



TALLINNA
TEHNIKA KÕRGGKOOI

Anastassia Muromskaja

**KLAASFASSAADIDE JA
AVATÄIDETE
PROJEKTEERIMINE
KOHTUMAJA NÄITEL**

LÕPUTÖÖ

Tallinn 2023

Anastassia Muromskaja

**KLAASFASSAADIDE JA
AVATÄIDETE
PROJEKTEERIMINE
KOHTUMAJA NÄITEL**

LÕPUTÖÖ

Ehitusinstituut

Õpperühm: HE 2019

Juhendaja: Andres Kuningas

Tallinn 2023

Mina, Anastassia Muromskaja, tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teoste teoste on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Juhendaja (nimi, /allkirjastatud digitaalselt/) Andres Kuningas

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Anastassia Muromskaja

sünnikuupäev: 14.02.1994

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

Klaasfassaadide ja avatäidete projekteerimine Kohtumaja näitel

1. reprodutseerimiseks paber kandjal 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/

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Lõpetaja: **Anastassia Muromskaja**
Õpperühm: HE 2019
Eriala: Hoonete ehitus (1827)
Lõputöö teema: **Klaasfassaadide ja välisavade projekteerimine kohtumaja näitel**

Lähteandmed töö koostamiseks:

- arhitektuurne projekt Arhitektusset Jönköping AB poolt;
- konstruktiivne projekt ifc-formaadis UPB Group poolt;
- eelarve Metus-EST AS poolt.


Töö sisu, ülesehitus ja lahendamisele kuuluvate küsimuste loetelu:


Klaasfassaadide, akende ja rõduuste projekteerimine täites arhitektuurse ja konstruktiivse projektide nõudeid. Kooskõlastus- ja tootejooniste koostamine, materjali kontroll, koormuste arvutuse teostamine.


Seletuskirja ning graafilise materjali sisu ja maht:


- seletuskiri 40-60 lk;
- graafiline osa 4 joonisel;
- lisad.

Lõputöö konsultandid:

| Konsultandi nimi | Valdkond | Allkiri | Kuupäev |
|------------------|-----------------|---|------------|
| Villu Salin | projekteerimine |  | 27.02.2023 |
| | | | |
| | | | |

Lõputöö juhendaja: **Andres Kuningas**  27.02.2023
(nimi) (allkiri) (kuupäev)

Lõpetaja: **Anastassia Muromskaja**  27.02.2023
(nimi) (allkiri) (kuupäev)

Kinnitaja: **Aivars Alt**  27.02.2023
ehitusinstituudi direktor (allkiri) (kuupäev)

Lõputöö ülesanne antud: 27.02.2023

Lõputöö esitamise tähtaeg: 02.05.2023

SISUKORD

| | |
|--|----|
| SISSEJUHATUS..... | 6 |
| 1 ÜLESANDE PÜSTITAMINE | 7 |
| 1.1 Kasutatud standardid. Normdokumendid. | 7 |
| 1.2 Rootsi vs Eesti rahvuslik lisa. Harmoniseeritud standard. | 8 |
| 1.3 Tolerantsid | 9 |
| 2 AVATÄIDETE JA KLAASFASSAADIDE KIRJELDUS. TELLIJA NÕUDED | 11 |
| 2.1 Klaasi omadused..... | 13 |
| 2.2 Aknad..... | 17 |
| 2.3 Uksed | 19 |
| 2.4 Klaasfassaadid | 21 |
| 2.5 Konstrueerimisprotsessi kirjeldus..... | 22 |
| 3 TUGEVUSARVUTUSED | 25 |
| 3.1 Tuulekoormuse arvutus ja võrdlus Eestis ja Rootsis | 25 |
| 3.1.1 Tippkiirusrõhu arvutus Eestis..... | 25 |
| 3.1.2 Tippkiirusrõhu arvutus Rootsis | 28 |
| 3.1.3 Tuulerõhu arvutus Eestis | 30 |
| 3.1.4 Tuulerõhu arvutus Rootsis | 33 |
| 3.1.5 Eestis ja Rootsis tuulekoormuse tulemuste võrdlus | 33 |
| 3.2 Inertsimomendi arvutus | 34 |
| 3.2.1 Arvutus aknaprofiilile | 34 |
| 3.2.2 Arvutus fassaadipostile | 37 |
| 3.3 Riigli arvutus läbipaindele..... | 38 |
| 3.4 Temperatuurikoormus | 40 |
| 3.4.1 Temperatuurikoormuse arvutus Eestis | 41 |
| 3.4.2 Temperatuurikoormuse arvutus Rootsis..... | 42 |
| 3.4.3 Silikoonvuuk | 43 |
| 3.4.4 Profiili pikkuse valik tulenevalt arvutustest | 44 |
| KOKKUVÕTE..... | 46 |
| SUMMARY | 47 |
| VIIDATUD ALLIKAD..... | 49 |
| GRAAFILINE OSA..... | 52 |

SISSEJUHATUS

Lõputöös käsitletakse eraldi klaasfassaade ehk rippfassaade ning avatäiteid. Erinev käsitus tuleb määrusest „Ehitusmaterjalidele ja -toodetele esitatavad nõuded ja nende nõuetele vastavuse tõendamise kord“, kus eelnimetatud ehituskonstruksioone liigitatakse eraldi gruppideks [1]. Samuti määratakse ja deklareeritakse neid vastavalt erinevatele standarditele.

Lõputöö eesmärk on uurida, millised tegurid mõjutavad akende, uste ning klaasfassaadide projekteerimist ja teostada selle alusel kooskõlastus- ja tootejooniseid antud Kohtumaja jaoks. Projekteeritav hoone asub Rootsis, Norrköpingis. See annab võimaluse võrrelda omavahel Rootsi ja Eesti eeskirjade erinevusi.

Lähteandmetena on kasutatud Kohtumaja arhitektuurset ja konstruktiivset projekti. Konstruktiivse projekti 3-d mudel on projektipangas leitav „smc“ formaadis ja loetav programmiga Solibri, mis omakorda muutis keerulisemaks mõõtude ja muu täpsustava info lugemise, kuna 3-d mudel ei näita sõlmi põhjalikult ning Solibri tasuta versioonis on suuremad mõõtmed, kui üks meeter, nähtavad vaid sentimeetri täpsusega.

Käesolevas lõputöös uuritakse klaasfassaadidele ja avatäidetele esitatud nõudeid ning nende täitmise võimalusi. Kõikide nõuete kohta otsitakse informatsiooni standarditest ja muudest allikatest. Alumiiniumsüsteemide tootekataloogides on toodud palju informatsiooni standardlahenduste kohta, kuid erijuhtumite puhul võib informatsioon olla puudulik. Käesoleva projekti valmistamisel pööratakse erilist tähelepanu akende laiusele ning seetõttu mõned aknad on jaotatud osadeks. Samuti on erijuhtumiks postid akende paigaldusavas, mille tõttu tuleb kasutada väljast klaasimist. Uksed vajavad ettevalmistusi sulustuse jaoks. Projektis kasutatavate fassaadide kuju on sektoritest koosnev kaar. Klaaspakettide konfiguratsiooni koostatakse mitme teguri järgi, mida võib olla raske kombineerida.

Kõige tüüpilisemad arvutused, mida teostatakse välisavatäidete projekteerimisel, on postile mõjutava tuulekoormuse arvutus ning riigli arvutus läbipaindele riigli omakaalust ja klaasi kaalust. Vastavalt sellele teostatakse profiilide valik. Veel üks oluline arvutus selles projektis on temperatuurikoormuse arvutus. Mõned aknad on kuni 20 meetrit laiad ja vajavad temperatuuri tõttu paisumisvuuki. Eesti ja Rootsi rahvuslikke lisasi on kasutatud arvutustes. Arvutamise jooksul on tehtud Excel tabelid, mida saab kasutada ka järgnevatel projektides.

1 ÜLESANDE PÜSTITAMINE

Ettevõtte sai tellimuse klaasfassaadide, akende ning uste projekteerimisele ja tootmisele. Välisavatäited on mõeldud Rootsis asuva neljakorruselise Kohtumaja jaoks. See tähendab, et projekteerimisel tuleb jälgida Rootsi standardeid. Lähteandmeteks oli ka arhitektuurne projekt Jönköping AB poolt ning konstruktiivne projekt UPB Group poolt. Samuti tuli võimalusel hoida ühte joont eelnevalt koostatud eelarvega.

Kõik fassaadid ja avatäited on pakutud Schüco süsteemidest.

1.1 Kasutatud standardid. Normdokumendid.

Projektdokumentatsioonis on märgitud, mis standardeid peab oma töös kasutama. Siin on loetletud standardid ja normdokumendid, mida on kasutatud klaasfassaadide ja avatäidete projekteerimisel:

- EVS-EN 13830:2005 Rippfassaadid. Tootestandard;
- EVS-EN 14351-1:2006+A2:2016 Aknad ja uksed. Tootestandard, toodete omadused. Osa 1: Aknad ja välisüksed;
- SS-EN 1627:2021 Uksed, aknad, rippfassaadid, võred ja luugid. Sissemurdmiskindlus. Nõuded ja klassifikatsioon;
- EVS 842:2003 Ehitiste heliisolatsiooninõuded. Kaitse müra eest;
- EVS-EN 1990:2002+NA:2002/AC:2021 Eurokoodeks. Ehituskonstruksioonide projekteerimise alused;
- EVS-EN 1991-1-4:2005/A1:2010+A1:2010/NA:2010 Eurokoodeks 1: Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 1-4: Üldkoormused. Tuulekoormus;
- EVS-EN 1991-1-5:2004+NA:2007 Eurokoodeks 1: Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 1-5: Üldkoormused. Temperatuurikoormus;
- EVS-EN 1993-1-1:2005+A1:2014+NA:2015 Eurokoodeks 3: Teraskonstruksioonide projekteerimine. Osa 1-1: Üldreeglid ja reeglid hoonete projekteerimiseks;
- EVS-EN 1993-1-2:2006+NA:2007 Eurokoodeks 3: Teraskonstruksioonide projekteerimine. Osa 1-2: Üldeeskirjad. Tulepüsivusarvutus;
- EVS-EN 1999-1-1:2007/A2:2013 Eurokoodeks 9: Alumiiniumkonstruktsioonide projekteerimine. Osa 1-1: Üldreeglid ja reeglid hoonete projekteerimiseks;
- AMA hus 21 (Piiirdeplekkide tootmise ja paigalduse juhendmaterjal Rootsis);

- BFS 2011:10 + 2022:4 EKS12 (Rootsi elamuameti määrused ja üldised nõuded eurokoodeksite rakendamise kohta);
- Schüco kataloogid.

1.2 Rootsi vs Eesti rahvuslik lisa. Harmoniseeritud standard.

Selleks, et Euroopas müüa tooteid, peavad nad vastama Euroopa standarditele, siin hulgas ka Euroopasse väljastpoolt tulevad tooted. See tähendab, et kui tooted vastavad standardile, siis koostab tootja või tema volitatud esindaja ehitustoote kohta toimivusdeklaratsiooni ja varustab CE-märgisega [2]. Igas standardis on lahti kirjutatud [3]:

- käsitusala ehk mis toodetele see kehtib;
- normatiivviited ehk milliste standarditega koos töötab see standard, näiteks katse- või arvutusstandardid;
- terminid ja määratlused;
- omadused, mis kuuluvad toodete määramisele;
- toote tüübi määramine ja üldised nõuded tootmise korraldamise kohta;
- lisad.

