvad uurimustööd veeparkide hügrotermiliste mõjude kohta piirdetarinditele, siis ei saa hinnata, kas elumajade jaoks loodud mudelid peavad paika ka veeparkides või mitte. Selleks on tarvis korraldada vastavad uuringud ja tulemusi võrrelda, aga seda antud magistritöös ei tehtud, kuna see pole töö eesmärk.

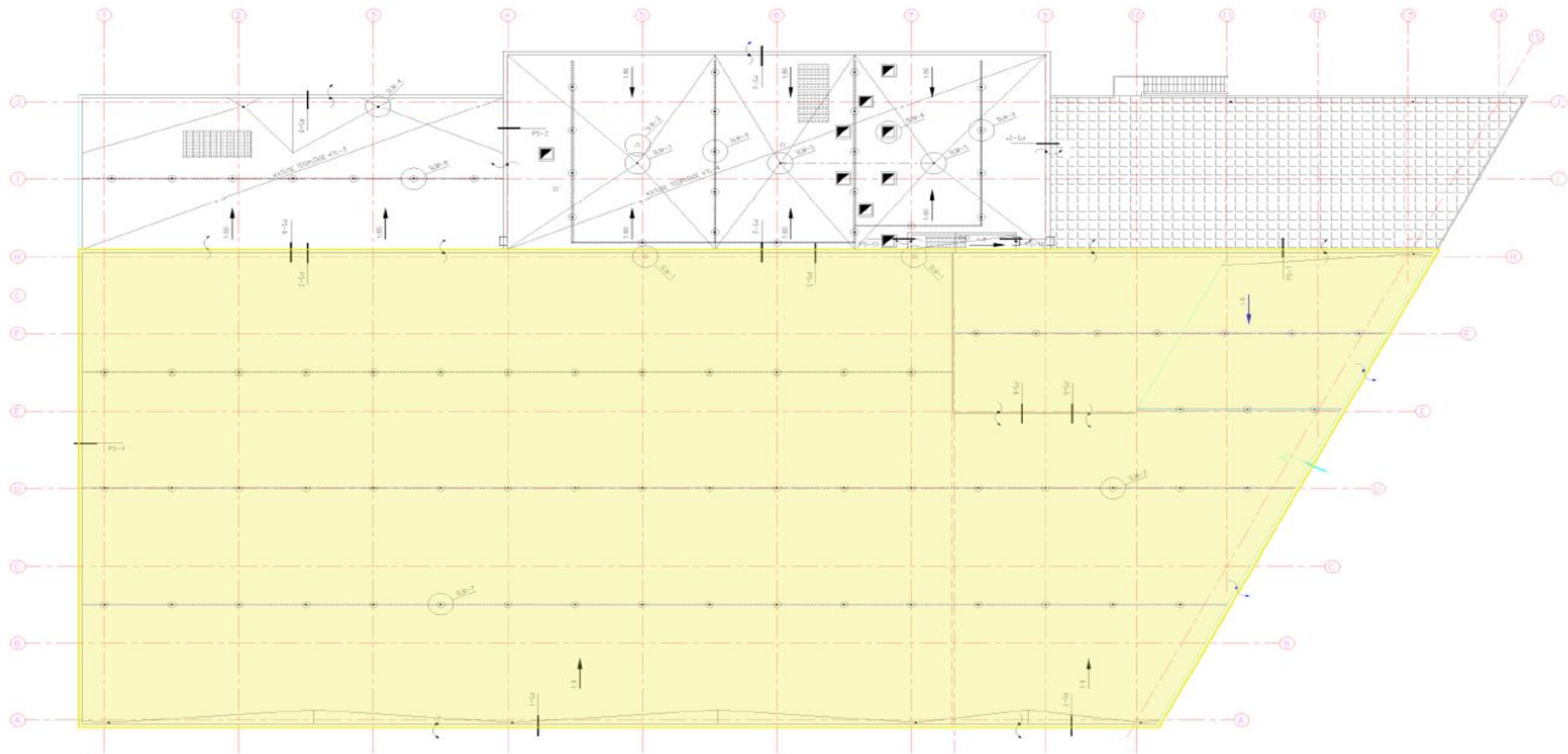
Veeparkide ehitamisel tuleb silmas pidada seda, et piirdetarinditele, sh katustele, mõjuvad hügrotermilised mõjud on palju suuremad kui muud tüüpi hoonetes. Sellest lähtuvalt tuleb valida ka ehitusmaterjalid, mis vastaksid antud mõjudele. Kindlasti ei sobi veeparkide katuseid ehitada kergtarinditele, kuna nad lubavad niiskel õhul liikuda aurutõkkest läbi. Samuti peab veekeskuste jmt hoonete ehitamisel jälgima, et keskkonna keemiline aktiivsus on palju suurem kui nt lao- või elamuhoonetel, millest lähtuvalt tuleb valida ka ehitusmaterjalid.

3. RENOVEERIMISTÖÖD

3.1 Renoveerimistöõde korralduse plaanimine

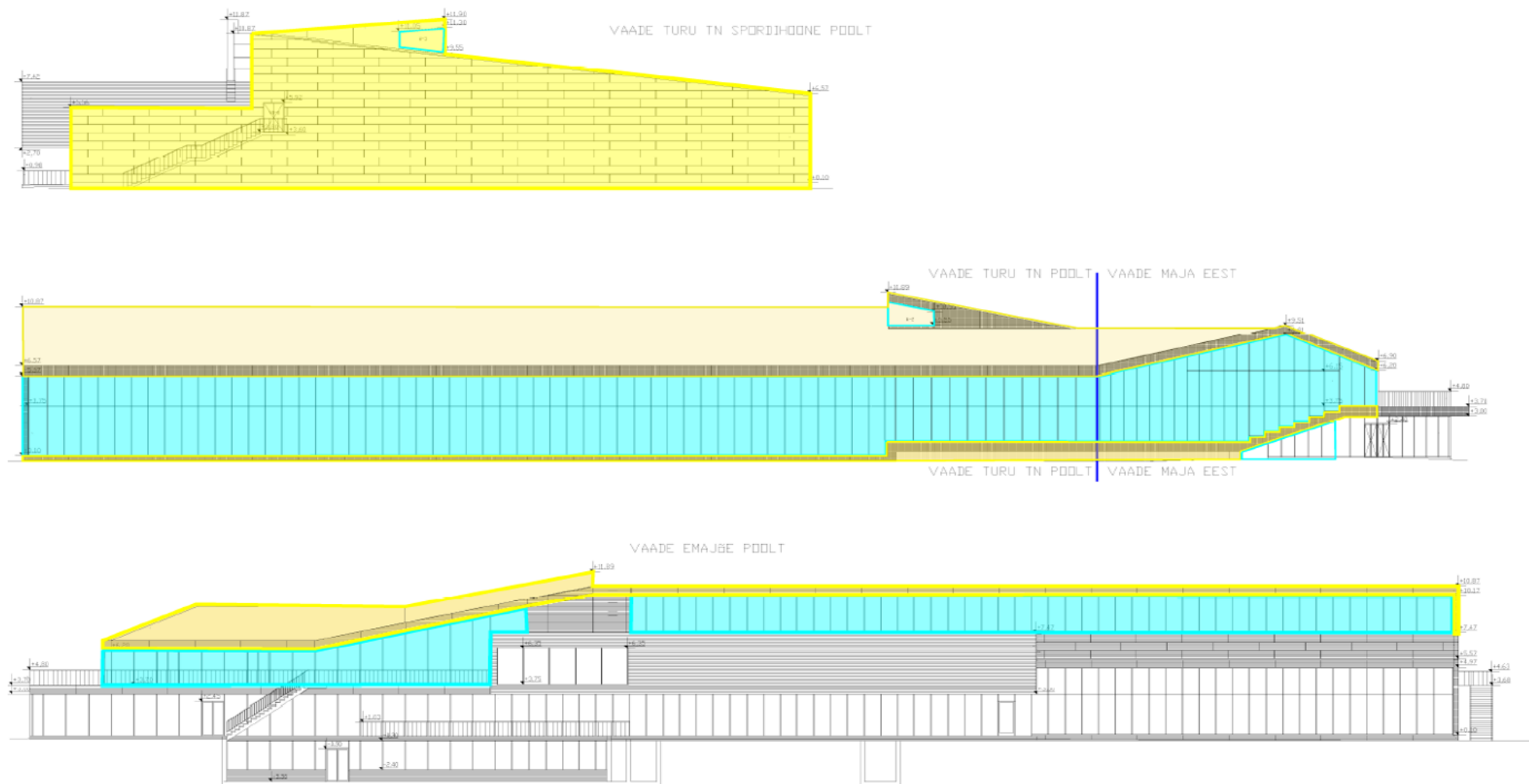
Renoveerimistöõde ettevalmistused algasid 2022. aasta märtsi alguses. Renoveerimistöõde ettevalmistamiseks moodustati kaheliikmeline meeskond, kuhu kuulusin mina ja PVH Ehituse juhatuse liige Reio Treier. Enne töid tuli välja arvutada täpsed materjalide kogused. Seda oli hea teha, kuna tellija oli meile esitanud tööprojekti, mida tavaliselt hangetes ei koostata, vaid jäetakse ehitaja teha.

Renoveerimistöõde mahud hoones on esitatud joonistel 3.1 ja 3.2. Joonisel 3.1 on kollaselt tähistatud renoveeritav osa katusel.



Joonis 3.1 Renoveeritav osa katusel

Fassaadiosa renoveeritav ala on toodud joonisel 3.2 siniselt ja katuseosa kollaselt.



Joonis 3.2 Renoveeritav fassaadiala

Ehitusmaterjalide hankimisele lisas keerukust Ukrainas alanud sõda, mis hakkas materjalide hindu mõjutama ka Eestis. Osade materjalide hinnad kujunesid kallimaks kui algselt planeeritud, mistõttu tuli leida viise, kuidas eelarvesse siiski ära mahtuda. Üheks võimaluseks oli loobuda ajutise telgi paigaldusest, mida oluks vaja äsja paigaldatud soojustusmaterjali kaitsmiseks vihma eest. Telgi paigaldus oleks läinud maksma 65 000€, mille asemel palgati hoopis eraldi lammutusbrigaad, et oleks võimalik osasid lammutus- ja ehitustöid teostada samaaegselt.

Kui materjalide kogused said kokku arvatud ja tellitud, alustasime kogu ehitustööde protsessi ajagraafiku koostamisega, et mahuksime lepingus ettenähtud tähtaegadesse. Ajagraafiku koostasime viimase viie aasta tööde teostusaegade analüüside põhjal.

Tööjõukulu arvutused on esitatud tabelis 3.1.

Tabel 3.1 Tööjõukulu arvutused

Jrk nr	Töö nimetus	Töö maht	Ajanorm	Tööliste arv	Kestus
1	Katuse lammutus	3395 m ²	3 m ² /h	15	1131 h
2	Lamekatuse ehitus valmispinnani	3395 m ²	1 m ² /h	12	3395 h
3	Parapetti ehitus	240 m	0,7 m/h	3	343 h
4	Klaasfassaadi demontaaž	802 m ²	6 m ² /h	2	134 h
5	Fassaadi demontaaž	665 m ²	7 m ² /h	2	95 h
6	Fassaadi montaaž	665 m ²	2,5 m ² /h	3	266 h
7	Ripplagede lammutus	2070 m ²	14 m ² /h	2	147 h

Viimase viie aasta jooksul oleme peale objektide valmimist analüüsinud, kui palju kulub inimressursi aega iga erineva etapi jooksul ja teinud parandusi tööde ajanormides. Täna saab väita, et üks plaatija suudab koos ettevalmistusega keraamilist plaati paigaldada 1,2 m²/h, millest kujuneb meile ühe mehe tunnihind tellijale väljamüügiks, kui soovitakse töömeest tunnitasu järgi.