Standardid kehtivad mitmel tasemel: ISO on rahvusvaheline, EN on Euroopa tase ja EVS näitab, et standard on tunnustatud Eesti Standardikeskuse poolt ehk on rahvusliku taseme standard. Kuna tegemist on Rootsi projektiga, siis peavad projekteeritud avatäidetele ja fassaadidele kehtima SS prefiksiga standardid, näiteks SS-EN 13830. [3]

Järgmine oluline aspekt on see, kuidas standardid saavad oma õigusliku jõu. Euroopa Komisjon avaldab õigusakte, mida Euroopa Parlament on kehtestanud. Teiselt poolt on olemas Euroopa Standardikomitee (CEN), mille liikmed on Euroopa riikide standardiorganisatsioonid, siin hulgas ka Eesti Standardikeskus (EVS) ja Rootsist Svenska Institutet för Standarder (SIS) [4]. Probleem on selles, et õiguslik ja Standardikomitee süsteemid ei lähe alati kokku. [3]

Harmoniseeritud ehk harmoniseeritud standard on standard, mille on kõik liikmesriigid rahvuslikul tasandil vastu võtnud ja millele viide on seejärel avaldatud Euroopa Liidu Teatajas. Seda teostab Euroopa Komisjon ning läbi selle saab harmoniseeritud standard oma õigusliku jõu. Iga standardi kohta on näidatud selle kasutuselevõtmispäev ning määratakse üleminekuperioodi selleks, et tootjad jõuaks oma tehnoloogiat viia vastavusse standardiga. Tavaliselt antakse selleks üks aasta, kuid perioodi kestvus sõltub uute nõuete keerukusest – arvestatakse uue varustuse ostmisega,

töökorralduste muutmise ja töötajate koolitamisega [5, p. 12]. Üleminekuperioodi ajal juba saab CE-märgistust väljastada. Kui see periood lõpeb, siis muutub CE-märgistamine uue standardi järgi kohustuslikuks. [3]

Eelnevalt toodud informatsioon on eriti oluline rippfassaadide projekteerimisel. EVS koduleheküljelt on leitav standard EVS-EN 13830:2005. Standardi all on koht „direktiivid või määrused“, mis viitab määrusele „305/2011 Ehitustooted“. See tähendab, et Euroopa Parlamendi ja Nõukogu määrusega nr 305/2011 just see standardi versioon tagab vastavust õigusakti nõuetega. Järelikult õiguslik jõu on praegu standardil EVS-EN 13830:2005 vaatamata kirjale „kehtetu alates 08.06.2015“ [6]. Kogu harmoniseeritud standardite nimekiri on toodud Euroopa Komisjoni leheküljel, kust on näha et rippfassaadide standard EN 13830:2003 oli Euroopas võetud kasutusele 01.12.2004 koos üheaastase üleminekuperioodiga kuni selle kohustuslikuks muutmiseks 01.12.2005 [7]. Pärast Eesti ühinemist Euroopa Liiduga rippfassaadide standard ilmus Eestis 2005. aastal, mistõttu sellele on antud Eesti Standardikeskuse poolt tähistus EVS-EN 13830:2005. Standardi uuemad versioonid, näiteks EVS-EN 13830:2015+A1:2020/AC:2022 (muudatus koos parandusega) on EVS leheküljel märgitud kui „kehtiv alates 01.06.2022“ [8], kuid seda kinnitavad määrused on puudu, mis näitab et see standardi versioon ei ole harmoniseeritud ja järelikult ei ole Euroopas CE-märgistuse aluseks. Rootsis on õiguslikult kehtiv rippfassaadide harmoniseeritud standard SS-EN 13830:2003, mis oli võetud kasutusele 09.12.2003 [9]. [3]

Kasutades harmoniseeritud standardeid, võib saada erinevaid tulemusi erinevates riikides, sest igas riigis võib olla välja antud oma rahvuslik lisa konkreetsele standardile. Näiteks, vahe tekib Eesti ja Rootsi tuulekoormuse arvutamisel erinevate meetodikate pärast. Samuti paljud standardid ei ole harmoniseeritud. Sellisel juhul kasutatakse riigis kehtiva standardi viimase versiooni.

1.3 Tolerantsid

Tolerantsidega seotud Euroopa standardite alusdokumentideks on masinaehituses kasutatavad rahvusvahelised standardid ISO 2768-1 ja ISO 2768-2. Kuna välisavadele ei ole määratud individuaalseid tolerantse, kasutatakse nende valmistamiseks eelnimetatud standardid. Nende klassifikatsiooni järgi toodetakse kronsteine tolerantsiga DIN ISO 2768-cK. Tootmises saetud materjal vastab klassile DIN ISO 2768-fK. Näiteks, saagimisel kuni kahemeetrilisi profiile jääb joonmõõt üldtolerantsile $\pm 0,5$ mm temperatuurivahemikus $20^{\circ} \pm 5^{\circ}$. Kui aga tahetakse teada kogu avatäide tolerantsi, siis peab kasutama Gaussi kõvera arvutust. Tegelikult väliskeskkonna temperatuurikoormusest tulenevad deformatsioonid on suuremad kui normaaljaotusega leitud

tolerantsid, mille pärast kogu avatäite tolerantse tavaliselt ei arvutata. Selle asemel ettevõtte arvestab avatolerantsiga ± 20 mm ja valib vastavalt sellele sobiva kinnitusviisi. [10, p. 112]

2 AVATÄIDETE JA KLAASFASSAADIDE KIRJELDUS.

TELLIJA NÕUDED

Tabelis (Tabel 1) on loetletud selles lõputöös vaadeldavad avatäited koos tellija poolt esitatud nõuetega. Lisaks sellele on kõikidel avatäidetel nõue kaalutud keskmisele soojapidavusele $U = 1,16 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kõikide avatäidete ja klaasfassaadide kogus on 64 tk, pindalaga $527,96 \text{ m}^2$. Arvutatud kaalutud keskmine soojapidavus tuleb $U = 1,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja vastab projektis nõutule. Kuidas spetsifikatsioonis toodud nõuded mõjutavad projekteerimist, on selgitatud järgmistes lõikudes põhjalikumalt.

Tabel 1. Avatäidete spetsifikatsioon

| Tähistus | Avatäide | Tuletõkke-klass | Turvaklass/klaas | Heli, dB (R _w +Ctr) | g-väärtus | Pindala, m ² | Saadud U-väärtus, W/m ² K | Kogus, tk |
|----------|--------------------|-----------------|------------------|--------------------------------|-----------|-------------------------|--------------------------------------|-----------|
| UPG01 | aken | | | 30 | 0,31 | 1,92 | 1,1 | 2 |
| UPG02 | aken | | | 30 | 0,19 | 3,14 | 1,1 | 1 |
| UPG03 | aken | | | 32 | 0,31 | 3,14 | 1,1 | 1 |
| UPG04 | aken | | | 34 | 0,19 | 3,14 | 1,1 | 1 |
| UPG05 | aken avatava osaga | | | 32 | 0,55 | 3,29 | 1,2 | 1 |
| UPG06 | aken | | | 37 | 0,55 | 3,29 | 1,1 | 1 |
| UPG07 | aken | | SK2/P6B | 30 | 0,31 | 3,43 | 1,1 | 1 |
| UPG08 | aken | | | 34 | 0,19 | 3,65 | 1,1 | 1 |
| UPG09 | aken | | | 37 | 0,19 | 3,65 | 1,0 | 1 |
| UPG10 | aken | | | 34 | 0,19 | 3,78 | 1,1 | 1 |
| UPG11 | aken | | | 32 | 0,55 | 4,31 | 1,1 | 1 |
| UPG12 | aken | Osaliselt EI60 | | 30 | 0,19 | 5,48 | 1,1 | 1 |
| UPG13 | aken | | | 30 | 0,31 | 6,65 | 1,1 | 7 |
| UPG14 | aken | | | 30 | 0,55 | 5,48 | 1,1 | 1 |
| UPG15 | aken | | | 32 | 0,31 | 6,65 | 1,1 | 7 |
| UPG16 | aken | | | 34 | 0,31 | 6,65 | 1,1 | 4 |
| UPG17 | aken | | | 30 | 0,19 | 6,65 | 1,1 | 1 |

| Tähistus | Avatäide | Tuletõkke-klass | Turvaklass/klaas | Heli, dB (Rw+Ctr) | g-väärtus | Pindala, m ² | Saadud U- väärtus, W/m ² K | Kogus, tk |
|----------|--------------------|-----------------|------------------|----------------------|-----------|-------------------------|--|-----------|
| UPG18 | aken | | | 34 | 0,19 | 6,65 | 1,1 | 3 |
| UPG19 | aken | | | 34 | 0,19 | 6,65 | 1,1 | 2 |
| UPG20 | aken | | | 32 | 0,31 | 6,65 | 1,1 | 1 |
| UPG21 | aken avatava osaga | | | 32 | 0,55 | 6,65 | 1,2 | 1 |
| UPG22 | aken | | | 30 | 0,55 | 7,23 | 1,1 | 1 |
| UPG23 | aken | | | 32 | 0,31 | 7,88 | 1,2 | 1 |
| UPG24 | aken | | SK2/P6B | 32 | 0,19 | 8,11 | 1,0 | 1 |
| UPG25 | aken | | | 32 | 0,19 | 8,11 | 1,1 | 1 |
| UPG26 | aken avatava osaga | Osaliselt EI60 | | 32 | 0,31 | 12,08 | 1,2 | 1 |
| UPG27 | aken | | SK2/P6B | 32 | 0,31 | 5,89 | 1,1 | 1 |
| UPG28 | aken | | SK2/P6B | 40 | 0,55 | 7,09 | 1,2 | 1 |
| UPG29 | aken | | SK2/P6B | 37 | 0,19 | 7,69 | 1,1 | 1 |
| UPG30 | aken | | | 37 | 0,19 | 7,69 | 1,0 | 1 |
| UPG31 | aken | | | 40 | 0,55 | 14,84 | 1,1 | 1 |
| UPG32 | aken avatava osaga | | | 32 | 0,25 | 20,69 | 1,1 | 1 |
| UPG33 | aken | | | 32 | 0,25 | 32,39 | 1,1 | 1 |
| UPG34 | aken | Osaliselt E30 | SK2/P6B | 30 | 0,25 | 37,07 | 1,1 | 1 |
| UPG35 | aken | Osaliselt EI30 | | 30 | 0,25 | 39,36 | 1,1 | 1 |
| UPG36 | fassaad | | | 34 | 0,55 | 5,28 | 1,2 | 1 |
| UPG37 | fassaad | | | 34 | 0,19 | 6,19 | 1,3 | 1 |
| UPG38 | fassaad | | | 34 | 0,19 | 6,38 | 1,2 | 1 |
| UPG39 | fassaad | | | 34 | 0,19 | 6,57 | 1,2 | 1 |
| UPG40 | fassaad | | | 37 | 0,19 | 6,57 | 1,2 | 1 |
| UPG41 | fassaad | | | 32 | 0,31 | 10,12 | 1,3 | 1 |
| UPG42 | fassaad | | | 34 | 0,31 | 11,27 | 1,2 | 1 |
| UPG43 | uks aknaga | | SK2/P6B | 32 | 0,25 | 24,40 | 1,2 | 1 |
| UPG44 | uks aknaga | | SK2/P6B | - | 0,31 | 7,54 | 1,3 | 1 |
| UPG45 | uks | | | 32 | 0,31 | 5,00 | 1,4 | 1 |

2.1 Klaasi omadused

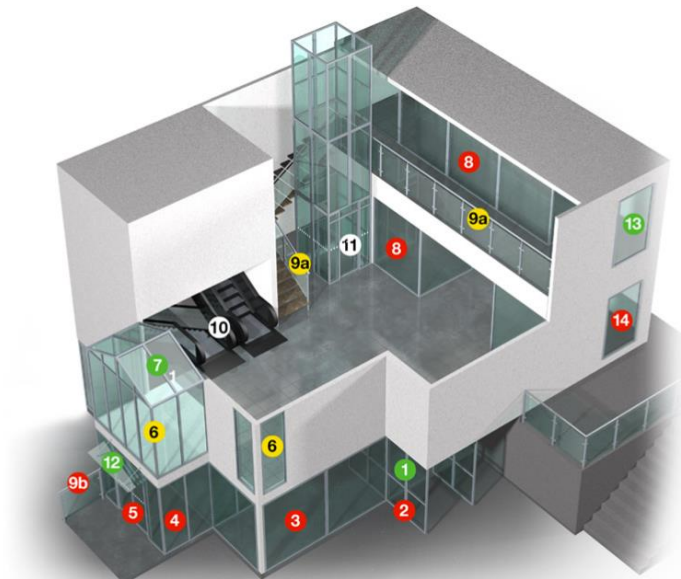
Avatäidete projekteerimine algab alati klaaside ja süsteemi valikust. Klaaside valikut mõjutavad antud projektis *U*-väärtus, *g*-väärtus, helinõue ja turvaklass.

Teades klaaspaketile esitatud nõudeid, saab optimeerida selle koostist. Guardian klaasidega tavaliselt kasutatakse programmi Guardian Glass Analytics, mis näitab pärast iga tehtud muudatust kogu paketti tehnilisi väärtusi ning baseerub Euroopa standardite järgi läbiviidud katsetel. Kogenud eelarvestaja oskab kiiresti koostada konfiguratsiooni koos vajalike tehniliste näitajatega.

Euroopas kasutatakse sissemurdmiskindluse standardit EN 1627, kus turvaklasse (*resistance class*) liigitatakse sissemurdjate kasutatavate meetodite järgi ja need on RC1N kuni RC6. Neid klasse saavad ainult tooted, mis on läbinud staatilist ja dünaamilist (klassid RC1 kuni RC3) koormamisteste ning sissetungimiskatset. Kõige tihedamini võib kohata projektdokumentatsioonis RC2 ja RC3 nõudeid. Kui RC nõuet ei ole, siis avatäitel ei pea olema isegi RC1N klassi. RC2 klass tähendab, et avatäide peab vastu pidama kolme minuti jooksul järgmistel tingimustel: tavaline sissemurdja üritab sisse pääseda ja kasutab sellel ajal lihtsaid töövahendeid, näiteks kruvikeerajat, tange, kiilu, ning võrede ja väljaulatuvate hingede puhul väikest käsisaagi; ta väldib müra riski. RC3 klassi avatäide peab vastu pidama vähemalt viis minutit. RC3 klassi puhul sissemurdja võib kasutada sõrgkangi, täiendavat kruvikeerajat, väikest haamrit, lööktorni ja mehaanilist puuri. Selle klassi sissemurdja samuti muretseb kulutatava aja ja müra pärast. Standard määrab nõudeid lukkudele ja sulustele ning esitab juhiseid tootjale paigaldusjuhendi koostamise kohta. Kuid Rootsis kasutatakse täiendatud klassifikatsioonisüsteemi SSF200, kas neljandat või viiendat versiooni, sõltuvalt projektist. Käesolevas projektis on määratud SSF200:5 ja SK2 klass (*skyddsklass*), mis vastab akende ja fassaadide RC2N klassile ning uste RC3 klassile. RC2N erineb RC2-st sellega, et N puhul pole klaasil turvanõuet ning selle turvaklassi puhul iga riik võib esitada oma nõudeid. RC2 puhul aga peab kasutama vähemalt P4A klaasi. Selles projektis on eraldi nõutud, et klaas peab olema P6B - vandalismivastane kaitseklaas. Klaasitootjad toovad välja oma kataloogides mis klaas vastab sellele nõudele. Näiteks projektis on kasutatud klaaspaketi osana 66.8 LamiGlass klaasi kogupaksusega 15 mm, mis tähendab et kaks 6 mm klaasi on liimitud kokku kaheksa polüvinüül butüraal (PVB) kiledega paksusega 0,38 mm [11, p. 236]. [12, pp. 11,20-21] [13]

Kui turvaklasse määratakse tavaliselt ainult esimese korruse välisavadele ja fassaadidele, siis iga korrusel peab jälgima isikurvalisust vastavalt Rootsi eeskirjadele BBR 8:351 kuni 8:353. Euroopas ei ole tänaseks vastu võetu ühist standardi isikurvaklaasi kasutamise kohta, kuid juba mitu aastat

on koostamisel eelstandard prCEN TS 1900-4 [14]. Viimased muudatused on selles tehtud käesoleva aasta jaanuaris. Praeguse seisuga EN standardid määravad ainult klaasi katsetamismetoodikat ja klaaside klassifitseerimist.