Aura veekeskuse katusepinda oli kokku 3395 m². Viieaastase kogemuse põhjal võib öelda, et ühes tunnis on võimalik katust lammutada ja sellelt soojustust eemaldada 3 m². Selle arvutuse aluseks on ettevõtte aastatepikkune kogemus ja varasemalt teostatud analüüsid. Näitena võib tuua Tartu Ülikooli raamatukogu katuse renoveerimine, kus katuse kogupinda oli veelgi rohkem. Aura veekeskuse katusepinna käsitsi lammutamiseks kulus 1131 inimtöötundi.

Uue lamekatuse ehitamiseks kuni valmispinnani arvestasime 1 m²/h ehk inimtöötunde tuli katuse ehitamiseks 3395.

Eritöödeks nagu parapettide ehitus ja plekitööd arvestasime 0,7 m/h. Parapetti oli kokku 240 m seega arvestati parapeti ehituseks 343 töötundi.

Klaasfassaadi oli kokku 802 m², mille eemaldamise kiiruseks arvestasime 6 m²/h, millele lisandus autokraana koos töölisega. Seega arvestasime selle mahu lammutamiseks koos tõstetöödega kokku 134 tundi.

Renoveeritavat fassaadipinda oli kokku 665 m². Lammutamise kiiruseks arvestasime 7 m²/h ja ehitamiseks 2,5 m²/h, mis teeb kokku 361 inimtöötundi.

Ajagraafikusse arvestasime ka sisetööd, sh ripplagede lammutus kogupindalaga 2070 m², mille lammutamise kiirus on 14 m²/h, mis teeb kokku 147 inimtöötundi. Kokku tuli tööajagraafikusse 6603 inimtöötundi.

Tööde teostamiseks oli aega neli kuud - juunist septembrini. Sellesse ajavahemikku jäi 108 tööpäeva. Me ei arvestanud ajagraafiku koostamisel täiendava varikatuse (telgi) ehitamisega, mistõttu tuli graafikus arvestada, et igal nädalal sajab ühel päeval vihma ning ehitustöid teha ei saa. Seega jäi meil graafikusse 92 tööpäeva.

Jagades 6964 inimtöötundi 92 tööpäevaga, on tulemuseks 75,7 inimtöötundi päevas. See tähendab, et arvestuslikult oleks pidanud igal tööpäeval olema ehitusplatsil 10 töolist, millele lisandusid veel sisetööde teostajad, nagu elektrikud, plaatijad, ventilatsiooni paigaldajad, abitöölised ja objekti personal.

Neid numbreid arvestades koostasime ajagraafik, mille alusel alustasime ehitustöödega (vt joonis 3.3). Teades, et kõiki töid ei saa alustada samaaegselt, siis jagasime tööjõu vastavalt ajagraafikule. Tööd said ajatatud selliselt, et nädal enne teisi saabusid objektile lammutajad, nende järel ehitajad, klaasfassaadi lammutajad, klaasfassaadi eeltööde tegijad, eritöömehed ja viimastena elektrikud, kes paigaldasid hoone katusele piksekaitse.

Kuud	Juuni																														
Kuupäevad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Päevad	K	N	R	L	P	E	T	K	N	R	L	P	E	T	K	N	R	L	P	E	T	K	N	R	L	P	E	T	K	N	
Toode loetelu:																															
Töömaa piiramine aedadega	2																														
Välisseintelt soojustuse eemaldamine	2	3	3			2	3	2																							
Siseruumides põradante kinnikamine			2			2	2	2																							
Tellingute paigaldus ujulas ja veepargis			4			4	4	4	4	4																					
Ripplaegade lammutus																															
Katuse lammutus (vana soojustus ja kate)						10	10	15	15	15			15	15	15	15	15														
Klaasfassaadi demontaaž	3	3	3			3	3	3																							
Katuselt maandustrassi eemaldamine	1																														
Vana kandvupleki eemaldamine								3	3	3				3	3	3	3	3			3	3	3					3	3	3	
Uue kandvupleki paigaldamine								3	3	3				3	3	3	3	3			3	3	3					3	3	3	
Silepleki paigaldus																							4					4	4	4	
Uue klaasfassaadi montaaž								2	2	2				2	2	2	2	2			2	2	2								
Ripplaegade paigaldus																														2	2
Seinte sandwich paneelide paigaldus																			2			2	2	2					2	2	
Ventilatsiooni demontaaž								2	2				2	2	2														2	2	
Lisatalade paigaldus																													2	2	
Parapeti ehitus																														2	2

Autokraana vajadus	1	1	1																											
Kraana vajadus						1	1	1	1	1			1	1	1	1	1				1	1	1					1	1	1
Meeste arv päevas	8	5	11			21	21	34	33	35			29	29	27	23	25			10	10	14					12	14	16	
Inimtöö tunnid päevas	64	40	88			168	168	272	264	264			232	232	216	184	200			80	80	112					96	112	128	

Kuud	Juuli																														
Kuupäevad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Päevad	R	L	P	E	T	K	N	R	L	P	E	T	K	N	R	L	P	E	T	K	N	R	L	P	E	T	K	N	R	L	P
Toode loetelu:																															
Vana kandvupleki eemaldamine	3			3	3	3	3	3			3											3									
Uue kandvupleki paigaldamine	3			3	3	3	3	3			3	3										3									
Silepleki paigaldus	4			4	4	4	4	4			4	4	4	4	4				4	4	4	4									
Silepleki vööpamine													2	2					2												
Aurutökke paigaldus															5				5	5	5	5	5								
Soojustuse paigaldamine																							6			6	6	6	6	6	
Bituumeni paigaldus																							5			5	5	5	5	5	
Uue klaasfassaadi montaaž																							2			2	2	2	2	2	
Ripplaegade paigaldus	2			2	2	2	2	2			2	2	2	2	2				2	2	2	2	2			2	2	2	2	2	
Seinte sandwich paneelide paigaldus				2	2	2	2	2			2	2	2	2	2				2	2	2	2							2	2	
Ventilatsioonitööd																				3	3	3				3	3	3	3	3	
Sadeveetorude ja-kaevude paigaldamine																															
Uute valgustite montaaž																													2	2	2
Parapeti ehitus	2			2	2	2	2	2			2	2	2	2	2							2									
Tellingute demontaaž																													4	4	4

Autokraana vajadus																															
Kraana vajadus	1			1	1	1	1	1			1	1	1	1	1				1	1	1	1	1				1	1	1	1	
Meeste arv päevas	14			16	16	16	16	16			16	13	12	12	17				18	16	16	19	23			18	18	27	27	27	
Inimtöö tunnid päevas	112			128	128	128	128	128			128	104	96	96	136				144	128	128	152	184			144	144	216	216	216	

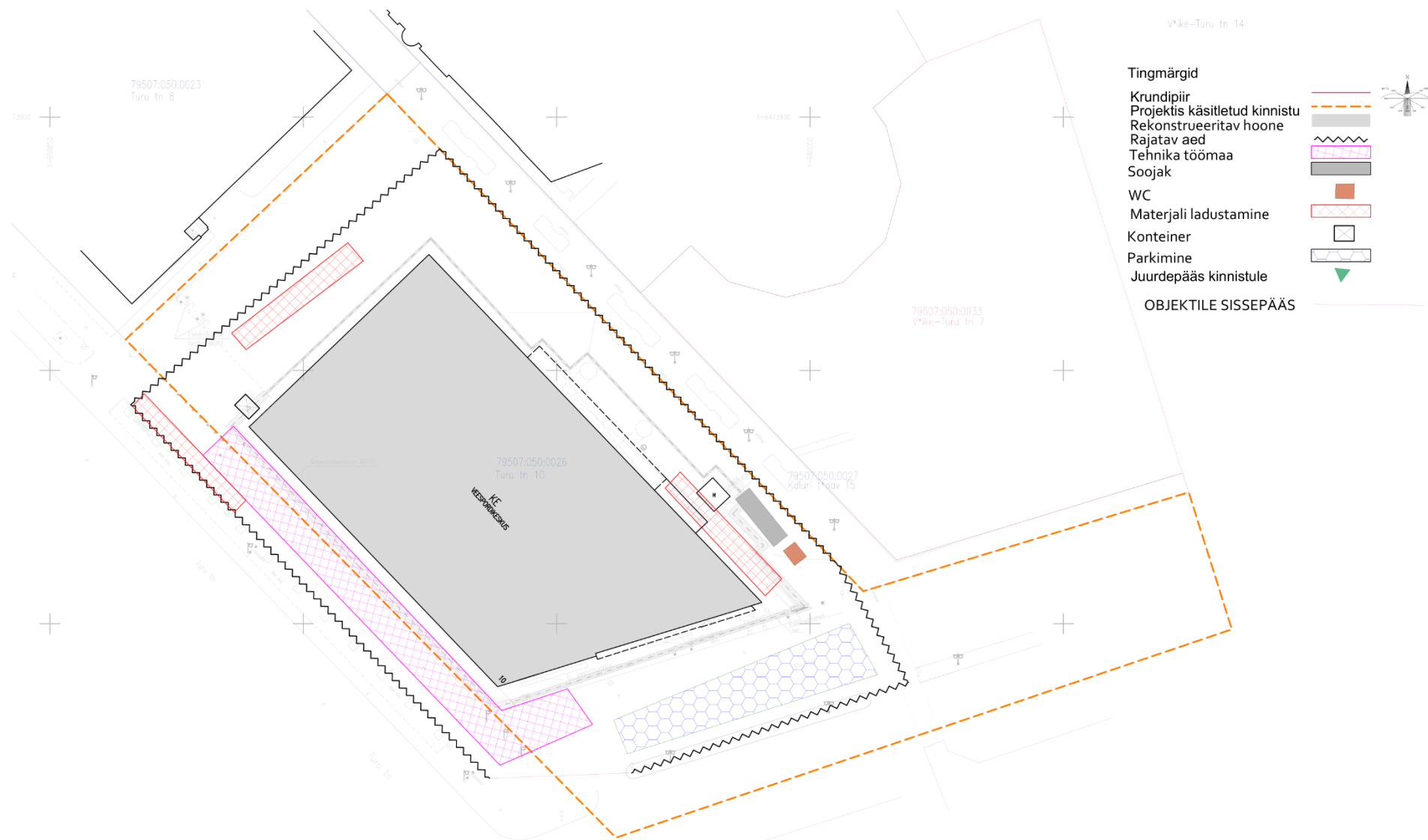
Kuud	August																														
Kuupäevad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Päevad	E	T	K	N	R	L	P	E	T	K	N	R	L	P	E	T	K	N	R	L	P	E	T	K	N	R	L	P	E	T	K
Tööde loetelu:																															
Bitumeni paigaldus		5	5																												
Pealiskihi paigaldus			4	4	4			4	4		4	4	4		4	4	4	4	4	4							4				
Uue klaasfassaadi montaaž	2	2	2	2	2			2	2		2	2			2	2	2	2	2			2	2	2	2	2			2	2	2
Ripplaegade paigaldus	2	2																													
Roovitus sandwich paneeli peale									2		2	2			2	2	2	2	2			2	2	2	2	2			2	2	2
Fassaadi plaadi paigaldus									2		2	2			2	2	2	2	2			2	2	2	2	2			2	2	2
Sisemised plaatimistööd									1		1	1			1	1	1	1	1			1	1	1	1	1			1	1	1
Ventilatsioonitööd	3	3	3	3	3			2	2	2	2	2			2	2	2	2	2			2	2	2	2	2			2	2	2
Parapeti ehitus		1	1	1	1			1	1		1	1			1	1	1	1	1			1	1	1	1	1			1	1	1
Tellingute demontaaž	4	4	4																												
Elektritööd	2	2	2	2	2			2	2	2	2	2			2	2	2	2	2			2	2	2	2	2			2	2	2
Piksekaitse paigaldus		2	2	2	2			2	2		2	2			1	1	1	1	1			1	1								
Plekide ja liistude paigaldus	1																					1	1	1	1	1			1	1	1
Koristustööd	2	2	2	2	2			2	2	2	2	2			2	2	2	2	2			2	2	2	2	2			2	2	2
Kraana vajadus	1	1	1	1	1																										
Meeste arv päevas	16	23	25	16	16			15	20	7	20	20	4		19	19	19	19	19	4		16	16	15	15	15	4		15	15	8
Inimtöö tunnid päevas	128	184	200	128	128			120	160	56	160	160	32		152	152	152	152	152	32		128	128	120	120	120	32		120	120	64

Kuud	September														
Kuupäevad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Päevad	N	R	L	P	E	T	K	N	R	L	P	E	T	K	N
Tööde loetelu:															
Uue klaasfassaadi montaaž	2	2			2										
Fassaadi plaadi paigaldus	2	2			2										
Koristustööd	2	2			2	2	2	2	2						
Dokumentatsiooni üleslaadimine EHR-i															
Meeste arv päevas	6	6			6	2	2	2	2						
Inimtöö tunnid päevas	48	48			48	16	16	16	16						

Joonis 3.3 Renoveerimistööde kalendergraafik

Graafikut jälgisime igapäevaselt, et ei tekiks ajalisi kõrvalekaldeid, kuna leppetrahv oli suur ja tähtaeg lühike.

Samuti oli minu ülesanne koostada ehitusplatsi üldplaan (joonis 3.4), kus olid ära määratud materjalide ladustamise, rasketehnika tööala, konteineri, soojaku, parkimise, WC ning objekti piirava aia asukohad.



Joonis 3.4 Ehitusplatsi üldplaan

Paralleelselt jälgisime ka teist ajagraafikut, mis näitas igapäevast edasilikumist objektil. See andis ülevaate, mis päeva lõpuks oli tehtud ja kui suure meeskonnaga. See oli vajalik, et tulevikus hankepakkumusi koostada, sest ehitushinda kergitab tavaliselt kõige rohkem tööjõukulu.

Paari nädala möödudes nähtus graafikust, et olime töödega prognoositust ees. See edu tuli sellest, et vihmaseid päevi ei olnud ja töötada oli võimalik viis päeva nädalas, hommikust õhtuni.

Juuli alguses ehk neljandal nädala olid esimesed tagasilöögid. Üks neist oli see, et atraktsioonide katuse fermid olid ülejäänud katusest 100 mm allpool. Kuna uus katuse soojustusmaterjal oli SPU, siis seda ei saanud paigaldada nn sujuva üleminekuga. Võtsime koheselt ühendust projekteerijaga ja pakkusime lahenduse, et paigaldada täiendav nelikanttoru fermidele. Kuna tegu oli väga kloorise, sooja ja niiske keskkonnaga, siis käisime välja idee, et uute talade kinnitamiseks kasutame klambreid, mis paigaldatakse fermi ümber. Selliselt ei olnud vaja fermidesse talade kinnitamiseks puurida auke. Projekteerimisettevõtte Innopolis Insenerid kiitis meie pakutu heaks ja koheselt alustasime talade moodsustusega ning edastasime tellimuse metallitöökojale. Talad jõudsid objektile nädala pärast. Paigaldamine võttis kahel töömehel aega kaks tööpäeva ehk 32 inimtöötundi.

Selle tõttu jäime planeeritud graafikust maha neli tööpäeva, kuna katust ei saanud edasi ehitada enne, kui uued talad olid paigas.

Sellel ajal, kui katusetööd seisis, suunasime töölised fassaaditöödega tegelema. Graafikujärgselt olime fassaaditöödega tähtajast ees, aga katuse ja klaasfassaaditöödega neli tööpäeva maas.

Kui eeltööd said tehtud ja saime alustada katuse soojustustöödega, selgus, et tootjal puudusid juhised, kuidas kleepida soojustus omavahel kinni. Mehaanilist kinnitamist (tüüblitega) ei olnud projekteerija ette näinud. Käesolevas töös juba väljatoodud eksperthinnangus on samuti öeldud, et katuse soojustust ei tohi veeparkides teostada mehaaniliste kinnitustega. See oleks rikkunud kogu eelneva töö - aurutõke oleks saanud vigastada, mis oleks kogu kallihinnalise renoveerimise sisuliselt tühiseks muutnud. Võtsime ühendust ka liimi tootjaga, kuid vastasid ainult, et liimikulu on ühe plaadi kohta 0,4 L liimi. Muid selgitavaid juhiseid nende käest ei saanud. Liimi kogust tuli järgida, kuna selle liimi juurde hankimine oleks võtnud aega pika tarneaja tõttu. Otsustasime proovida lahendust, kus valasime anumast kindla koguse liimi paigaldatavale plaadile

ja eelnevale plaadile kandsime liimi ribadena. Seda lahendust kasutades tundus, et plaatide ühenduskohad ikkagi ei liimu korralikult ja võivad aja jooksul tuule keerisega uuesti üles tõusta.

Kontrollimaks, kas antud ühenduskoht siiski liimub korralikult, otsustasime teha katse. Katse eesmärk oli selgitada, kas töödega saab senisel moel jätkata või mitte, kuna halvemal juhul tulnuks kogu töö uuesti teha ja see oleks olnud nii aja- kui ka rahakulukas. Katses jätsime ühe liimitud plaadiosa kuivama neljaks tunniks. Kui liim oli kuivanud, tegime tõmbekatse, et vaadata kas liim läheb lahti või mitte. Tulemuseks oli see, et liim ei andnud järgi, enne kippus soojustuselt paber küljest ära tulema. Selle katse tulemusena otsustasime töödega jätkata.

Kui soojustus oli paigaldatud, jätkasime aluskihi IKO (rullmaterjal) paigaldamisega. IKO-rullmaterjal on iseliimuv materjal - sellel tuleb ainult liimipinnalt kile ära tõmmata ja suruda ta vastu SPU-soojustust ning ta kleepub kinni. Eesti kliimas on selle kasutamine raskendatud, kuna ta peaks soojade ilmadega ise olema piisavalt kleepuv, et ta liimub nii omavahel kui ka soojustusele. Kuid meie kogemus näitas, et kui me olime mingi koguse rullmaterjali ära paigaldanud, siis järgmisel päeval olid mõned jätkukohad lahti. See tähendas, et kõik jätkukohad tuli üle kontrollida ja gaasipõletiga üle liimida. Edasi paigaldasime antud materjali juba nii, et kõiki jätkukohti kuumutati gaasipõletiga jooksvalt, et oleks näha, et pigi välja tuleb ja jätkukohad omavahel liimuvad.

Probleeme valmistas ka samast soojustusest vastukallete ehitamine. Kui tavalist EPS-soojustust lõigatakse nii nagu konkreetse kalde saamiseks on vaja, siis seda soojustusmaterjali pidime ise saega lõikama ja erineva paksusega tükke omavahel kokku liimima, kuna tema soojustihedus on niivõrd suur, et ühegi kuumanoaga ei ole võimalik seda lõigata. Vastukallete tegemiseks tekitas meile ajalist ülekulu kaks päeva.

Graafikust mahajäämus oli juuli esimeseks nädalaks viis tööpäeva ja seda isegi siis, kui juulis ühelgi päeval vihma ei sadanuks ja saanuks töötada kõikidel tööpäevadel.

Vaja oli, kas teha muudatusi meeskonnas või organiseerida juurde töölisi. Kuna otsustasime ajutise telgi paigaldamisest hoiduda, kuigi see oli hanke ajal pakkumusse arvestatud, siis tegime töölistele ettepaneku töötada ka kolm laupäeva, et jõuda graafikusse tagasi. See toimus ja 10. augustiks olime töödega esialgses graafikus. Töötunde lisandus 216, kuid see jäi alla telgi paigaldamise maksumusele, seega eelarve mahtu ei ületatud.

Augustis sadas vihma vaid ühel päeval, mis segas ehitustööde tegemist. Augusti lõpuks olid meil lõpetatud katusetööd, fassaaditööd, alumiiniumfassaaditööd ja elektritööd. Seda just seetõttu, et ilmad olid välitöödeks sobivad. Teha jäid veel niiskus- ja temperatuuriandurite paigaldus ja seadistus ning sisetööd hoones nagu viimistlus- ja parandustööd ja osaliselt ka plaatimistööd.

Renoveerimistööde käigus jälgisime ka seda, kas ja kui palju tekib õhuniiskusest konstruktsioonidesse vett (tabel 3.2). Paigaldatud andurite asukohad on toodud telgede täpsusega. Teljed on toodud joonisel 3.1. Tabelis on toodud anduri asukoht katusekonstruktsioonis, samuti mõõtmise kuupäev ja kellaaeg ning arvutatud tulemus, võttes arvesse antud päeva õhutemperatuuri ja suhtelist õhuniiskust. Tulemused näitavad, kui mitu g/m³ kohta niiskust antud kohal ja ajahetkel mõõdeti. Töö teoreetilise osa analüüsis on kirjas, et niiskuse teke konstruktsiooni on tavaline. Probleem on siis, kui niiskus ei saa ära kuivada.

Tabel 3.2 Konstruktsioonis olev niiskus renoveerimise ajal (g/m³)

Anduri asukoht	08.08 16:30	12.08 09:40	12.08 14:00	15.08 15:00	16.08 13:40
Telg A-1 alumine	9,6	12,4	-	19	13,1
Telg D-4 ülemine	11,5	10,8	12,3	19,8	19,8
Telg D-4 alumine	5,6	4,8	11,1	15,3	15,7
Telg D4-5 keskel ülemine	9,9	12,8	9,8	12,4	11,3
Telg D4-5 keskel alumine	9,2	5,4	7,2	8,4	8
Telg A-15 alumine	18,6	12,6	11,6	17,5	15,8

Kõik ehituslikud tööd lõpetasime 10. septembril ja andsime EHR-i sisse kasutusloa taotluse, mis menetleti septembri lõpuks ja Aura ehitusobjekt kiideti heaks.

Tänu tööde õigele organiseerimisele, probleemide kiire lahendamisele ja õigete otsuste langetamisele tõi objekt meile tulu ja klient oli rahul, hoolimata et eelarve mõned read olid korraks miinuspoolel.

3.2 Renoveerimistööde teostamine

Minu ülesanne objektil oli tööde koordineerimine, kontrollimine ja jälgimine, et nii antud ehitusplatsi üldplaani kui ka muudest etteantud projektidest ja joonistest peetakse kinni. Pidin vastutama ka materjali ja tehnika objektile organiseerimise eest ja tagama ehitusplatsil nii töötajate kui muude seal viibivate inimeste ohutust.

Töö algas ehitusplatsi piirdeaedade paigaldamisega, et kõrvalised isikud ei satuks ohualasse. Esimese nädala jooksul alustati lammutustöödega, mille hulka kuulus ka klaaspakettide eemaldamine vastavalt koostatud kalendergraafikule (vt joonis 3.3).

Ujulas ja veepargis tuli katta kinni nii põrandad kui ka veetorud, et vältida kahjustuste tekkimist.

Samaaegselt alustas lammutusbrigaad bituumen- ja soojustusmaterjali eemaldamisega nii katustelt kui ka klaasfassaadipealselt (klaasfassaadipealne osa moodustas parapeti). Joonisel 3.5 on näha lammutustööde algus katusel. Nende tööde koordineerimine ja kontrollimine oli samuti osa minu tööst objektil. Vana bituumen- ja soojustusmaterjal tõsteti kraanaga alla, misjärel sai hakata eemaldama kandvat profiilplekki. Peale vana kandva profiilpleki eemaldamist, tuli samal päeval asendada uuega, et vältida vihmavee hoonesse sisse sadamist.



Joonis 3.5 Lammutustööde algus

Klaaspakettide eemaldamine võttis mõne päeva, misjärel hakati lahti võtma klaasfassaadi konstruktsioone (joonis 3.6).