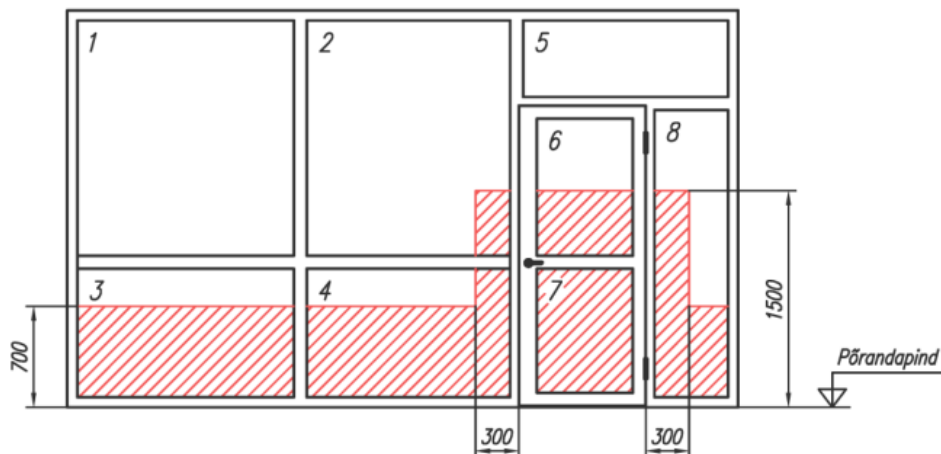
Joonis 1. Isikaturvanõuded klaaspindadele Rootsi eeskirjade järgi [15]

Näidatud joonisel (Joonis 1) on illustreeritud alad, kus on erinevate värvidega näidatud erinevad nõuded inimeste vigastamise ohu piiramiseks Rootsi eeskirjade järgi [15] [16, p. 129]:

- Punasega on näidatud klaaspinnad, millistele rakendub kaitse löikevigastuse eest. Löikevigastuse vältimiseks sobib termiliselt karastatud turvaklaas minimaalse klassiga 1(C)3 ehk vähemalt 4 mm karastatud klaas või lamineeritud turvaklaas minimaalse klassiga 2(B)2 ehk vähemalt ühe kilega laminaat. Valitud klaasi tuleb kasutada alati klaasipiiretes, sissepääsu- ja ühendusruumidel kuni 1,5 m klaaspindadel ning on lisanõuded korterite ja koolimajade jaoks, mida ei käsitleta käesolevas lõputöös.
- Kollasega on näidatud klaaspinnad, millistele rakendub lisaks löikevigastuse kaitsele ka kaitse läbi klaasi kukkumise eest. Kukkumisohuga on tegemist siis, kui kukkumiskõrgus all paikneva maapinna või põrandani on üle kahe meetri ning siis, kui vahekaugus klaasitud pinna alaserva ja põranda või maapinna vahel on alla 0,6 meetri. Ohu vältimiseks peab kasutama lamineeritud klaasi minimaalse isikuturvaklassiga 2(B)2.
- Nii punase, kui ka kollasega märgitud klaaspindadel võib olla vaja rakendada kaitset kokkupõrke eest kui klaasiväljad on suured ja neid võib segi ajada uste või avadega. Sellisel juhul peab kasutama tähistust, mis paistab välja võrreldes taustaga. Tavaliselt selleks kleebitakse klaasi peale mustri joonise.

- Rohelisega märgitud klaasidel isikurvanõuded puuduvad, kui klaasi alumise serva ja põranda vahe on 0,6 meetrit või rohkem.
- Valgega märgitud klaaspindadele rakendatakse erinõudeid, mis pole kajastatud antud lõputöös.

Eestis, nagu ka Euroopas, pole kohustusliku standardi isikurvaliste klaaside kasutamise kohta, kuid Eesti Ehitusmaterjalide Tootjate Liit koostas juhendi .AT 6-2019, mis on soovituslik avatäidete ja klaaskonstruktsioonide tootjatele. Juhendis eristatakse turva- / ohutusklaaside kasutamist üldkasutatavates ruumides ja eluruumides. Lõputöö raames vaadeldakse klaase üldkasutatavates ruumides (Joonis 2). Juhendis soovitatakse kasutada ohutusklaasi ühenduste ustes kõrguseni kuni 1500 mm. Samuti tuleb ohutusklaasi kasutada selle ukse külgnevates akendes kuni 300 mm. Põrandast mõõdetuna kõrgusel kuni 700 mm soovitatakse samuti kasutada ohutusklaasi. On eraldi välja toodud, et eeskiri kehtib klaasingu sellele poole, millega on võimalik kokku põrgata. Joonisel näidatus olukorras nõuded ei rakendu klaasidele nr 1 ja 5. Kõik ülejäänud klaasid peavad olema turva- / ohutusklaasid juhul kui avatäidete ees ei esine põrkumistakistusi. Sellel juhul käsipuu ei klassifitseeri põrkumistakistusena. Kukkumistakistuse jaoks soovitatakse kasutada lamineeritud või karastatud klaasi kuni 1,0 m kukkumiskõrgusel ning kõrgusel üle 1,0 m sobib ainult lamineeritud klaas. [17, pp. 7-8]



Joonis 2. Üldkasutatavate ruumide turva- / ohutusklaaside alad Eesti [17, p. 7]

Eesti ja Rootsi juhendid isikurvaklaasi kasutamises on väga sarnased. Rootsi eeskiri on rangem löikevigastuse vältimise suhtes ja vajab alati 1500 mm kõrgusel ohutusklaasi kasutamist, mitte ainult ukse kohal. Kahjuks, Eestis ei ole juhendi jälgimine kohustuslik nagu Rootsis ning ehitajad ei pea seda ilmingimata jälgima. Eelstandardist prCEN TS 1900-4 on näha, et suur hulk lisas toodud

soovituslike mõõte sarnaneb nii Eesti, kuid ka Rootsi eeskirjadega [14]. Tulevikus saab iga riik ise reguleerida ohutusparameetrite väärtusi oma rahvuslikus lisas.

Helinõue avatäidetele on tavaliselt esitatud R_w kujul. See on suurus, mis on määratud laboratooriumis. Katsetamisel paigaldatakse kahe kõrvuti paiknevate ruumide vahele uuritav element, mille ümber on massiivne ja hästi isoleeritud helilekketeta sein, nii et heli levik kõrvalteid pidi on minimaalne [18, p. 3]. Profiilsüsteemide tootjate jaoks on kasulik saata testidele võimalikult palju testelemente, mis iseloomustaks erinevaid profiilsüsteeme koos erinevate klaaspakettidega. Mida rohkem testraporteid on profiilsüsteemi tootjal, seda täpsema tulemuse saab oodata avatäide ekspluatatsiooni ajal. Testraportite järgi saab avatäide koostaja valida klaasi, mis vastab tellija poolt esitatud R_w väärtusele. Teste tehakse avatäidele 1,25 x 1,5 m. See tähendab, et kuna paljud klaasiväljad on sellest suuremad, siis kasutatakse standardis EVS-EN 14351-1 toodud korrektuuriteguri: akendes kuni 2,7 m² saab kasutada raportis toodud klaaspaketi R_w väärtust; akendele 2,7 kuni 3,6 m² rakendatakse korrektuuritegur „-1 dB“; akendele 3,6 kuni 4,6 m² rakendatakse korrektuuritegur „-2 dB“; ning suuremate avatäidetega peab kasutama teguri „-3 dB“. Näiteks, kui peab saavutama kogu avatäide R_w väärtust 30 dB, siis esialgu vaadatakse mis klaaspaketi R_w väärtus sobib sinna teostatud testraporti järgi, näiteks 33 dB. Seejärel hinnatakse akna suurust, mis on näiteks 4 m² ehk kasutatakse korrektuuriteguri „-2 dB“. Sellisel juhul peab otsima testraporti, mis sobiks aknale mitte 30 dB, vaid juba 32 dB. Näiteks, võib sobida klaaspakett R_w väärtusega 35 dB. Selles projektis on nõutud $R_w + C_{tr}$ väärtus. Kokku see on korrigeeritud suurus, mis arvestab maanteeliikluse müra isoleerimisega. Ennem mainitud korrektuuritegurid kehtivad ka $R_w + C_{tr}$ väärtustele. Mida madalam on elemendi $R_w + C_{tr}$ väärtus, seda vähem heli ta isoleerib ja rohkem heli läbib elemendi. Alumiiniumelementide puhul tavaliselt see jääb vahemikku 28-40 dB. [19, pp. 59,67] [20, p. 37]

Järgmine parameeter on ainuke väärtus, mis on mõeldud ainult klaasi jaoks ja ei mõjuta kogu avatäidet. Päikesefaktor ehk g -väärtus on suhtarv, mis võrdleb päikeseenergia läbivust läbi klaasi ja läbi tühja ava. Mida madalam väärtus on nõutud, seda efektiivsemaid päikesekaitse kilesid tuleb kasutada. Päikesefaktoriga koos käib tihti LT -väärtus. See on protsent nähtava valguse hulgast, mis läbib klaasi. Tavaliselt mida väiksem on g -väärtus, seda väiksem on ka LT -väärtus. Ehk mida vähem tellija tahab et tuba soojeneks päikeseenergiast, seda vähem nähtava valgust tuppa satub. Ja vastupidi mida rohkem valgust tuppa on vaja, seda kiiremini tuba soojeneb päikesest. Kuid tänapäeval saab kasutada selektiivseid kilesid, mis lasevad teatud lainepikkused läbi ja peegeldavad teisi sest päevavalgus levib lainepikkustel 380-780 nm ja soojuskiirguse lainepikkus on 780-2500 nm. Kuna ei ole mõistlik iga kord kasutada kõige kallimaid kilesid, siis valitakse mitme hulgast optimaalseim.

Antud projektis ei nõutud kindlat LT -väärtust ja klaasi konfiguratsioonis on kasutatud kiled vastavalt nõutud g -väärtusele. Kuid valiti maksimaalselt sarnase LT -väärtusega klaaspakette. [21, pp. 2,6]

Võttes arvesse eelnimetatud parameetrid, sobitatakse klaaspaketi konfiguratsioonile U -väärtust. Reeglina kahekordse klaaspaketiga on võimalik saavutada kuni $U_g = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$, kolmekordsega kuni $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Antud projektis on nõutud, et kaalutud keskmine soojapidavus $U = 1,16 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kasutades tabelit (Tabel 1), kus on toodud iga avatäite pindala, kogus ja U -väärtus, saadakse $U = 1,13 \text{ W/m}^2\text{K}$. Soojuskadu klaaspaketi servades võib olla palju suurem kui klaasi keskel, mille tõttu peab valima õige vaheliistu. Samuti aitab see hoiduda kondensaadi tekkimisest. Projektis on kasutatud Swisspacer Ultimate vaheliistud. Tuletõkkenõude korral kasutatakse roostevabasid vaheliiste. Valides klaaspaketi konfiguratsiooni peab meeles hoidma, et alumiiniumprofiilid vähendavad selle väärtust.

Paralleelselt klaasidega valitakse ka profiilisüsteem, mis peab samuti arvestama helinõude, turvaklassi ning U -väärtusega. Aknad, ukсед ja fassaadid valmistatakse erinevatest süsteemidest.

2.2 Aknad

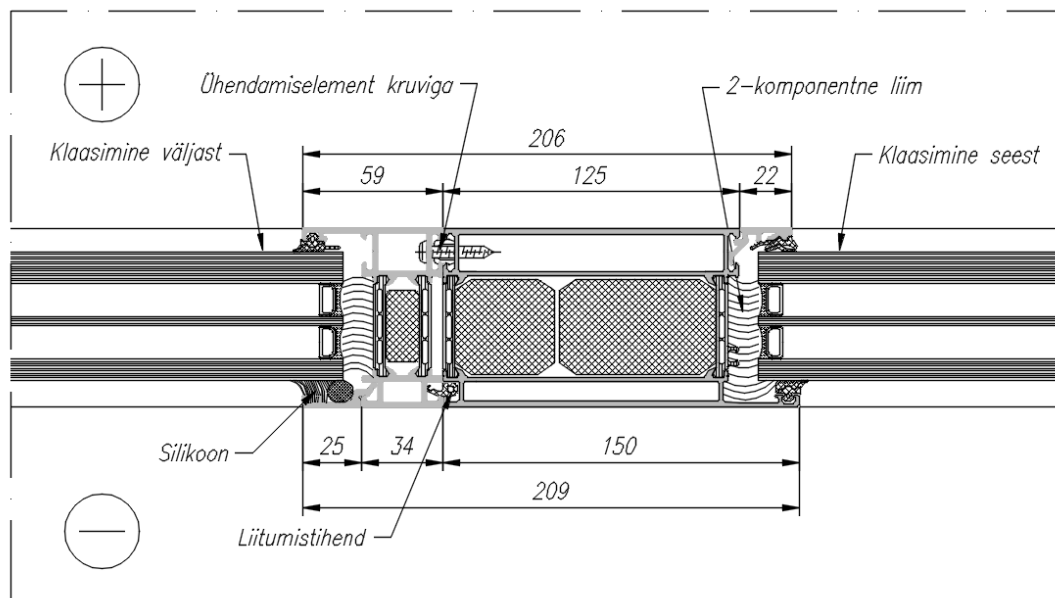
Suurem kogus avatäidetest on aknad, spetsifikatsioonis UPG01 kuni UPG35. Aknasüsteemiks on valitud Schüco AWS75.SI+, mis, nagu näitab abreviaatuur, on 75 mm sügav. Kõikidel akendel, peale kahe, on vertikaalsed vahepostid. Nende asukohta saab kontrollida nii arhitektuursete plaanide, kui ka konstruktiivse 3d mudeli järgi. Arhitektuursetest plaanidest on samuti näha, et välisseinte ette on planeeritud betoonist postid, mis peavad asuma akende vertikaalsete postide ees. See tähendab, et vertikaalseid vaheposte ei tohi nihutada ja peab jälgima nende asukohta peale tehtud muudatusi. Spetsifikatsioonist on näha, et akendele on toodud järgmised nõuete kombinatsioonid:

1. Tavaline aken madala ja keskmise helinõudega. Sellisel juhul kasutatakse standardselt valitud Schüco AWS75.SI+ süsteemi.
2. Aken avatava osaga ja madala helinõudega. Antud projektis ei ole tavapärasel tähenduses kasutatavaid aknaid, vaid on tellitud rõduuksed. Projektijärgselt rõduuksed on avatavad ainult sissepoole. Rõduuks erineb tavalisest uksest selle poolest, et rõduuksel jookseb perimeetril üks ja sama profiil, kuid tavauksel on mõeldud alla lävepakk. Samuti rõduuksel ei ole nähtavaid uksehingi, vaid on sulustusekomplekt SimplySmart nagu avataval aknal. Projektis kasutatavate rõduuste jaoks on mõeldud sissepoole link ja väljapoole tõmbkäepide koos tuule lukustusrullikuga.

3. SK2 klassi aken madala helinõudega. Schüco kataloogi järgi on aknasüsteemil kaks võimalust saavutada testitud RC2 klassi. Üks on RC klaasiliistude kasutamine koos RC klambritega (Joonis 13) ning teine variant on kasutada profiili sisse liimitud klaasi koos süsteemijärgsete klaasiliistudega. Sisse liimimine toimub ehitusplatsil. Madala helinõude saavutamiseks sobib esimene variant sest esitatud nõudeid täidab kahekordne klaaspakett.
4. SK2 klassi aken keskmise ja kõrge helinõudega. Parima heliisolatsiooni ja g-väärtuse saavutamiseks tuleb käesolevas projektis kasutada kolmekordseid klaaspakette, et oleks ka teised nõuded täidetud. Kui aga klaaspaketid on kolmekordsed, ei mahu paks klaaspaket koos RC klaasiliistudega 75 mm süsteemi. Sellisel juhul on kasutatud klaasi liimimist raami sisse (Joonis 3).
5. Aknad kõrge helinõudega. UPG28 ja UPG31 vajavad heliisolatsiooni 40 dB. Selle väärtuse saavutamiseks ei piisa tavalisest lahendusest, vaid asendatakse vaheposte lisajaotustega, kus klaasi asemel on helikindlad paneelid P1 ja postiprofiilid on kitsamad. Paneelide koostis on järgmine (välispinnast sisepinnani): terasliist 3,0 mm värvitud + RoofRock 40,0 mm + teras 2,0 mm + alumiiniumiliist 2,0 mm värvitud. Nii klaas, kui ka paneelid on nendel kahel avatäidel sisse liimitud perimeetril parema heliisolatsiooni jaoks. Kogu avatäide heliisolatsiooni väärtus on arvutatud Schüco programmiga, kuhu on sisestatud paneeli ja klaasi väärtused.
6. Aknad koos osalise tuletõkkenõudega. Antud projektis mõned aknad peavad olema tulekindlad konkreetsel lõigul. Tavaliselt see tähendab, et selles kohas akna lähedal asub tulekindel sisesein. Klaasijaotus on tehtud sellisena, et siseseina ees on aknaprofiil ning seepärast ei pea kasutama tuletõkke klaasi, vaid piisab tulekindlast profiilist. Kui aga on märgitud, et terve klaasiväli peab olema tuld tõkestav, nagu UPG34-1, siis kasutatakse sellel juhul tuletõkke klaasi. Klaasi valitakse klaasikataloogi järgi ning profiili valitakse Schüco tuletõkkesüsteemi järgi. UPG12 ja UPG26 puhul ei ole Schüco süsteemis 200 mm laia tuletõkke profiili. Selle asemel tehakse lisajaotusi, kus klaaside asemel on paigaldatud paneelid P2 ning on kasutatud kitsamaid profiile. Profiilide äärmiste punktide mõõt peab olema 200 mm et väljast ei tekkiks erisusi. Paneeli koostis on valitud Schüco kataloogi järgi: 2 x 2,0 mm värvitud alumiiniumplekk sees- ja väljaspool ning vahel 3 x 12,5 mm kipsplaadid.

Peale eelnimetatud nõuete kombinatsioone on oluline käesoleva projekti tehes pöörata tähelepanu kuni 20 m akende laiusele. Kuna alumiiniumil on suur temperatuuripaisumine, peab leidma kui pikkadeks osadeks võib jaotada avatäiteid. Selle kalkulatsioon ja lahendus on toodud osas 1.4.2 Temperatuurikoormused.

Arhitektuursete plaanide peal on näidatud, et mõnedes avades asuvad betoonpostid. Nad on projekteeritud sinna avade laiuse pärast et hoida ülevalt rakendatavat koormust. Mõnes kohas asuvad postid täpselt profiili taga ja ei sega klaasimist (Joonis 2, graafiline osa). Teistes kohtades on klaaside jaotus tehtud selliselt, et post asub klaasivälja taga (Joonis 1, graafiline osa). Avatäide profiili ja posti vahele jääb 60 mm, ühel avatäidel isegi 10 mm. Sellisel juhul klaaspakett füüsiliselt ei mahu ehitusplatsil oma kohale. Kümne millimeetrise vahega aknal võetakse täpsed mõõdud platsil ja vastavalt sellele paigaldatakse aken. Kuigi tavaliselt aknad on klaasitavad seestpoolt, just sellise olukorra jaoks on kasutatud väljast klaasitav süsteem (Joonis 3). Tegelikult see on sama AWS75.SI+ süsteem, kuid profiilid võimaldavad klaasida väljast poolt. Klaasimine toimub väljast poolt, mitte kogu avatäitel, vaid ainult posti ees asuva täidise perimeetris. Profiili järgi on näha kus on ruumi pool sest ruumipoolne kamber on alati suurem.



Joonis 3. Seest ja väljast poolt klaasimise liitumiskoht

Mõnikord esineb avatäidete projekteerimisel lisaks plahvatus- ja kuulikindlusnõue või kiirusnõue (röntgeniruumidesse plii ekvivalendiga klaas). Erilised olukorrad võivad vajada lisainformatsiooni alumiiniumsüsteemi tarnija, klaasitarnija või tellija poolt.

2.3 Uksed

Lõputöös on käsitletud projekt, milles on kolm alumiiniumust UPG43-UPG45. Nad on projekteeritud AD UP 75 süsteemist, mis on samuti 75 mm sügav ehk uksed asuvad akendega samas tasapinnas. Ustel ei ole tuletõkke- ega kõrget helinõuet. Kaks ust asuvad esimesel korrusel ning peavad vastama

RC3 klassile. Üks uks asub neljandal korrusel ja viib terrassile, mille pärast sellele ei ole turvaklassi nõuet. Uksed on tellitud sulustuseta, kuid tootmises tehakse kõik vajalikud ettevalmistused nende jaoks. Selleks jälgitakse sulustusetabeli ja vajadusel saadetakse tellijale korrektiive. Siin on mõned olulised reeglid, millele toetatakse ukse koostamisel ja sulustuse ettevalmistamisel:

- hingede kogus sõltub ukselehe (raam + klaas) kaalust ja vastab Schüco kataloogile;
- lävepaku sõlm peab olema kooskõlastatud tellijaga sest paigaldusvahe on ettenähtud ainult ülemises sõlmes. Lävepakk on seotud puhta põrandaga ning kõnealuses sõlmes ei tohi tekkida suuremat astet kui 20 mm;
- üleviikude arv ja siseläbimõõt arvestavad kaableid vajavate seadmetega ukselehes, siin hulgas magnetkontakti, turvaanduri, klaasi purunemisdetektorite ja mikrolülitiga luku jaoks;
- peab arvestama kuhu saab paigaldada kaablikõrisid (\emptyset 11,4/8,5 mm);
- lukk, vasturaud ja paigaldusplaat peavad sobima omavahel profiilisüsteemis kokku, vajadusel lisatakse sobiv paigaldusplaat;
- ukseautomaatika jaoks tehakse tugevdusi kambritesse kinnituskohdades (paigaldusjuhenditest on automaatika varre kinnitusele nõutav kogupaksus 5mm terasprofiilidel ja 6mm alumiiniumprofiilidel); arvestatakse automaatika pikkusega ehk ukseraami ülemine profiil on vähemalt sama laiusega;
- magnetkontakt peab asuma võimalikult nurgas ehk ukseleheprofiilide nurgaühendaja kõrval;
- turvaanduri jaoks tehakse süvistus profiili sisse ja kaetakse plaadiga et lukufirma saaks seda platsil kasutada turvaanduri kinnitamiseks;
- konkskeelelgi luku korral, kui kasutatakse elektriliselt avatavata vasturauda tuleb arvestada profiilipealsete katteplaatidega konksu ava katmiseks;
- RC3 ustele luku puurimiskaitse plaatide lisamine ukselehele;
- Jälgida tuleb klaasi purunemisanduri mõjupiirkonda, mille raadius on kaks meetrit ning vastavalt sellele määratakse asukoht;
- antud projektis ukse- ja aknasüsteemid on sama sügavusega, mille pärast kui ukse kohal asub klaasiväli (UPG43 ja UPG44), siis ülemise osa tuulutamiseks ei saa kasutada tuulutavasid nagu akendel, kus tekkiv kondensaad on suunatud akna alla; selle asemel tuleb kasutada profiilipealseid tuulutuskorke, mis viivad kondensaadi profiili välispinnale, mitte ukselehe ülemise profiili peale.

Uste projekteerimisel on oluline see, et nendel välisavadel on akna- ja ukseüsteemid kokku ühendatud. Ukselehe ja ukseraami koostamiseks kasutatakse ukseprofiili ning ülejäänud avatäide osa on projekteeritud aknaprofiilist nagu graafilises osas (Joonis 1, graafiline osa) toodud joonisel.

Käesolevas projektis on pakutud kolmekambriline ukseüsteem ning kahekambriline aknasüsteem. Kui aknasüsteemi teha sügavamaks kuni 90 mm, muutub isolaatori osa laiemaks ning alates 120 mm ilmub süsteemis kolmas kamber. Kuid 120 mm aknasüsteemi kasutatakse väga harva, näiteks ribakardina paigaldamiseks kahe klaaspaketi vahele. Schüco ukseüsteem laiusega 75 mm võib olla nii kahe- kui ka kolmekambriline. Selleks, et saavutada nõutud U-väärtust, on pakutud antud projektis kolmekambriline süsteem. Samuti on teada, et lähiajal läheb kahekambriline 75 mm ukseüsteem tootmisest maha nii et profiile võib olla raske saada ja tarneajad pikenevad. Kolmekambrilise süsteemi puhul saab panna sisemisse kambrit sulustust, näiteks lukk ja vasturaud ning äärmistesse kambritesse saab lisada tugevdusi ja kaitseplaate. Tavaliselt on süsteemitootjal läbi mõeldud kõik ühendused akna- ja ukseüsteemide vahel, kuid mõnikord ei saa teha kataloogijärgset lahendust. Näiteks, selle projekti ukseraami nurkades peab omavahel ühendama ukse ja aknasüsteemi profiile 90° nurga all, kus iga profiil on saetud 45° all. Tavaliselt, ühe ja sama profiili ühendamisel omavahel, on kataloogijärgne konnektori komplekt, millest üks konnektor ühendab sisemisi kambreid ja teine välimisi kambreid. Kuid uste ümber kasutatavatel profiilidel on sisemised kambrid ühe suurusega ja välimised eristuvad üks teisest 0,4 mm võrra. Antud juhul lahenduseks kasutatakse välimise konnektori töötlemist sobivaks.