Joonis 3.6 Klaasfassaadi ja otsaseina lammutamine

Esimese nädala jooksul paigaldati ka veeparki tellingud, mis ulatusid laeni, et eemaldada vana ripplagi. Ujulasse tõstisime peale klaaspakettide eemaldamist tõstuki, millelt teostada vana ripplae ja ventilatsioonitorustiku lammutustööd. Ujula osas ei saanud kõiki ripplae lammutustöid siiski tõstukilt teostada, seega paigaldasime ka sinna tellingud, millelt teostati esmased ripplae lammutustööd. Ujulaosas eemaldati ka vanad valgustid ja elektrikaabeldus.

Peale hoone klaasfassaadi ülemise osa ja vana seina ja parapeti lammutamist said spetsialistid alustada *sandwich*-paneeli paigaldamisega (joonis 3.7).



Joonis 3.7 *Sanwich*-paneelide paigaldus

Kui klaasfassaadi konstruktsioon oli eemaldatud, hakkasime ette valmistama aluseid uue konstruktsiooni jaoks, millele hakkas toetuma uus karkass. Alustasime ka otsaseina lahti võtmisega, et sinna paigaldada uued *sandwich*-paneelid.

Samaaegselt *sandwich*-i paigaldamisega, alustasime koheselt ka katuse kandeprofiilpleki paigaldusega, kuna lammutajad olid juba eelnevalt jõudnud vana katusekatet piisavas koguses eemaldada (joonis 3.8).



Joonis 3.8 Katuse kandeprofiilpleki paigaldus

Lammutus- ja ehitustööde lihtsustamiseks organiseerisin objektile kraana, mis püsis objektil esimesed kaks kuud. Lammutus- ja ehitusprotsessi kiirendamiseks kasutati kraanat korraga nii lammutusprahi allatõstmiseks kui ka uue materjali katusele tõstmiseks selliselt, et kraana ei peaks vahepeal liikuma. Kraana ümberpaigutamine kulutanuks aega ca 30 minutit ja sellest oleks kujunenud väga suureks ajakulu, kui seda oleks tehtud tihti (joonis 3.9).



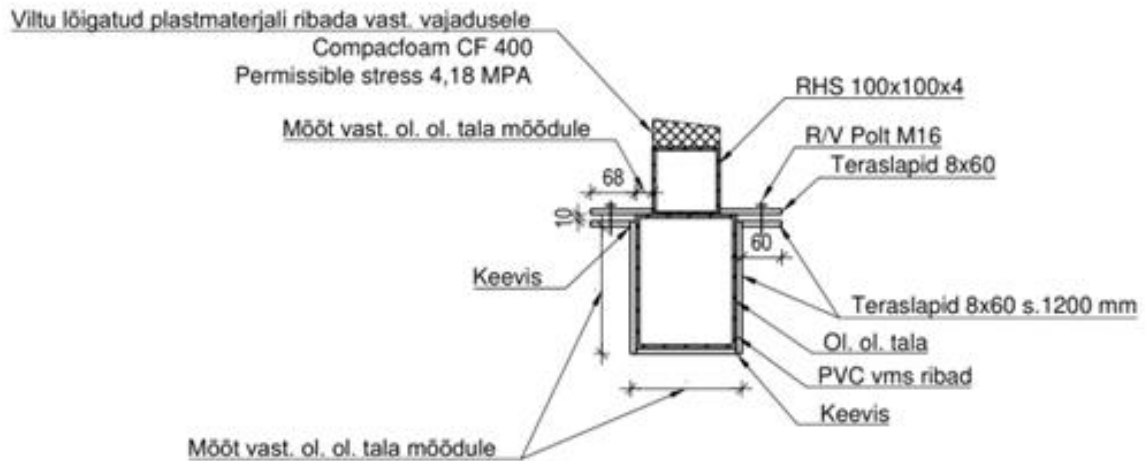
Joonis 3.9 Kraana kasutamine objektil

Seega oli töökäik katusel nii, et ees liikusid lammutajad, kes järjest lõiksid katust lahti, kogusid lammutatava materjali kokku ja kraana tõstis selle alla ning samal ajal oli maapinnal valmis juba uus kandevprofiil, mida järjest tõsteti ülesse ja koheselt paigaldati. Sellise töö kiirusega oli võimalik kraanat liigutada vaid ühe korra päevas, kuna üle 10 m järjest teha ei suudetud. Kraana tõstevõimsuse valisingi sellise tempo ja kiirusega töötamiseks (joonis 3.10).



Joonis 3.10 Katuse lammutamine ja ehitamine üheaegselt

Veepargi katuseosa juurde jõudes avastasime lammutus- ja ehitustööde käigus, et veepargi katusefermid on põhikatuse fermidest 100 mm allpool. Selle lahendamiseks korraldasin koheselt kiireloomulise koosoleku tellija, omanikujärelvalve ja projekteerijaga. Varasemalt oli seda katuseosa katnud vill ning siis saadi antud probleemist jagu täiendava 100 mm soojustuse paigaldamisega. Nüüd oli aga tellitud spetsiaalne SPU-soojustus, mida Eestist polnud saada, siis ei saanud seekord sama lahendust kasutada. Vaja oli saada katus samale tasapinnale. Tegime projekteerijale ettepaneku paigaldada täiendavad nelikanttorud, mõõtudega 100 x 100 x 4 mm, klambritega olemasolevate fermide peale ja sellega saanuks katuse ülemise osa ühele tasapinnale (vt joonis 3.11).



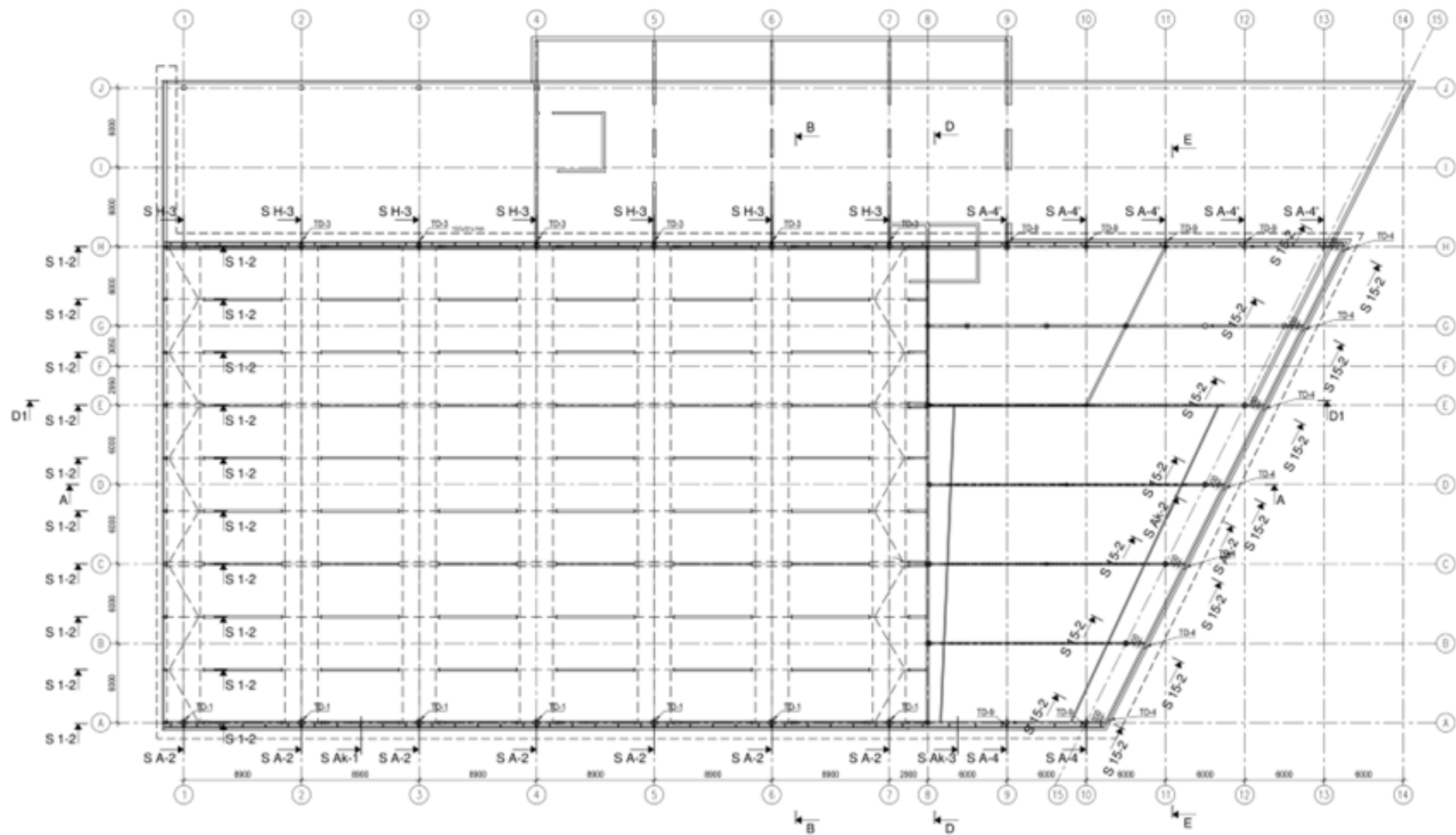
Joonis 3.11 Fermidele nelikanttorude paigaldamine

Keevisliidet ei olnud võimalik teha, kuna selle tõttu oleks läinud lisaaeg värvimisele peale keevitamist, kuna ujulas peab keskkonnaklass olema C4. Kuna kõik olid ettepanekuga nõus, tehti tellijale lisatööde pakkumine ja peale tellija nõustumist tellisin katusele täiendavad metalltalad. Kogu see protsess võttis aega umbes nädala (joonis 3.12).



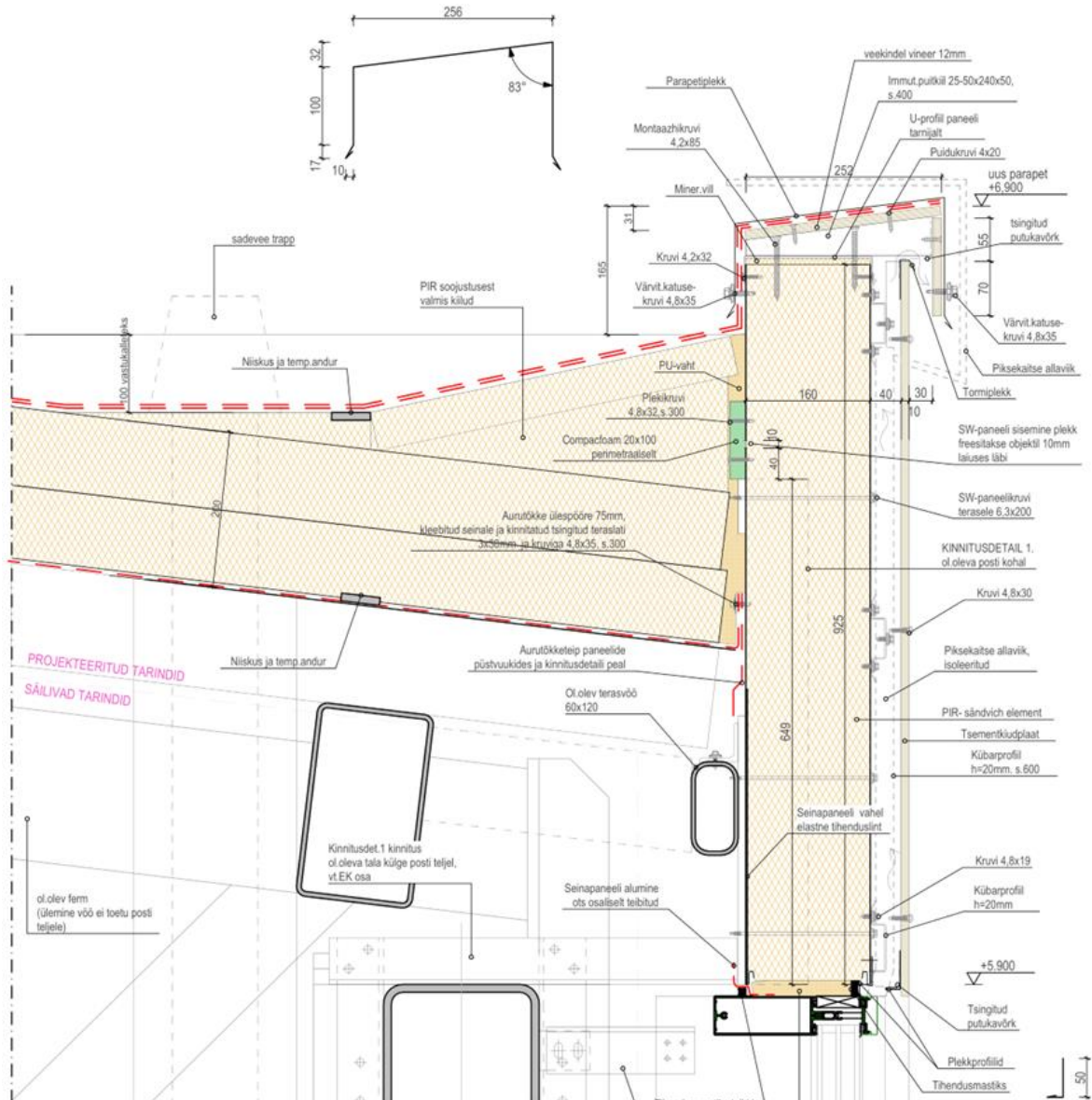
Joonis 3.12 Fermidele nelikanttorude paigaldamine

Joonisel 3.13 on toodud katuse teraselementide plaan.



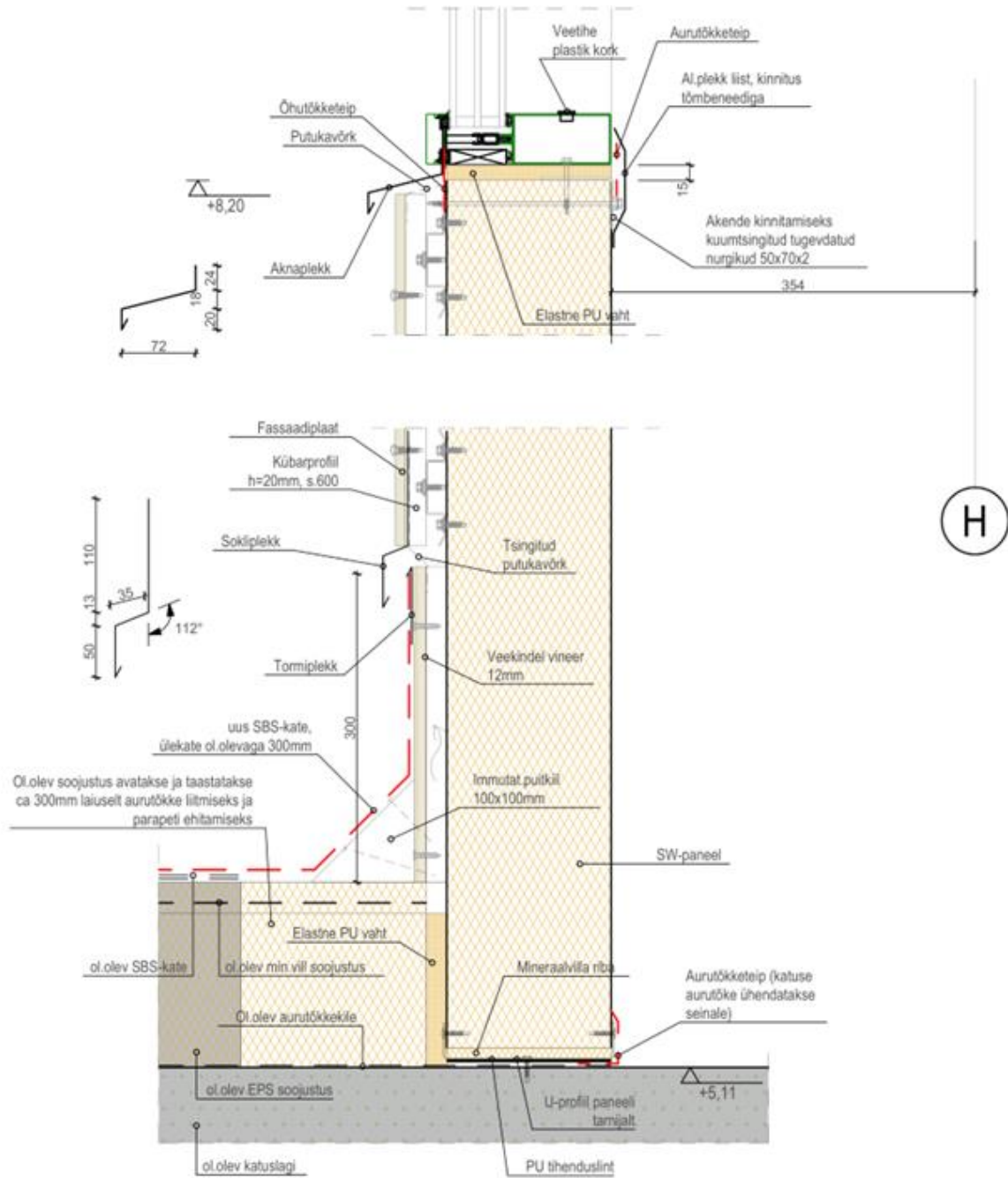
Joonis 3.13 Katusen teraselementide plan

Joonisel 3.14 on toodud on toodud parapetisõlme näidis.



Joonis 3.14 Parapetisõlme näidis

Joonisel 3.15 on toodud aknasõlme näidis.



Joonis 3.15 Aknasõlme näidis

Pleki paigaldus võttis aega ca 1,5 nädalat. Nädala pärast saabusid ka metalltalad, mis paigaldati jooksvalt, kuna kandva plekiga oli tarvis edasi liikuda (joonis 3.16).



Joonis 3.16 Metalltalade paigaldus

Sellest tekkis olukord, et fermid ei olnud C4 keskkonnaklassis, ehk need tuli alustuseks lihvida (joonis 3.17).



Joonis 3.17 Fermide lihvimine

Peale lihvimist tuli neile peale kanda C4 keskkonnaklaasi värv ja kontrollida värvikihi paksus (joonis 3.18).



Joonis 3.18 Fermidele kantud C4 värvikihi paksuse kontrollimine

Kui kogu katus oli uue kandva pleki all, hakkasime paigaldama sileplekki, mis tuli neetida omakorda kandva profiiipleki külge. Tegu oli täiesti uue süsteemiga, mida tänaseni pole Eestis kasutatud. Paigaldatud metall-lehed tuli ka üle kruntida mastiksiga, et bituumen aluskate hakkaks sinna külge. Selle töö jaoks kasutasime kogu meeskonda, kuna töö oli väga ajamahukas. Kõik plekid tuli neetida kandva pleki külge sammuga 250 mm pikisuunas ja neljas reas ühel paanil (joonis 3.19). Kogu katuse neetimiseks kulus 24 000 neeti.



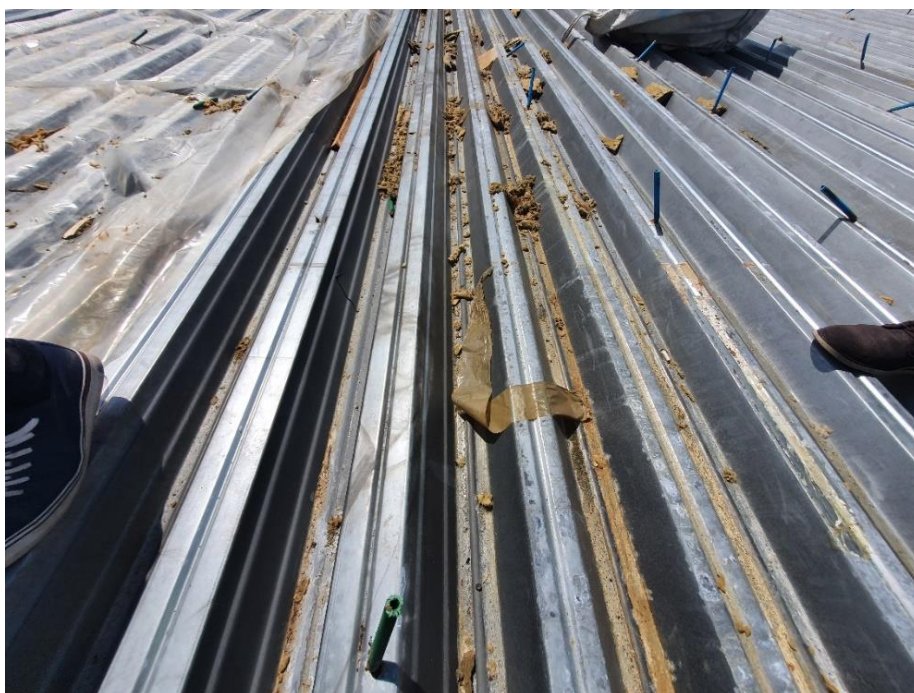
Joonis 3.19 Silepleki paigaldus

Kui kogu kandev- ja sileplekk olid paigaldatud, alustasime kruntimisega. Krundiks kasutati IKOpro Bitumen Primerit. Kruntimisel oli tähtis, et ei tuleks vihma 12 h jooksul, seega tuli valida kuiv päev (joonis 3.20).



Joonis 3.20 Katuse kruntimine

Sileplekki kasutati selleks, et sinna peale saaks põletada SBS-aurutõkke. Eelnevalt oli kandva pleki peale paigaldatud vaid tavaline aurutõkkekile, mis oli osaliselt teibitud ja suuremalt jaolt auguline, sest vana soojustus oli tüübelatud läbi aurutõkke kandva profiili külge (joonis 3.21).



Joonis 3.21 Vana katuse ehitamisel kasutatud tüübeldus

Enne soojustuse paigaldust tuli katuse poolt parapetiseinale sisse lõigata külmatakkestus, et läbi pleki ei saaks soe ja niiskus edasi soojustusse (joonis 3.22). Lõike plekile teostasime 10 mm laiuselt ja sileplekist 110 mm kõrgemale, ehk kahe soojustuskihi ühenduskohta. Lõikamiseks kasutati spetsiaalset plekilõikurit, mis tekitas 10 mm freesimissoone.



Joonis 3.22 Külmatakistussoone lõikamine

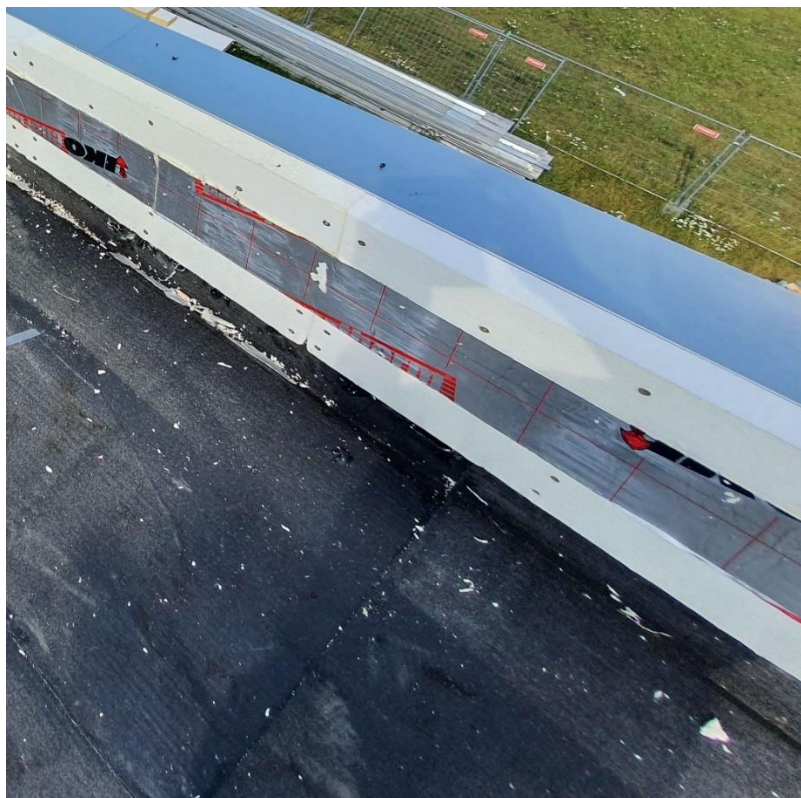
Peale soonte freesimist alustasime SBS-aurutõkke paigaldusega, milleks oli IKO shield ALU3 T/F (joonis 3.23).