Uste projekteerimisel tuleb alati jälgida vaba-ava nõuet, mis antakse ukselehe 90-kraadise avanemise korral. Selles projektis on esimese korruse ustel vaba-ava laius on 1150 mm. Kui UPG44 puhul saab reguleerida ukse laiust kõrval asuva mitteavatava akna arvelt nihutades vaheposti asukohta, siis UPG43 ukse jaoks on projekteeritud ava välisseina sisse (Joonis 1, graafiline osa). Ava projekteerimisel ei arvestatud vajamineva ava laiusega ning tellijal tuleb suurendada ava. Neljanda korruse ukse vaba-ava nõue on vähemalt 800 mm, mis on täidetud. Vaba-ava saab teha suuremaks siis, kui valida kitsamaid ukseraami profiile, kuid see võib mõjutada ukse U-väärtust. Vaba-ava kõrgus 2000 mm on täidetud kõikidel ustel.

2.4 Klaasfassaadid

Antud lõputöös käsitletud fassaadid UPG36-UPG42 on projekteeritud süsteemist FWS 50.SI, mille profiilid on 50 mm ning SI näitab, et soojapidavuse jaoks kasutatakse paremaid isolaatoreid. Projektis kasutatakse fassaade, mille kuju on sektoritest koosnev kaar (Joonis 3, graafiline osa). Lihtsustamise mõttes edaspidi nimetatakse neid kumerateks, kuigi riiglite profiil ei ole painutatud ning klaas pole sirge. Klaaside vaheline nurk tekkib vertikaalse posti juures, kus kasutatakse kumeraid tihendeid nii postil kui ka surveleistel.

Sandwich-paneeli kihtide järgi on tuletatud fassaadi asetust välisseina suhtes. Klaas ja paneel moodustavad ühise joone koos ava servades oleva 30-millimeetrilise soojustusribaga. Kuna klaasfassaadi kohal ja all on sein kumer, siis on aluseks võetud plaanil näidatud seina raadius ja on kontrollitud klaasfassaadi sektorite sobivust soojustusribaga. Fassaadis tekkinud nurgad pole ühesugused, erinevus tekib sellest, et fassaadiväljad ehk kõõlud ei ole ühe laiusega, millest tulenevalt ringjoonel moodustuvad erinevad nurgad.

Klaasfassaadid kinnitatakse kronsteinidega alt ja ülevalt. Alumise kronsteini valmistamiseks kasutatakse postiprofiili jaoks sobiva jätkuprofiili pikkusega 175 mm koos 5 mm terasplaadiga. Terasplaat kinnitatakse jätkuprofiilile kasutades M8 polte. Kronsteinid fikseeritakse hoone konstruktsioonile läbi kahe kinnituspunkti. Peale seda kontrollitakse riiglite kõrgust ning fikseeritakse fassaadipost jäigalt alumise kronsteini külge kasutades spetsiaalseid Schüco polte. Ülemised kronsteinid kinnitatakse sarnaselt, väljaarvatud jäik fikseerimine Schüco poldiga, kinnitus peab jääma liikuv.

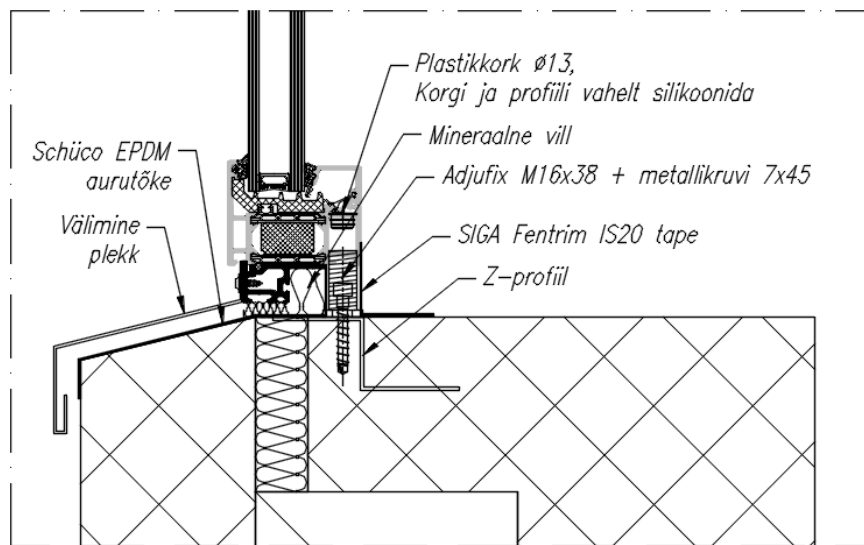
Kõnealuste klaasfassaadide projekteerimisel peab erilist tähelepanu juhtima klaaside mõõtudele ja riiglite kujule. Riiglid joonestatakse välja ühekaupa arvestades profiilide omavahelise ühendusega. Postidel on kindlal kõrgusel kinnitatud C-kujulised ühendusdetailid, mille kaudu kinnitatakse riiglid postiga. Tekkinud kombinatsioonis võtavad postid vastu tuulekoormust ja riiglite kaudu edasikantavat omakaalukoormust.

Schüco fassaadsüsteemides on ette nähtud tuulutussüsteem, milleks on Schüco kataloogijärgsed tuulutusrinad üleval ja all. Tuulutusrinade kaudu on võimalik süsteemist ära juhtida sinna tekkiv kondensaat.

2.5 Konstrueerimisprotsessi kirjeldus

Avatäidete konstrueerimist alustatakse projektiga tutvumisest. Konstruktor saab projekti- või müügijuhilt lähteülesande koos projektdokumentatsiooniga, sealhulgas arhitektuursed joonised, spetsifikatsioonid ja seletuskiri. Tekkinud küsimuste korral pöörduakse tellija poole ja alustatakse kooskõlastusjooniste tegemist. Joonised peavad valmima tähtaegselt ja tellijaga kokkulepitud vormistuses. Käesolevas projektis vajasid kooskõlastamist avatäidete mõõdud, profiilid, akende jaotised, aknalinkide kõrgus, tuletõkke nõuetele vastavus, fassaadide kuju, vaba-ava saavutamine ja teised küsimused. Sõltuvalt projekti eripärast võivad vajada kooskõlastamist ka värvid, kogused, klaasid, täidised, avanemised, sulustus või muud erilahendused. [22, pp. 4-5]

Eraldi probleemiks oli akende ja uste kinnitamisviis (Joonis 4). Nende kinnitamiseks avasse kasutatakse ettevõttes standartlahendusena Adjufix-i. See on hülss, mida kinnitatakse raami lengiprofiili kindla sammuga, nende abil rihitakse avatäited ning kinnitatakse avasse betoonkruvidega. Vajadusel lisatakse paigalduskiilud. Kuna soojapidavuse mõistes on mõttekas paigaldada aknaid selliselt, et klaaspaketid ja seina soojustus asuks ühes tasapinnas, satub Adjufix liiga lähedale betoonservale. Sellisel juhul oleks saanud kasutada ESSVE paigaldusplaati, et kinnituskoht jääks betooni servast kaugemale. Kuid antud projektis see lahendus ei sobi järgmistel põhjustel: seinte servades on 3° kalle; mõned avatäited vajavad RC klassi; arhitekt ei taha näha katmata kinnitusplaate ruumis sees. Kuna esialgselt oli arvestatud teise alumiiniumsüsteemi tootjaga, olid sandwich-paneelides ette tehtud z-kujulised terasprofiilid, mille abil saaks avatäiteid kinnitada avasse. Kuid nende samm ei sobi Schüco akende kinnitamiseks tootja paigaldusjuhendi järgi. Kooskõlastusjooniste valmistamisel oli kokkulepitud kasutada z-profiile ning suuremate sammude puhul lisatakse tellija poolt lisakinnituspunktid. Sellele lahendusele oli saadud luba projekterija, kes esindab tellijat. [23] [24]



Joonis 4. Akna alumine sõlm

Järgmine samm avatäidete ja kaasfassaadi projekteerimises on materjali tellimus. Peale kooskõlastusjooniste valmimist, tellitakse materjal avatäidete tootmiseks. Profiilide optimeerimisel arvestatakse 5 mm paksuse saetega ja 20 mm maha lõikamisega kumbastki otsast. Viimane on tingitud profiili pikkuste erinevusest, rullimise tolerantsidest, profiilide värvimise tehnoloogiast. Projekt on sisestatud Schüco enda programmi Schücal, mis on nii eelarve koostamise, kui ka kooskõlastusjooniste ja tootejooniste abiks. Programmist on saadud materjali väljavõte, mis arvestab optimeerimise eelseadistega. Mõned materjalid ei ole programmis automaatselt sisestavad ning on ka

selliseid, mis ei ole süsteempärased, näiteks kinnitusdetailid. Sellel juhul saab arvutada materjale Autocad-i abil kasutades käsu „bcount“. Suurtel projektidel jagatakse materjali tellimust osadeks vastavalt eelnevalt kooskõlastatud plaani järgi. Materjali tellimust kontrollitakse kaks korda vigade elimineerimiseks. [22, p. 3]

Pärast materjali tellimist koostatakse tootejooniseid. Neid tehakse kooskõlastusjooniste ja platsilt saadud tegelikke mõõtude põhjal. Tootejoonistel täpsustatakse kõik detailid: uuesti optimeeritakse lõikepikkusi võttes arvesse uusi mõõte, täpsustatakse materjale, näidatakse profiilide töötlust, joonestatakse välja erikujulisi profiile ja detaile (näiteks, puurimiskaitse plaadid). Kõvera fassaadi puhul joonestatakse iga riigel eraldi. Kui joonised saavad valmis, võetakse peaprojekterija allkiri ja juhul kui materjal on jõudnud kohale, edastatakse joonised tootmisesse. Klaaspakette tellitakse alles siis, kui kõik ebatäpsused on reguleeritud, kõik erisõlmed on täpsustatud ning klaaside mõõdud enam ei muutu. Samuti tellitakse materjale, mis ei ole Schüco süsteemijärgsed. [22, p. 5]

Paigaldusjoonistel näidatakse kõikide kinnitite asukohad, nende kogus ning paigaldamise järjekord. Koostatakse avatäidete ja klaasfassaadide skeem korruste kaupa, kus näidatakse avatäidete ja vajadusel kinnituskohtade asukoht hoone telgede suhtes. Enne paigaldamist koostatakse tabel koos kõikide vajalike paigaldustarvikute tellimusega. [22, p. 6]

3 TUGEVUSARVUTUSED

Käesolevas lõputöös kajastatakse teostatud tugevusarvutuste lahenduskäike koos analüüsiga. Kõigepealt on arvatud, mis tuulekoormus mõjub avatäidetele ja klaasfassaadidele Eestis ja Rootsis. Selle järgi on arvatud fassaadi riigli ning aknaprofiili vajalik inertsimoment. Seejärel on teostatud riigli arvutus läbivajumisele omakaalust ning kuna antud projektis on laiad aknad, tehti ka temperatuurikoormuse arvutus.

Lõputöös ei ole toodud üksikute kinnituste ning klaasfassaadide kronsteinide tugevusarvutusi seetõttu, et lõputöö maht peab jääma lubatud piiridesse. Samuti lõputöös ei käsitleta horisontaalkoormust rinnatisele ja barjäärile ehk „käsipuukoormust“. See on koormus, mis mõjub konstruktsioonidele kuni 1,2 m kõrguseni ning selle väärtus sõltub ruumide kasutusklassist. Antud juhul $q_k = 1,0$ kN/m. Kuna kasus- ja tuulekoormust ei tohi rakendada samaaegselt ning aknad asuvad kõrgusel 800 mm puhtast põrandast, siis horisontaalset koormust rinnatisele ja barjäärile võib arvestada marginaalseks. [25, pp. 15,46]

3.1 Tuulekoormuse arvutus ja võrdlus Eestis ja Rootsis

Tuulekoormus on üks põhilistest koormustest, mida arvutatakse välisavatäidetele. Käesolev lõputöö on hea võimalus võrrelda omavahel kahe riigi rahvuslikke lisasid, nende meetodeid ja saadud tulemusi. Tuulekoormust arvutatakse Eesti rahvusliku lisa järgi, ette kujutades et hoone võiks asuda Tallinnas, ja võrreldakse tuulekoormusega, mida saadakse Rootsis, Norrköpingis.

Tuulekoormust arvutatakse EN 1991-1-4 standardi järgi. Tõenäosus, et esineb suurim tuulekoormus mida arvutatakse standardi järgi, on 0,02, mis teeb keskmiselt üks kord 50 aasta jooksul. Tuulekoormus sõltub paljudest komponentidest. Projektdokumentatsioonis on antud tuulekoormuse arvutamiseks maastikutüüp III ehk maastik on kaetud ehitistega, mille vaheline kaugus ei ole suurem 20-kordsest kõrgusest. [26, p. 19]

3.1.1 Tippkiirusrõhu arvutus Eestis

Kui hoone asuks Eestis, siis kehtiks sellele tuule põhiline baaskiirus $v_{b,0} = 21$ m/s. See on normatiivne 10 minuti keskmine tuulekiirus, mis on mõõdetud 10 meetri kõrgusel maapinnast tüübile II vastaval maastikul. Tuule baaskiirus v_b (m/s) arvestab suuna- ja aastateguritega (1) [26, p. 20]:

$$v_b = c_{dir} \times c_{season} \times v_{b,0}, \quad (1)$$

- kus c_{dir} - suunategur, Eestis =1,0;
 c_{season} - aastaajategur, Eestis =1,0;
 $v_{b,0}$ - tuule põhiline baaskiiruse väärtus, m/s.

$$v_b = 1,0 \times 1,0 \times 21 = 21 \text{ m/s.}$$

Kohtumaja kõrgus maapinnast on $z = 17,8\text{m}$. Järgmise valemiga leitakse keskmise tuulekiiruse v_m (m/s) kõrgusel z maapinnast (2) [26, p. 21]:

$$v_m(z) = c_r(z) \times c_0(z) \times v_b, \quad (2)$$

- kus $c_r(z)$ - karedustegur;
 $c_0(z)$ - pinnavormitegur, siin =1,0;
 v_b - eelnevalt leitud tuule baaskiirus, m/s.

Karedustegur $c_r(z)$ arvestab hoone kõrgusega maapinnast ja maapinna karedusega. Selle leidmiseks kasutatakse ühte kahest valemist (3) (4) [26, p. 22]:

$$c_r(z) = k_r \times \ln(z/z_0) \quad \text{kui } z_{min} \leq z < z_{max}, \quad (3)$$

- kus k_r - maastikutüübitegur;
 z_0 - karedusmõõt;
 z_{min} - miinimumkõrgus vastavalt maastikutüübile;
 z_{max} - maksimumkõrgus, mis on standardi järgi 200 m.

või

$$c_r(z) = c_r(z_{min}) \quad \text{kui } z < z_{min}, \quad (4)$$

Standardis toodud tabeli 4.1 järgi on $z_0 = 0,3 \text{ m}$ ning $z_{min} = 5,0 \text{ m}$. Antud juhul $17,8 \text{ m}$ on suurem kui $5,0 \text{ m}$, järelikult tuleb kasutada valemi (3). Kontrolliks:

$$5 < 17,8 < 200.$$

Maastikutüübiteguri k_r leitakse valemiga (5) [26, p. 22]:

$$k_r = 0,19 \times \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07}, \quad (5)$$

kus $z_{0,II} = 0,05$ m (maastikutüüp II).

$$k_r = 0,19 \times \left(\frac{0,3}{0,05}\right)^{0,07} = 0,2154.$$

Siit järgneb (3):

$$c_r(z) = 0,2154 \times \ln(17,8/0,3) = 0,8795.$$

Nüüd saab arvutada keskmise tuulekiiruse vajalikul kõrgusel (2):

$$v_m(z) = 0,8795 \times 1,0 \times 21 = 18,4679 \approx 18,5 \text{ m/s.}$$

Standardi jaotises A.3 käsitletud pinnavormiteguriga ei pea arvestama sellepärast et hoone on projekteeritud tasasele pinnale. Kohtumaja on ümbritsetud 4-6 korruseliste eluhoonetega ehk kõrguse poolest see ei eristu kahekordselt naaberhoonetest, mille pärast ei pea arvestama protseduuriga jaotises A.4 „Lähestikku asetsevad ehitised“. Samuti ei arvestata jaotisega A.5 „Kõrgusnihe“ sest et protseduur kehtib hoonetele IV maastikutüübiga. [26, p. 24]

Järgmine vajalik parameeter on tuule turbulents. Juba teades hoone kõrguse ja miinimumkõrguse võrratust, valitakse standardist sobiv turbulentsi intensiivsuse $I_v(z)$ valem (6) [26, p. 25]:

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) \times \ln(z/z_0)} \quad \text{kui } z_{min} \leq z < z_{max}, \quad (6)$$

kus k_I - turbulentsitegur, Eestis = 1,0.

$$I_v(z) = \frac{1,0}{1,0 \times \ln(17,8/0,3)} = 0,2449.$$

Kõik eelnevalt saadud väärtused on vajalikud tippkiirusrõhu $q_p(z)$ (kN/m²) arvutamiseks (7) [26, p. 25]:

$$q_p(z) = [1 + 7 \times I_v(z)] \times \frac{1}{2} \times \rho \times v_m^2(z), \quad (7)$$

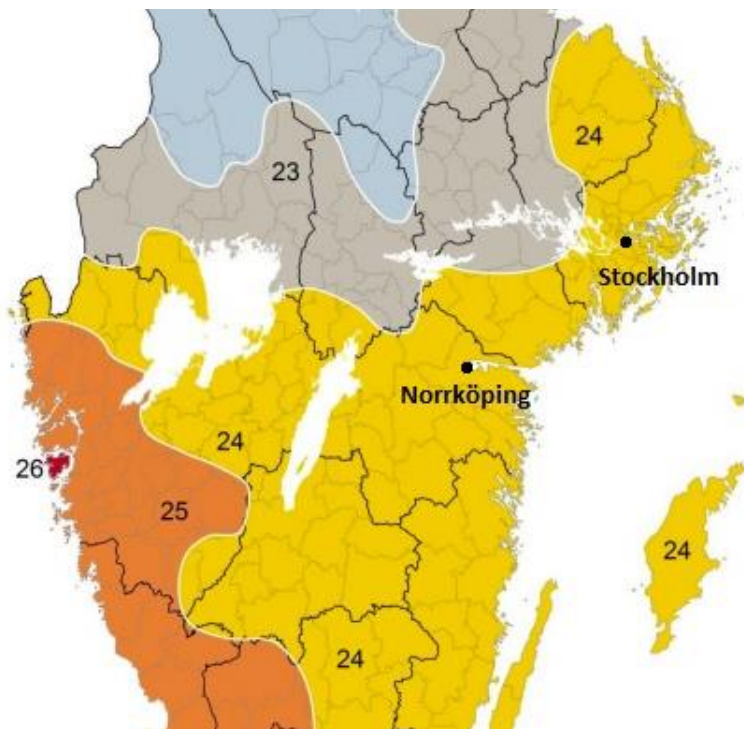
kus ρ - õhu tihedus, Eestis = 1,25 kg/m³.

Tippkiirusrõhu väärtus Eestis on järgmine (7):

$$q_p(17,8) = [1 + 7 \times 0,2449] \times \frac{1}{2} \times 1,25 \times 18,5^2 = 578,667 \text{ N/m}^2 = 0,5787 \text{ kN/m}^2.$$

3.1.2 Tippkiirusrõhu arvutus Rootsis

Kuna järgmised sammud peale tuulekoormuse arutamist on standardi järgi sarnased Eesti ja Rootsi jaoks, siis kõigepealt leitakse tippkiirusrõhku Norrköpingis. Rootsi rahvuslikust lisast on leitud, et Norrköpingis on tuule põhiline baaskiirus 24 m/s (Joonis 5) [16, p. 48].



Joonis 5. Tuule põhiline baaskiirus Norrköpingis 24 m/s [16, p. 48]

Kohtumaja ei ole ajutine ehitus ja tuulekoormust arvutatakse mitte ehitamise ajaks, vaid see hakkab rakenduma kogu hoone eksploatatsiooni ajal, sellisel juhul valitakse suurema c_{season} aasta jooksul, mis on 1,0. Samuti $c_{dir} = 1,0$. Rootsis tuule baaskiirus on järgmine (1) [16, p. 49]:

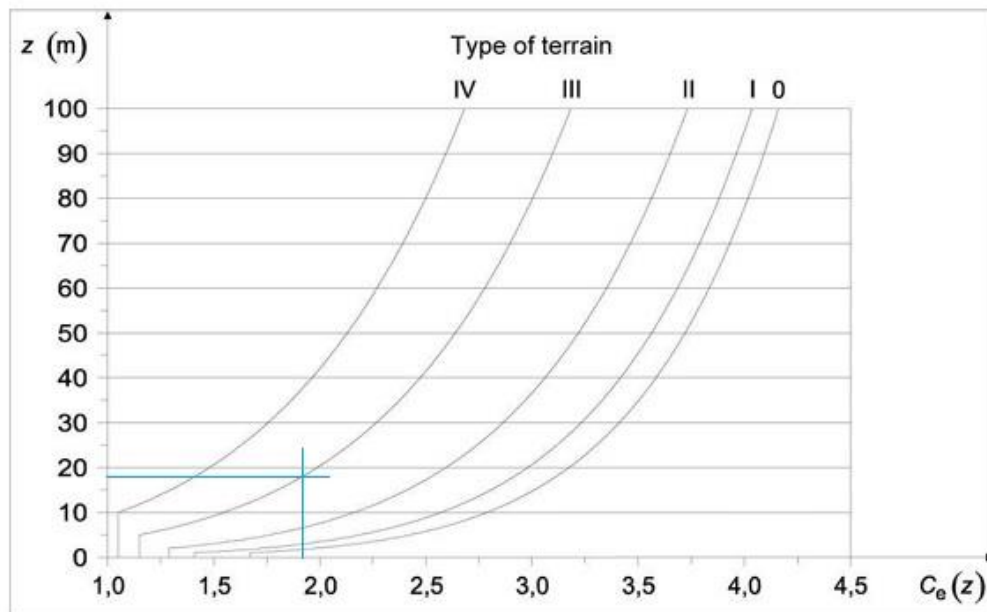
$$v_b = 1,0 \times 1,0 \times 24 = 24 \text{ m/s.}$$

Juhul, kui ei pea arvestama jaotisega A.3, lubatakse kasutada $c_0(z) = 1,0$ ja valemi (8) [16, p. 50]:

$$q_p(z) = c_e(z) \times q_b, \quad (8)$$

kus $c_e(z)$ - kestustegur, mis on leitav alloleva graafiku järgi (Joonis 6);

q_b - keskmine tuule baaskiirusrõhk, kN/m^2 .



Joonis 6. Kestustegur $c_e(z)$ III maastikutüübi ja 17,8 m hoonele on 1,9 [16, p. 51]

Keskmine tuule baaskiirus q_b (N/m^2) on omakorda leitav valemiga (9) [26, p. 25]:

$$q_b = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2, \quad (9)$$

kus ρ - õhu tihedus, Rootsis = $1,25 \text{ kg/m}^3$;

v_b - eelnevalt leitud Rootsi tuule baaskiirus, m/s .

$$q_b = 1/2 \times 1,25 \times 24^2 = 360 \text{ N / m}^2 .$$

$$q_p (17,8) = 1,9 \times 360 = 684 \text{ N / m}^2 = 0,684 \text{ kN / m}^2 .$$

Alternatiivina või kontrolliks saab tulemust mitte arvutada valemite abil, vaid võtta väärtust Rootsi rahvuslikus standardis toodud tabelist (Joonis 7). [16, p. 53]

| v_b (m/s) | z (m) | Terrain category | | | | |
|----------------|---------|------------------|------|------|------|------|
| | | 0 | I | II | III | IV |
| | 95 | 1,37 | 1,32 | 1,22 | 1,04 | 0,87 |
| | 100 | 1,38 | 1,33 | 1,23 | 1,05 | 0,89 |
| 24 | 2 | 0,71 | 0,62 | 0,46 | 0,41 | 0,38 |
| | 4 | 0,83 | 0,75 | 0,59 | 0,41 | 0,38 |
| | 8 | 0,96 | 0,88 | 0,73 | 0,51 | 0,38 |
| | 12 | 1,04 | 0,96 | 0,82 | 0,60 | 0,42 |
| | 16 | 1,10 | 1,02 | 0,88 | 0,66 | 0,48 |
| | 20 | 1,14 | 1,07 | 0,93 | 0,72 | 0,53 |
| | 25 | 1,19 | 1,12 | 0,99 | 0,77 | 0,59 |

Joonis 7. Tuule baaskiiruse 24 m/s, III maastikutüübi ning 16- ja 20 meetriliste hoonete tippkiirusrõhu väärtused, kN/m² [16, p. 53]

Kahe kõrguse tippkiirusrõhu väärtuste lineaarsel interpoleerimisel vastab 17,8 meetrile 0,687 kN/m². Edaspidi võib kasutada suuremat väärtust, kuid on näha, et tavaliselt ümardatakse rõhk kuni kaks kohta peale koma. Sellest tuleb erinevus 0,003 kN/m², mis mängib oma rolli.

3.1.3 Tuulerõhu arvutus Eestis

Pärast tippkiirusrõhku leidmist tuleb pöörata tähelepanu iga avatäidele eraldi. Välisrõhutegurid $c_{pe,1}$ ja $c_{pe,10}$ sõltuvad pindalast, millele rakendub tuulekoormus. $c_{pe,1}$ on koefitsient, mis vastab 1 m² või väiksema koormuspinna jaoks ning tavaliselt on mõeldud kinnitusedetailide, näiteks kronsteinide arvutamiseks. $c_{pe,10}$ on mõeldud 10 m² ja suuremate pindade jaoks ning seda kasutatakse hoone kandekonstruktsioonide arvutamiseks tervikuna. Antud juhul projekteeritakse avatäiteid, millede pindalad on kas vahemikus 1-10 m² või on üle 10 m². Akendel, mis on üle 10 m², kasutatakse välisrõhuteguri $c_{pe,10}$. Teiste avatäidete tegureid leitakse standardis toodud valemiga (10) [26, p. 36]:

$$c_{pe} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \times \log_{10} A, \quad (10)$$

kus $c_{pe,1}$ - 1 m²-le vastav välisrõhutegur valitud tsoonis;

$c_{pe,10}$ - 10 m²-le vastav välisrõhutegur valitud tsoonis;

A - avatäide pindala, m².