Joonis 3.23 SBS-aurutõkke paigaldus

Seda paigaldasime kasutades põletit ja teostasime ülespõrde parapetile. Otsaseintele, kuhu peale katusefermid ei toetunud, jätsime ülespõre „kotti“, ehk tekitati lõõts.

(joonis 3.24). Lõõts sellepärast, et ferm mängib niivõrd pika sildega ja lõhuks muul juhul katte parapeti küljest lahti. Kui ferm talvel koormusega vajub, siis lõõtsaks painutatud katusekate annab järgi ja kui ferm liigub tagasi algasendisse, liigub lõõts kortsu tagasi.



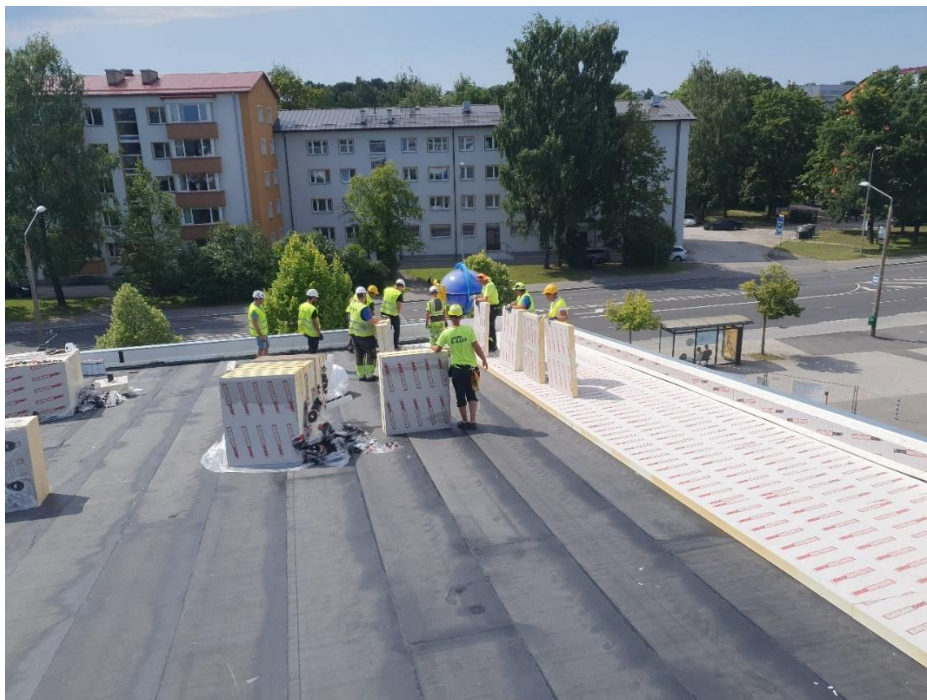
Joonis 3.24 Aurutõkke ülespööre otsaseintel

Peale aurutõkke paigaldamist alustasime soojustuse paigaldusega. Soojustuseks oli IKO Enertherm MG. Selle protsessi juures ei tohtinud liim ja soojustus vihma saada. Võtsin riski ja suurendasin meeskonda, et vältida telgi paigaldamist. Üks brigaad alustas soojustuse esimese kihi liimimisega (joonis 3.25).



Joonis 3.25 Soojustuse liimimine

Teine meeskond alustas koheselt sinna peale uue soojustuskihi paigaldamisega ning kolmas meeskond paigaldas järjest aluskatet (joonis 3.26).



Joonis 3.26 Soojustuskihi liimimine

Aluskatte paigaldasime samuti liimimisega, mitte leegiga paigaldusega. Aluskatteks oli IKO base Quadra F/SA ja soojutuse liimiks oli IKO PU. SBS-kattel oli taga kile, paigaldamisel tõmbasime järjest rullilt kilet maha ja rullisime aluskatte soojustusele peale. Tänu sellele oli iga tööpäeva õhtul soojustatud osa ka aluskatte all.

Soojustuse paigaldamisel lisasime katusele erinevatesse kohtadesse, erikõrgustele niiskus- ning temperatuuriandurid, mis monitoorivad seisu katuse soojustuse sees. Nende näidud on nähtavad eraldi programmis nii reaajas kui on ka salvestamise võimalusega. Neid paigaldati kogu katusele, nii soojustuse alla kui ka soojustuse peale. Kui andurid olid paigaldatud, pidime nende jaoks vedama kaablid tehnikaruumi (joonised 3.27). Monitooringult on näha, et muutusi ei ole erinevates kohtades ja kõik näidud on omavahel ligilähedased.



Joonis 3.27 Temperatuuri- ja niiskusandur

Soojustada saime korraga nii palju, et jõuaks soojustatud osa samal päeval ka esimese bituumeni kihiga kinni katta, juhuks kui peaks vihma hakkama sadama. Samuti pidime paigaldama ka veeäravoolu kaevud, kus vihmavesi hakkab katusele ära jooksma. Kui kaevud paika said, tuli paigalda ka kohe uued veeäravoolu torud (joonis 3.28).



Joonis 3.28 Aluskatte paigaldus

Soojustuse jätsime samuti otsaseinas 100 mm parapeti *sandwichist* eemale, see vahe täideti lahtiste penoplast-graanulitega ja teibiti kinni aurutõkke teibiga (joonis 3.29).



Joonis 3.29 Otsaseina soojustuse ja parapeti vahe

Kui kogu katuse soojustatud ja aluskatte all, saime alustada viimase katte paigaldusega. Viimaseks katteks oli valge IKO carrara F (joonis 3.30).



Joonis 3.30 Viimase katte paigaldus

Samuti paigaldasime tuulutid (joonis 3.31). Tuuluteid on vaja selleks, et SPU tekitatud gaase katuse alt välja ventileerida. Tuulutuse paigaldasime vahetult SPU-soojustuse peale, mingit tuulutussoonetega villa vms me ei paigaldanud, ainsaks soojustuseks jäi SPU.



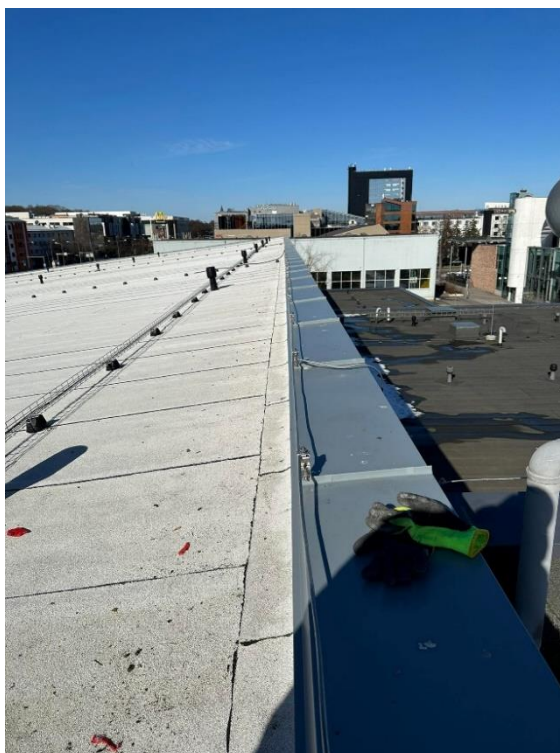
Joonis 3.31 Paigaldatud tuuluti

Kui kogu katus oli kandva pleki all, hakkasime paigaldama uut ripplage ja ventilatsiooni. Samuti vedasime ujulas uued kaablid ning paigaldasime uued valgustid.

Hakkasime paigaldama ka uusi 3-kordseid klaaspakette. Kui otsasein oli lammutatud, saime hakata paigaldama sinna *sandwich*-paneeli. Samuti tegime kogu katuse parapeti *sandwich*-paneelist.

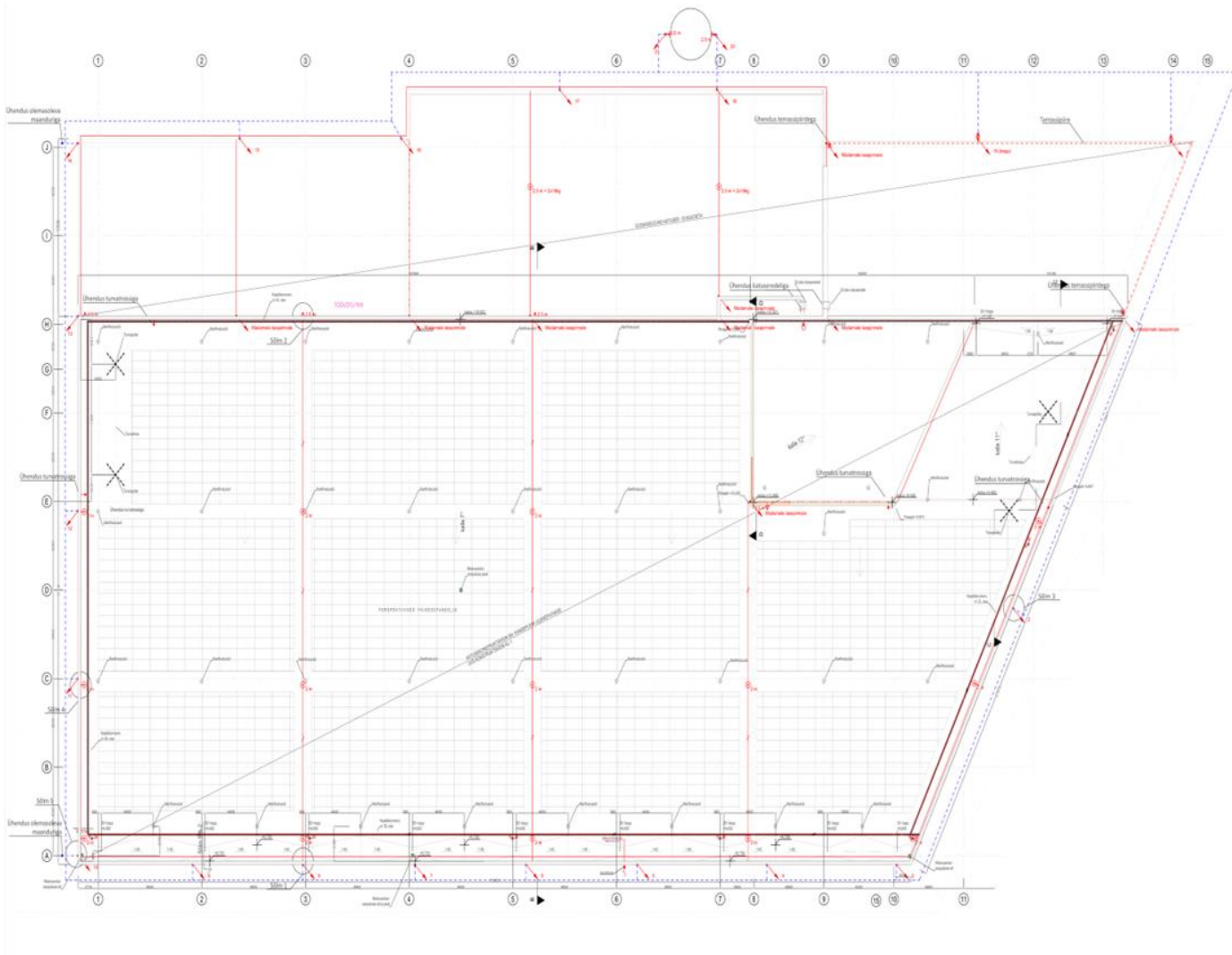
Kogu *sandwich*-paneelile hakkasime paigaldama välisfassaadi plaati. Alguses paigaldasime alla metall-karkassi ja neetisime fassaadi plaadid karkassi külge. Kui kogu katus oli viimase kihi bituumeniga kaetud, hakkasime paigaldama parapeti plekki ja vedama piksekaitse traate üle katuse. Kui kõik tellingud said hoonest seest eemaldatud sai hakata koristama ning kinni kaetud asju lahti võtma.

Peale katusetöid paigaldasime katusele ka piksekaitse (joonis 3.32). Terve katus oli jagatud maanduskontuuriga sektoriteks, mille otsad jooksid maasse, vastavalt projektile. Selleks pidime vedama ümber hoone piksekaitsetraadi, mis tuli kindlates kohtades viia maa sisse. Selle kontuuriga ühendasime ka katusel asuva piksekaitse kontuuri.



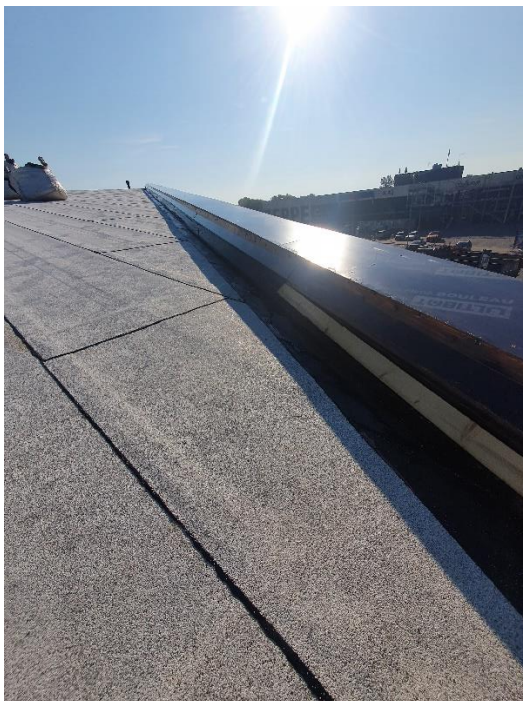
Joonis 3.32 Maanduskontuur katusel

Antud kontuur on toodud joonisel 3.33.

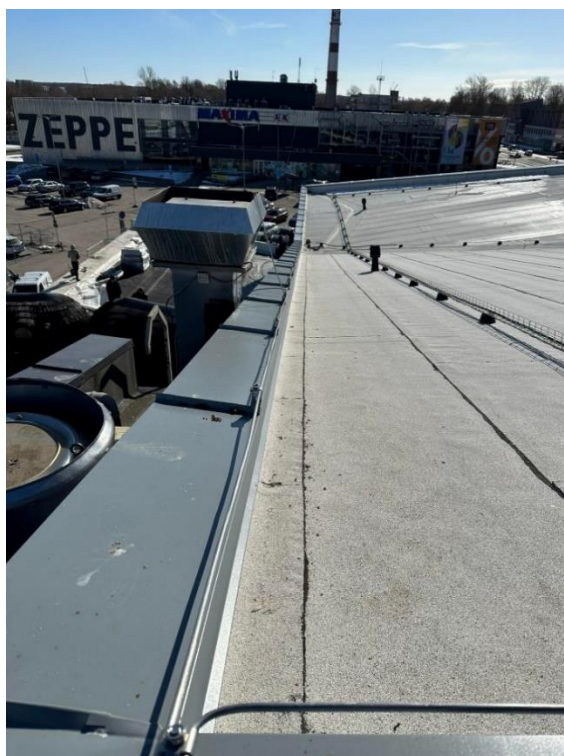


Joonis 3.33 Maanduskontuur katusel

Peale katusetöid paigaldasime parapetialused niiskuskindlad vineerid ja püstvaltsiga parapetiplekid (joonis 3.34).



Joonis 3.34 Niiskuskindel vineer ja püstvaltsiga parapetiplekk
Plekkidele paigaldasime ka maanduskontuuri täies perimeetris (joonis 3.35).



Joonis 3.35 Plekkidele paigaldatud maanduskontuur

4. RENOVEERIMISTÖÖDE TEOSTAMISE ANALÜÜS

4.1 Soovitused objektijuhile renoveerimistöökaks

Peale objekti kasutusloa väljastamist analüüsin ka objekti algusest lõpuni läbi. Ehituse ettevalmistustööd on alati iga uue objekti alguses ülitähtsad. Kõik organiseerimised, tellimused, kokkulepped ja lepingud peavad olema korrektselt täidetud.

Iga uue objekti alguses peab objektijuht täitma enda tarvis punktid, mis hõlmavad kogu ehitusprotsessi kalendergraafikut koos tööliste vajadusega. Ta peab oskama hinnata tööde ajalist kulgu ja töö spetsiifilisust, sest ühegi vana hoone renoveerimise juures ei ole ehitustööd sama ajakuluga, kui uue hoone ehitamisel. Vana hoone osalise lammutuse käigus avaneb alati uus vaade tegelikust olukorrast, millele tuleb erinevalt läheneda. Selleks on mõistlik objektijuhil enne tööde algust teha endale korralikult kõik konstruktsioonid selgeks. Selleks kasutan meie ettevõtte abitöölisi, kellega käin objektil konstruktsioone avamas ja olukorda hindamas. Sellist protsessi järgides on võimalik ajagraafikus määrata tööde mahtu ja tööliste arvu ning ka ette näha suuremaid seisakuid ehitusprotsessi ajal.

Samuti tuleb objektijuhil üle arvutada tellitavad ehitusmaterjalid ja nende võimalik ülekulu. Enne materjalikulu arvutust käin objektil tegelikku olukorda hindamas. Tihtipeale on hinnapakkumuste staadiumis väljastatud vaid põhiprojekt, kus on välja toodud objekti põhiline tegevus ja olukord, mis ei ole kunagi täiuslik. Ehitustöid peab teostama vaid **tööprojektide** järgi. Tööprojektid koostab tavaliselt ehitaja, kes omakorda tellib need projekteerijalt, kui endal selleks pädevus puudub.

Põhiprojektis ei pruugi ruumi kõrgused, seinte ja põrandate paksused, avatäited ning seinte asukohad olla väga täpselt joonistatud. Selleks soovitan alati kõik avad, seinte kõrgused ja mõõdud kohapeal enne tööprojekti koostamist üle mõõdistada. Peale seda on võimalik täpselt ja õiges mõõdus materjale tellida. Muidugi tuleb peale mõõdistust koheselt ka tööprojekti koostamine ette võtta, sest see protsess võtab aega. Tartu Linna ehitusosakonnal on nõue üldkasutatavatele hoonetele tellida ehitajalt tööprojektidele ka ekspertiis.

Objektijuhi ülesanne on ka kokkulepete ja lepingute sõlmimine alltöövõtjatega, kui neid objektil kasutatakse. Alltöövõtjate lepingute tegemine tuleb teha võimalikult varakult, soovitatavalt peale peatöövõtja lepingu allkirjastamist tellijaga. Põhjus on see, et ajas võib ehitushind muutuda ja see võib peatöövõtjale kulukamaks minna, sest ehitushinna langust ei ole siiani ehituses just väga tihti olnud. Kõik kuupäevad, ehitusmahud,

ehitustööde algused ning lõpetused tuleb lepingus kindlalt ära määratleda. Samuti tuleb määratleda ka sanktsioonid, sest vastasel juhul jäävad lepingu kõrvalekalletest tulenevad sanktsioonid täielikult peatöövõtja kanda. Tuues esile Aura veekeskuse sanktsioonid, siis olid need väga suured iga ületatud päeva eest. Summa pidi katma kõikide Aura tööliste palgafondi ja veekeskuse päeva kasumi.

Objektijuht peab sõlmima ka lepingust tulenevad kindlustused. Iga riigihanke ehitusobjekt peab olema kaetud CAR-kindlustusega, ehitusaegse tagatiskindlustusega või rahalise tagatisega, mille suurus on umbes 10 % ehituslepingu maksumusest ning ka garantiaegse kindlustuse tagatisega või rahalise tagatisega, mis on enamasti 2-3 % lepingu maksumusest. Kuna kindlustusi on Eestis palju, siis võtame erinevatest seltsidest pakkumused ehitusaegseks tagatiseks, CAR-kindlustuseks ja garantiaegseks tagatise kindlustuseks. Viimastel aastatel ei aktsepteeri Tartu linn kindlustuse poolt antavaid tagatiseid, kuid teised riiklikud asutused neid piiranguid ei sea. Seega on ettevõtjal vaid üks variant, kus ta küsib pangast ehitusaegse tagatise laenu. Pangad annavad ettevõtetele laenu vaid kinnisvara tagatisel ja seda ka vaid 50 % kinnisvara vääringu ulatuses. Kui ettevõttel puudub kinnisvara, siis on võimalus ka ettevõttel oma raha deponeerida pangakontol, mida ta ehituse ajal kasutada ei saa. Tellijal on võimalus see kindlustussumma kätte saada esimesel nõudel. Tellija on end kindlustanud ehitaja ees sellega, et kui ehitaja jätab objekti pooleli või soovib lepingut lõpetada, siis on tellijal õigus nõuda ka 10 % ehitusmaksumusest pangast, seoses lepingu rikkumisega. Garantiaegse tagatise 2 % kaitseb tellijat sellega, et kui garantiiajal juhtub midagi juba valminud objektile, mis kuulub ehitusgarantii alla ja ehitaja ei ole nõus seda parandama, siis tellijal on õigus see summa pangast ilma igasugu selgitusteta kätte saada.

Samuti tuleb objektijuhil teostada kõik materjalide tellimused. Kõik ehitusmaterjalid, millel on tarneaeg, näiteks keraamilised, plaadid, põrandakatted, katusematerjalid, (erilahendusega) valgustid, ventilatsiooniseadmed, sisustus ja muu selle sarnane tuleb varakult ära tellida ja lepingud tarnijatega koostada, kuna nende hinnad võivad tänases majandusolukorras ajas väga palju muutuda. See on ka üks olulisem põhjus, kui objekti valmimine viibib ja tellija tahab rahalist karistust rakendada. Ehitajana saame ära tõestada, et see viibimine ei tulene mitte ehitajast, vaid tarnijast, sest ehitaja on tellinud sellise kauba mida tellija on oma ehitusprojekti sisse projekteerinud, kuid tarnijal on tarneprobleemid. Selle eest ei saa ehitaja kuidagi vastutada, eriti kui leping on tarnijaga sõlmitud juba enne ehitustööde algust ning tarnekuupäevad ka lepingus paigas.

Objektijuht peab ka tellima objektile tahvli, kus on näidatud ehituse nimetus, ehitusloa number, tellija, omanikujärelevalve ja ehitaja kontaktid ning objekti algus- ning lõppkuupäev. Sellised infotahvleid koostavad reklaamibürood.

Objektijuht vastutab ka ehitusobjekti piiramise eest piirdeaedadega, mille läheduses peab asuma ka infotahvel. Kogu ehitusmaa peab olema piiratud ehitusaedadega ja ohutussiltidega, kus on märgitud ohutsoon, võõrastel isikutel objektil viibimise keeldu ja ehitusmaal kiivri kandmise kohustust, kui objektil on tõstetööd, tellingud ja/või kummumisohud.

Objektijuhi tööks on ka ehitusplatsi üldplaani koostamine, mis peab olema ehitusobjektile nähtaval kohal, kas siis töömaa piirdeaia värava juures aia küljes või ehitussoojaku küljes. Ehitusplatsi üldplaanel on töömaa asukoht, liikumised, parkimiskohad, tõstetehnika ohuplaan, WC, prahikonteinerite nimetused ja asukohad, soojakud, kustutid, meditsiiniline arstikapp, esmaabi andja kontaktid, kraana ohutsoon, liikumisskeem, masinate seisukohad, ladustamisalad, kinnised ja lahtised laod, prügi sorteerimine jm. Igal objektile peab olema määratud esmaabi andja ja tema kontakt.