Valemi kasutamise jaoks tuleb leida, millises tuuletsoonis asub iga avatäide. Selleks tuleb tutvuda hoone geomeetriaga. Kohtumaja kõrgus on 17,8 m maapinnast. Paljudes hoone välisnurkades asuvad kumerad fassaadid. Kuna standardis ei ole eeskirju tuulekoormuse arvutamisele tekkinud olukorras

ja tuuletesti selles projektis ei tehta, võib lihtsustatult määrata kumeratele fassaadidele A tsooni. Ehk tavalisel 90° nurgal arvutatakse tuuletsoone standardijärgselt. Kumerates nurkades aga pikendatakse A tsoone kaares olevate seinte välisraadiuse võrra ja nihutatakse B tsoone selle pikkuse võrra, jättes B tsooni laiust samaks. Veel üks oluline märge on see, et iga korruseplaan erineb teistest oma kuju järgi. Seetõttu on otsustatud selles projektis realistlikuma tuulekoormuse saamiseks arvutada tsoonide laiust esimese korruse mõõtude järgi. Näiteks, kuigi neljandal korrusel seinad on lühemad, A tsooni laiust arvutatakse esimese korruse mõõtude järgi ning lisatakse vajadusel nurgaseina välisraadiuse pikkus. Lisaks sellele, arvutatakse välisavatäited kõige ohtlikuma tsooni järgi, mis võib tekkida avatäide asukohas. See tähendab, et lõigus, kus tekkib C tsoon kui tuul puhub hoone lühemast küljest, võib tekkida arvuliselt suurem tuulekoormus D tsoonina kui tuul puhub vastu laiemat seinat. Kuna paljude profillide tuulepind on väiksem kui 1 m^2 , siis on võetud suurema väärtusega välisrõhutegurid $c_{pe,1}$ ning sellel juhul B ja D tsoonides on kasutatud ühte ja sama tuulekoormus. Tuuletsoonide jaotust saab vaadata graafilises osas (Joonis 4, graafiline osa).

Hoone laiem külg on 63,54 m ja lühem külg 22,74 m. Mõõdud on võetud esimese korruseplaan järgi arvestamata tagumise garaažiga, mis esineb ainult esimesel korrusel ja ei tekita suuremat tuulekoormust järgmistel korrustel.

$$\begin{cases} h = 17,8 \text{ m;} \\ b = 22,74 \text{ või } 63,54 \text{ m.} \end{cases}$$

Sellisel juhul kõrgus on alati väiksem kui tuule ristihis asuv laius. Seepärast kasutatakse standardi järgi tippkiirusrõhku, mis on eelnevalt arvutatud kogu hoone kõrgusele ehk $q_p(z) = q_p(17,8) = 0,5787 \text{ kN/m}^2$. Kõigepealt jagatakse välisseinte pindala tsoonideks vastavalt standardis toodud juhiste. Kui tuul puhub vastu lühema külge, siis laiemal küljel tekkivad tsoonid A, B ja C:

$$e = \min \begin{cases} b = 22,74 \text{ m} \\ 2h = 17,8 \times 2 = 35,6 \text{ m} \end{cases} = 22,74 \text{ m} < d = 63,54 \text{ m.}$$

Kui tuul puhub vastu laiema külge, siis kitsamal küljel tekkivad tsoonid A ja B:

$$e = \min \begin{cases} b = 63,54 \text{ m} \\ 2h = 17,8 \times 2 = 35,6 \text{ m} \end{cases} = 35,6 \text{ m} > d = 22,74 \text{ m.}$$

Tekkinud tsoonide välisrõhutegurid (Joonis 8):

| Tsoon | A | | B | | C | | D | | E | |
|-------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
| h/d | $c_{pe,10}$ | $c_{pe,1}$ | $c_{pe,10}$ | $c_{pe,1}$ | $c_{pe,10}$ | $c_{pe,1}$ | $c_{pe,10}$ | $c_{pe,1}$ | $c_{pe,10}$ | $c_{pe,1}$ |
| 5 | -1,2 | -1,4 | -0,8 | -1,1 | -0,5 | | +0,8 | +1,0 | -0,7 | |
| 1 | -1,2 | -1,4 | -0,8 | -1,1 | -0,5 | | +0,8 | +1,0 | -0,5 | |
| $\leq 0,25$ | -1,2 | -1,4 | -0,8 | -1,1 | -0,5 | | +0,7 | +1,0 | -0,3 | |

Joonis 8. Välisrõhutegurid ristkülikukujulise põhiplaaniga hoone vertikaalsetele seintele [26, p. 39]

Tuulekoormused arvutatakse kõikidele avatäidetele. Siin näitena võetakse aken UPG24, mille pindala on $8,1 \text{ m}^2$. See asub A tsoonis kui tuul puhub risti laiema külje ja tsoonides D/E kui tuul puhub risti kitsama külje. Tsoonides A, D ja E on c_{pe} tegurid järgmised (10):

$$A: c_{pe} = -1,4 - (-1,4 + 1,2) \times \log_{10} 8,1 = -1,218;$$

$$D: c_{pe} = 1,0 - (1,0 - 0,8) \times \log_{10} 8,1 = +0,818;$$

$$E: c_{pe} = -0,700.$$

Välispinnale mõjuva tuulerõhku w_e (kN/m^2) arvutatakse valemiga (11) [26, p. 27]:

$$w_e = q_p(z) \times c_{pe}, \quad (11)$$

kus $q_p(z)$ - eelnevalt leitud Eesti tippkiirusrõhk, kN/m^2 ;

c_{pe} - igale avatäidele iseloomulik välisrõhutegur.

Projektis ei ole erinõudeid siserõhuteguritele ning tellija lubas kasutada $c_{pi} = \begin{cases} +0,2 \\ -0,3 \end{cases}$.

Sisepinnale mõjuva tuulerõhu w_i (kN/m^2) valem (12) [26, p. 27]:

$$w_i = q_p(z) \times c_{pi}, \quad (12)$$

kus $q_p(z)$ - eelnevalt leitud Eesti tippkiirusrõhk, kN/m^2 ;

c_{pi} - siserõhutegur.

Arvestades sellega, et neto-tuulerõhk koosneb sise- ja välispindadele mõjuva tuulerõhu komponentidest, arvutatakse UPG24 neto-tuulerõhk w_{neto} (kN/m^2) vastavalt tsoonidele:

$$w_{neto,A,Eesti} = 0,5787 \times (-1,218 - 0,2) = -0,82 \text{ kN/m}^2;$$

$$w_{neto,D,Eesti} = 0,5787 \times (+0,818 + 0,3) = 0,65 \text{ kN/m}^2;$$

$$w_{neto,E,Eesti} = 0,5787 \times (-0,700 - 0,2) = -0,52 \text{ kN/m}^2.$$

3.1.4 Tuulerõhu arvutus Rootsis

Teostatud tuulerõhu arvutust saab kasutada ka Rootsi tuulerõhu arvutuse jaoks, kuid Rootsi rahvuslikus lisas on 2019 aastal tulnud üks oluline märge. Juhul, kui hoone kõrgus on suurem kui hoone maastikutüübi soovitatud z_{min} , mis on III maastikutüübil 0,5 m, siis saab kasutada iga avatäide jaoks sellele iseloomuliku faktilise kõrguse, mitte kogu hoone kõrgust [16, p. 56]. Ehk iga korrusel asuva avatäide arvutamise jaoks võib kasutada avatäide ülemise avaserva kõrgust. Sellel juhul esimesel korrusel asuva UPG24 akna välisrõhutegur on tabeli (Joonis 7) ja lineaarse interpoleerimise järgi $q_p(6,05) = 0,4613 \text{ kN/m}^2$:

$$w_{neto,A,Rootsi} = 0,4613 \times (-1,218 - 0,2) = -0,66 \text{ kN/m}^2;$$

$$w_{neto,D,Rootsi} = 0,4613 \times (+0,818 + 0,3) = +0,52 \text{ kN/m}^2;$$

$$w_{neto,E,Rootsi} = 0,4613 \times (-0,700 - 0,2) = -0,42 \text{ kN/m}^2.$$

3.1.5 Eestis ja Rootsis tuulekoormuse tulemuste võrdlus

Kui võrrelda omavahel Eesti $q_p(z) = 0,5787 \text{ kN/m}^2$ ja Rootsi $q_p(z) = 0,6870 \text{ kN/m}^2$ tippkiirusrõhu koormuseid, on näha et 3 m/s tuulekiirus ja väike erinevus arvutusmetoodikas tõstavad Rootsi tippkiirusrõhku üle 18% suuremaks võrreldes Eestiga, kuid pärast seda olukord muutub.

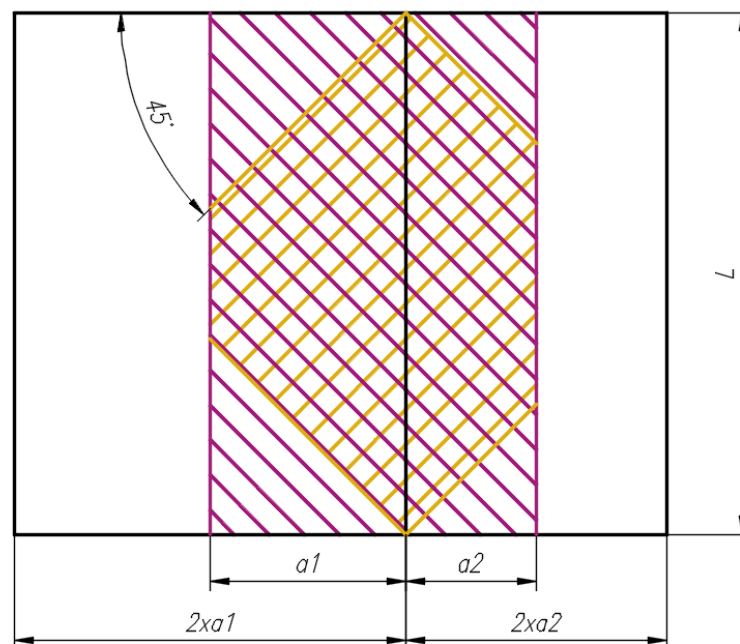
Tuulerõhu arvutuses Rootsi standard lubab kasutada metoodikat konstruktsiooni kõrguse järgi. Võrreldes esimese korruse avatäiteid tuuletsoonis A, saame positsiooni UPG24 puhul järgmised koormused: Eestis $w_{neto,Eesti} = 0,82 \text{ kN/m}^2$ ja Rootsis $w_{neto,Rootsi} = 0,66 \text{ kN/m}^2$. Järelikult, mõjutab Rootsis kasutatav metoodika oluliselt tuulekoormuse väärtust juhul kui avatäited asuvad viimasest korrusest madalamal. Kuna ülejäänud tuulerõhu arvutuskäik on samasugune rahvuslike lisade järgi, on loogiline et Rootsis oleks neljandal korrusel suurem tuulekoormus kui on Eestis arvutatud koormus.

3.2 Inertsimomendi arvutus

Inertsimomendi leidmine on fassaadi- ja aknasüsteemidel erineva ülesehituse tõttu erinev. Inertsimoment sõltub pindalast, mille rakendatakse koormused – selles on akende ja fassaadide erinevus. Akendel tuulekoormust jaotatakse klaaspaketi ümber asuvate profiilide vahel. Fassaadidel aga kannavad tuulekoormust enamasti postid.

3.2.1 Arvutus aknaprofiilile

Inertsimomendi arvutust teostatakse akna UPG24 näitel. Selleks leitakse pindala, millele on rakendatud tuulekoormus, mis on üle kantud konkreetsele profiilile. Akende ja uste puhul kehtib joonisel (Joonis 9) kollasega näidatud tuulekoormuse jaotuse skeem.



Joonis 9. Tuulekoormuse pindala määramine aknasüsteemile (kollane) ja fassaadile (roosa)

Sellisel juhul on mõistlik leida profiili, millele vastab suurim tuulekoormuse ala. Graafilises osas (Joonis 2, graafiline osa) on toodud UPG24 joonis koos tuulepindaladega. Suurim tuulepindala on 1,36 m². Kui tuulepindala on leitud, võib arvutada valitud profiili läbivajumist. Kuigi läbivajumise piirväärtused on määratud ainult fassaadile, võib sama väärtusi kasutada akende ja uste profiilide arvutamiseks. Vastavalt harmoniseeritud standardile rippfassaadide maksimaalne frontaalne läbipaine f tuulekoormusest on [27, p. 8]:

- $f_{lub} \leq L/200$, kui $L \leq 3000$ mm;

- $f_{lub} = 15 \text{ mm}$, kui $L \geq 3000 \text{ mm}$.