Lisaks eelmainitule kuulub objektijuhi ülesannete hulka ka avakoosoleku teemade ja tellijale ja järelevalvele ehituses üleskerkivate küsimuste ettevalmistamine. Samuti peab ta välja tooma objekti kitsaskohad ja muudatusettepanekud parema tulemuse saavutamiseks. Ehituskoosolekul on kõik ehitusteemad nädala kaupa. Kui on näha, et mingi probleem on tulemas, siis tasub selles ka koheselt rääkida. Mida varem on tulevast probleemist ette teavitatud, seda lihtsam ja kiirem on seda võimalik lahendada. Muudatused tuleb ehituskoosolekul protokollida. Kui tekib mingi ehitustöö muudatus, tuleb ehitajal koostada muudatustööde kalkulatsioon, kus eelnevalt kirjeldatakse probleemi põhjust ning seejärel ära jäävate ning lisanduvate tööde kalkulatsioon. Koosolekul heaks kiidetud otsus protokollitakse ja allkirjastatakse.

Ka alltöövõtjatega tuleb korraldada ehituskoosolekuid. Meie eelistame pidada neid alati enne tellija ja järelevalve koosolekuid, sest siis saame eelnevalt alltöövõtjatega probleemsed kohad läbi arutada ja pärast neid probleeme tõstata tellija ja järelevalve ehituskoosolekul.

4.2 Ettepanekud analoogsete objektide läbiviimiseks

Selleks, et sarnase mahu ja tähtajaga projekti edukalt ellu viia, peab olemas olema väga põhjalik tööprojekt. Ilma põhjaliku tööprojektita ei ole võimalik nii suuremahulist objekti tähtaegselt lõpetada. Kõik konstruktsioonilised sõlmed ja detailid peavad olema lõpuni lahendatud ja sobituma olemasoleva olukorraga. Käesoleva lõputöö tulemusel on mul järgmised ettepanekud:

- 1) Silepleki paigaldusel kandva profiilpleki peale peab arvestama vähemalt ühe varu needipüssi olemasoluga. Needipüssid kipuvad suurel koormusel tihti katki minema.
- 2) IKO-aurutõkke materjali paigaldusel tuleb arvestada, et see kate on toodetud soojemasse kliimasse. Eesti kliimas ei liimu isekleepuv aurutõke korralikult kinni, sest meie kliimas on liiga vähe sooja. Sügisest kevadeni on selle katte paigaldus peaaegu võimatu. Meie pidime oma töös ka suvel pikivuugid leegiga kinni põletama, sest meie 20-kraadise sooja juures ei jäänud vuugid ilma põletuseta aurutihedaks. Lahtine aurutõke rikuks kogu aurupideva katuse ja eesmärk oleks olnud täitmata.
- 3) Soojustuse liimimisel tuleb jälgida, et aurutõke oleks terve. Sooja ilmaga jääb aurutõkkele inimjala jälg peale ja kui jala all peaks olema miskit, nt kruvi, saaks aurutõke selletõttu vigastada. Kui see juhtub, siis on tarvis sellele aurutõkkest lapp peale liimida.
- 4) Aurutõkke liimimisel jälgida ülekatteid, et ülekatete juures ei tekiks kolmekordset liidet, vastasel juhul on soojustuslune kiht ebatasane ning kuna SPU-soojustus ei paindu, ei toetu ta ka täielikult liimile ja võib jääda osaliselt lahti.
- 5) SPU soojustuse liimimisel on soovitatav liikuda järjest nii liimi kui plaadiga, kuna liim hakkab välja kallates koheselt reageerima ja paisuma. Liimiga ei ole vaja liialdada, tuleb jälgida kindlat kulunormi. Vastasel juhul tõstab liim kuivamisel soojustusplaadi üles ja tekib ebatasane pind soojustuse peale.
- 6) Päevas on mõistlik soojustada nii palju, et jõuaks õhtuks alati paigaldada ka esimese bituumeni kihi, ehk katus jääks veetihedaks. Kirjeldatav soojustus ei tohi saada vett, vastasel juhul laseb soojustus kangapinna soojustusest lahti.
- 7) Arvestada tuleb ka suurema ajakuluga vastukallete ehitamisel, kuna vastukalle tuleb eelnevalt erineva kihipaksusega soojustustest kokku kleepida. Vastukalded on olulised, et vihmavesi voolaks äravoolu trappidesse.
- 8) Soovitan samuti paigaldada niiskusandurid erinevatesse katuse osadesse ja kõrgustesse, nii alumistesse kui ka ülemistesse kihtidesse. Anduritega saab logist kontrollida erinevate asukohtade niiskussisaldust.
- 9) Samuti on tungivalt soovituslik teostada katusetuulutused. Kirjeldatud katuse tuulutuse eesmärk on lasta välja SPU-st tekkivad gaasid.

Hästi koostatud tööprojekt ning hea organiseerimine viib alati tellija soovitud eesmärgini.

KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö käigus renoveeriti Aura veekeskuse piirdetarindid. Antud tööd võeti ette, sest Aura veekeskuses oli probleemiks katusekonstruktsioonidesse kondenseeruv veeaur, mis vigaselt teostatud aurutõkke kaudu tilkus tagasi keskuse siseruumidesse, rikkudes eelkõige siseviimistlust.

Töö **esimeses osas** keskendusin Aura veekeskuse algse olukorra kirjeldamisele. Renoveerimistööd võeti ette eelkõige selle tõttu, et hoone katusekonstruktsioonides olev veeaur kondenseerus ja tekkinud vesi tilkus hoonesse tagasi. Aastate jooksul olid kahjustada saanud nii soojustus kui ka siseviimistlus. Antud peatükis on ka toodud pildid erinevatest kahjustustest.

Töö **teisese osas** tegin antud ehitusvigade analüüsi, kus tõin välja põhilisemad ehitusvead. Peamine põhjus oli vajaliku oskusteabe ja kogemuse puudumine Aura veekeskuse projekteerimise ja ehitamise ajal. Samuti ei suudetud ette näha antud tüüpi hoone sisekliima eripärasid, näiteks tavalisemast palju kõrgemat siseõhu temperatuuri ja suhetelist õhuniiskust. Paraku oli oma põhjus ka võimalikult odavate lahenduste kasutamisel ehituse käigus.

Töö **kolmandas osas** tutvustasin renoveerimistöode ettevalmistust: kalendergraafiku koostamine, materjalide tellimine ja muud sellesarnased tööd, mis tuleb enne objektile minekut ära teha. Ajagraafiku koostamisel oli võimalus küsida nõu ettevõtte konsultandilt ja toetuda ettevõtte varasemale kogemusele sarnaste objektide ettevalmistamises. Keerukamaks osutus juba materjalide tarnimine ja eelarve mahtudesse jäämine, sest materjalide hinnad olid ehituse alguseks hakanud juba kallinema. Lõpuks leidsin kõikidele probleemidele lahendused ja jäime objektiga eelarve ja tähtajaga piiridesse.

Samas peatükis tutvustasin objektil teostatud renoveerimistöid lähemalt. Ka seal ei läinud kõik plaanipäraselt. Üks näide oli katusefermide erinevad tasapinnad. Selle probleemi suutsime kiirelt lahendada, pakkudes välja lisatalade kasutamise. Suur ajakulu oli materjalide ootamine ja paigaldamine, mille tõttu jäime hetkeliselt ajagraafikust maha - probleemi lahendasime kolmel laupäeval töötamisega. Sarnaselt leidsin lahendused kõigile objektil kerkinud probleemidele - tulemus oli objekti üleandmine tähtajast varem.

Töö **viimases osas** tegin renoveerimistöode teostamisele analüüsi ja tõin välja ka näpunäited sarnaste projektide läbiviimiseks.

Renoveerimistööd võib lugeda edukaks, kuna kõikidele kerkinud probleemidele leidsin lahendused. Ehitustööd said teostatud ennetähtaegselt ja tänaseni pole tellijal enam niiskuse tõttu probleeme esinenud. Möödunud talve jooksul ei tekkinud renoveeritud osale enam jääpurikaid ning tellijal ei olnud ka probleeme katusest tagasitilkuva veega.

SUMMARY

This master's thesis focused on renovating the Aura waterpark building envelope. These renovations were done because there was a problem with condensing water vapor in the building's roofing. The condensed water vapor found its way back inside through poorly made vapor barrier and it ruined mainly the interior decorations.

In the **first part** of the work, I focused on describing the original situation of the Aura waterpark. The renovations were done mainly because the water vapor in the roof structures of the building condensed and the resulting water dripped back into the building. It damaged insulation and the interior decorations over the years. Photos of the damage are also included in this chapter.

In the **second part** of the work, I analyzed the main causes of the construction mistakes. The main cause for these mistakes was the lack of know-how and experience during the planning and building of the Aura water park. One of the reasons was also the lack of foresight for a totally different indoor climate i.e., higher than normal indoor temperature and relative humidity. Trying to build the water park as cheaply as possible played its part as well.

In the **third part**, I introduced the preparation process: creating the time schedule for the renovations, ordering the materials etc., that needs to be done before going to the renovation site. Coming up with the schedule wasn't a big problem for me because I had an opportunity to ask advice from the company side advisor and I could rely on previous experience with similar jobs within the company. Ordering the materials and staying within the budget was more problematic, because the material prices were starting to rise by that moment. Eventually I found the solutions for all the problems and the renovations stayed within the budget.

The tasks done on the renovation site are also included in this part. Everything didn't go according to plan there either. For example, the different planes of the roof trusses. We solved this problem relatively quickly by suggesting using extra beams to bring the roof onto the same plane. Most of the time was spent waiting on the materials and installing them. That caused us to fall behind the schedule, but we solved that by working on three Saturdays. I was able to find solutions to all problems and the result was that we finished with the renovations before schedule.

The analysis of the renovations is analyzed in the **last part** of the thesis, and I also give some pointers for conducting similar works.

The renovations can be considered successful, I was able to find solutions for all the problems that arose during the renovations, the work was done before schedule and the client doesn't have any more problems with humidity. There were no more icicles on the renovated facades and the condensed water vapor doesn't enter the building anymore.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. A. Karu, „Aura veekeskuse lamekatuse ja fassaadi tehnilise seisukorra hinnang,“ OÜ Eurokaev, Tartu, 2018.).
2. A. Karu, „Eksperthinnang,“ Tartu, 2003.Viitamine. Tallinna Tehnikaülikooli Raamatukogu kodulehekülg [WWW]
https://ttu.ee/public/r/raamatukogu/tudengile/Viitamine_sisukorraga_2016.pdf
(01.02.2018).
3. O. Ishai, „Engineering Mechanics of Composite Materials,“ 1994. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.globalspec.com/reference/60660/203279/chapter-6-hygrothermal-effects#:~:text=These%20hygrothermal%20effects%20are%20a,effects%20are%20similar%20in%20nature..> [Kasutatud 30 04 2023].
4. S. Ilomets ja T. Kalamees, „Evaluation of the criticality of thermal bridges,“ 2016. [Võrgumaterjal]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s41024-016-0005-6>. [Kasutatud 30 04 2023].
5. S. Ilomets ja T. Kalamees, „Evaluation of the criticality of thermal bridges,“ 2016. [Võrgumaterjal]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s41024-016-0005-6>. [Kasutatud 30 04 2023].
6. S. Ilomets, T. Kalamees ja J. Vinha, „Indoor hygrothermal loads for the deterministic and stochastic design of the building envelope for dwellings in cold climates,“ 12 07 2017. [Võrgumaterjal]. Available: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1744259117718442>. [Kasutatud 30 04 2023].
7. S. Ilomets, T. Kalamees ja F. Tariku, „Indoor climate loads for dwellings in different cold climates to assess hygrothermal performance of building envelopes,“ 2019. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.etis.ee/Portal/Publications/Display/742aab60-1b8a-4401-ab32-67697f18363e>. [Kasutatud 30 04 2023].