Standardi uuemas versioonis, mis ei ole harmoniseeritud, on leebemad reeglid [28, p. 20]:

- $f_{lub} \leq L/200$, kui $L \leq 3000 \text{ mm}$;
- $f_{lub} = 5 \text{ mm} + L/300$, kui $3000 \text{ mm} < L < 7500 \text{ mm}$;
- $f_{lub} \leq L/250$, kui $L \geq 7500 \text{ mm}$.

Sellest tulenevalt on hetkel kehtiva standardi EN13830 järgi 10 meetrilisel profiilil lubatud läbipaine 15 mm, kuid uuema kehtetu standardi järgi see võiks ulatuda kuni $10000/250 = 40 \text{ mm}$. Lisaks sellele võetakse arvesse klaaspaketi soovitusliku maksimaalse läbipaine 1/100. Suurim läbipaine oht on õhukestel klaasidel suure koormusega. Klaaspaketi läbipainet saab arvutada programmiga Mepla.

Inertsimomendi $I_x \text{ (cm}^4\text{)}$ valem Schüco kataloogist (13):

$$I_x = \sum \frac{w \times L^4 \times a_n \times \left[25 - 40 \times \left(\frac{a_n}{L} \right)^2 + 16 \times \left(\frac{a_n}{L} \right)^4 \right]}{1920 \times E \times f_{lub}}, \quad (13)$$

kus w - tuulekoormus, kN/m^2 ;

E - elastsusmoodul, alumiiniumil $70\,000 \text{ N/mm}^2$;

L - tala pikkus, cm ;

f_{lub} - lubatud läbipaine, cm ;

a_n - koormuse tõus, cm .

Akna UPG24 vertikaalsete profiilide kõrgus on $H = 1950 \text{ mm}$, mis on väiksem kui 3000 mm ja selle $f_{lub} \leq L/200 = 1950/200 = 9,75 \text{ mm}$. Suurem tuulekoormus rakendub postile, mis on 1350 mm ja 600 mm klaasiväljade vahel. Sellisel juhul $a_1 = 67,5 \text{ cm}$ ja $a_2 = 30,0 \text{ cm}$. A tsoonis on postile vajalik inertsimoment $I_x \text{ (cm}^4\text{)}$ Eesti tuulekoormuse järgi vastavalt valemile (13):

$$I_{x1} = \frac{0,82 \times 195^4 \times 67,5 \times \left[25 - 40 \times \left(\frac{67,5}{195} \right)^2 + 16 \times \left(\frac{67,5}{195} \right)^4 \right]}{1920 \times 70\,000 \times 0,975} = 12,48 \text{ cm}^4;$$

$$I_{x2} = \frac{0,82 \times 195^4 \times 30,0 \times \left[25 - 40 \times \left(\frac{30,0}{195} \right)^2 + 16 \times \left(\frac{30,0}{195} \right)^4 \right]}{1920 \times 70\,000 \times 0,975} = 6,53 \text{ cm}^4;$$

$$I_{x1} + I_{x2} = I_x = 12,48 + 6,53 = 19,01 \text{ cm}^4.$$

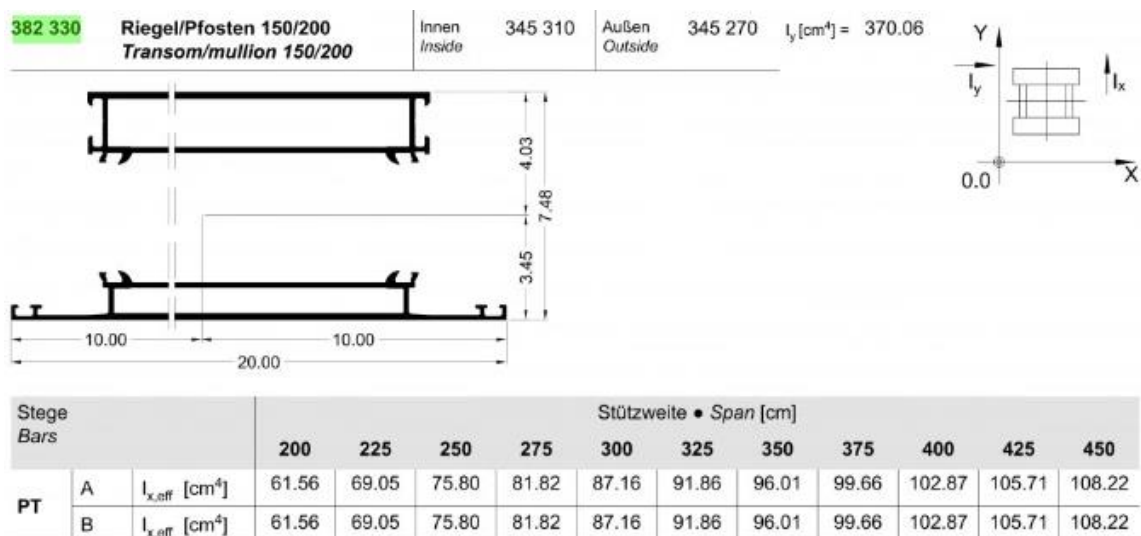
Rootsi tuulekoormuse arvutusel muutub ainult tuulerõhu väärtus (13):

$$I_{x1} = \frac{0,66 \times 195^4 \times 67,5 \times \left[25 - 40 \times \left(\frac{67,5}{195} \right)^2 + 16 \times \left(\frac{67,5}{195} \right)^4 \right]}{1920 \times 70\,000 \times 0,975} = 10,05 \text{ cm}^4;$$

$$I_{x2} = \frac{0,66 \times 195^4 \times 30,0 \times \left[25 - 40 \times \left(\frac{30,0}{195} \right)^2 + 16 \times \left(\frac{30,0}{195} \right)^4 \right]}{1920 \times 70\,000 \times 0,975} = 5,26 \text{ cm}^4;$$

$$I_{x1} + I_{x2} = I_x = 10,05 + 5,26 = 15,31 \text{ cm}^4.$$

Järgnevalt on toodud profiili efektiivse inertsimomendi väärtused tootekataloogist (Joonis 10). Tabelist on näha, et mida suurem on vahekaugus kinnituspunktide vahel, seda suurem on aknaprofiili inertsimoment. Kui profiil oleks tehtud termokatkestuseta ühes tükis, oleks inertsimoment konstantne sõltumata kinnituspunktide vahekaugusest. Kui aga aknaprofiil koosneb kahest profiilist, mis on omavahel ühendatud isolaatoriga, peab lähtuma standardis EVS-EN 14024 lisa C toodud valemitega [29, p. 27]. Schüco on teinud teoreetilisi arvutusi, mis vastavad standardile. Raportist on näha, et efektiivne inertsimoment muutub vahemikus 200 kuni 450 cm. Kui on profiili pikkus väiksem kui 200 mm või suurem kui 450 mm, inertsimomendi väärtused muutuvad minimaalselt ehk 1950 mm pikkuse profiili arvutuslik inertsimoment on 61,56 cm⁴. Rootsi rahvusliku lisa järgi on inertsimoment 15,31 cm⁴, järelikult antud profiil sobib.



Joonis 10. Profiili 382 330 inertsimoment sõltuvalt profiili pikkusest

Tavaliselt sisestades tuulekoormuse väärtusi Schücal programmi, suudab programm ise arvutada igale profiilile vajaliku inertsimomendi ning pakub sobilike profiile. Kuid igaks juhuks arvutatakse tuulekoormust üle profiilidele, millel vajalik inertsimoment on lähedal maksimaalsega.

3.2.2 Arvutus fassaadipostile

Kõige suurem klaasiväli on fassaadil UPG42 (Joonis 3, graafiline osa). Kuna täidise osad kõikides kumerates fassaadides erinevad üksteisest umbes ± 2 mm, valitakse profiil, millele mõjub suurim tuulekoormus ainult klaasivälja järgi. Antud juhul suurim tuulepindala on $0,4531 \times 2,8 = 1,268 \text{ m}^2$. Fassaadide puhul kasutatakse tuulekoormuse pindalana joonisel (Joonis 9) roosaga näidatud ala.

Selleks, et arvutada inertsimomenti, tuleb leida fassaadile mõjuv tuulerõhk. Fassaad UPG42 asub neljandal korrusel ning, nagu kõik kumerad fassaadid, asub ka see A tsoonis. Siin võib kasutada $z=17,8$ m nii Eesti, kui ka Rootsi puhul. UPG42 pindala pinnalaotuses on $11,64 \text{ m}^2$ ehk kasutatakse $c_{pe,10} = -1,2$. Kasutades valemeid (11) ja (12), saadakse neto-tuulerõhk Eestis ja Rootsis:

$$w_{neto,A,Eesti} = 0,5787 \times (-1,2 - 0,2) = -0,8102 \text{ kN/m}^2;$$

$$w_{neto,A,Rootsi} = 0,6870 \times (-1,2 - 0,2) = -0,9618 \text{ kN/m}^2.$$

Posti pikkus on 2,8 m. Vastavalt harmoniseeritud standardile EN 13830 maksimaalne lubatud läbipaine on $L/200 = 14$ mm. Fassaadi puhul kehtib järgmine vajaliku inertsimomendi I_x (cm^4) valem (14) [30, p. 57]:

$$I_x = \frac{5 \times q_k \times L^4}{384 \times E \times f_{lub}}, \quad (14)$$

kus q_k - normatiivne tuulekoormus, kN/m;

L - profiili pikkus, cm;

E - elastsusmoodul, alumiiniumil $70\,000 \text{ N/mm}^2$;

f_{lub} - lubatud läbipaine, mm.

Vastavalt valemile (14) on arvatud Eestis ja Rootsis vajalik inertsimoment:

$$I_{x,Eesti} = \frac{5 \times (0,8102 \times 0,4531) \times 280^4}{384 \times 70\,000 \times 14} = 29,98 \text{ cm}^4;$$

$$I_{x,Rootsi} = \frac{5 \times (0,9618 \times 0,4531) \times 280^4}{384 \times 70\,000 \times 14} = 35,59 \text{ cm}^4.$$

Projektis on kasutatud fassaadiposti, mille inertsimoment on $88,68 \text{ cm}^4$. See on konstantne väärtus sõltumata profiili pikkusest. Valitud profiil sobib antud fassaadidel kasutamiseks suure varuga.

3.3 Riigli arvutus läbipaindele

Harmoniseeritud EN13830 standardi järgi vertikaalkoormusest põhjustatud läbipaine ei tohi ületada $L/500$ või 3 mm. Tuleb kasutada neist väiksemat piirväärtust. [27, p. 8]

Riigli läbivajumine toimub nii klaasi koormusest, kui ka riigli omakaalust. Kuna kõik klaasiväljad fassaadidel ei ületa laius 600 mm, siis tuuakse näiteks olukord kõige raskema klaasiga. Kõige raskem klaaspakett on fassaadis UPG40 ning selle valem on 6kar/Xtreme 50-22 +4 +66.1(A) -12Ar Swisspacer Ultimate (must). See tähendab, et väljaspool kasutatakse karastatud klaasi paksusega 6 mm koos selektiivkilega Xtreme 50 – 22; keskmine klaas on 4 mm ning toapoolne kiht on kokku lamineeritud kahest kuuemillimeetrilisest klaasist koos nendevahelise ühe akustilise kilega. Vaheliistud on 12 mm ning klaaside vahel on argoon.

Klaasikaalu komponendi $f_{g,tegelik}$ (cm) arvutatakse Schüco kataloogis toodud valemiga (15):

$$f_{g,tegelik} = \frac{F \times a \times (3 \times L^2 - 4 \times a^2)}{24 \times E \times I_y}, \quad (15)$$

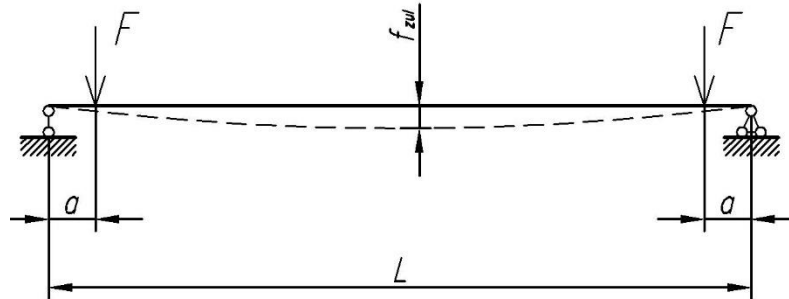
- kus F - igale klaasitallale mõjuv koormus, N;
- a - klaasitalla kaugus riigli otsast, minimaalselt 12 cm;
- L - riigli pikkus, cm;
- I_y - riigli inertsimoment, cm^4 ;
- E - elastsusmoodul, alumiiniumil $7 \times 10^6 \text{ N/cm}^2$.

Klaaspaketi pindala on $1,09 \text{ m}^2$. Klaaspaketi kaal jaotub kahele klaasitallale. Seega igale tallale mõjuv koormus F (N) arvutatakse teades paketi pindalat, klaaside paksust ja klaasi tihedust:

$$F = \frac{1,09 \times (6 + 4 + 12) \times 2,5}{2} = 30,0 \text{ kg} = 300,0 \text{ N}.$$

Kasutatava riigli inertsimoment vertikaalses suunas on $25,59 \text{ cm}^4$. Riigli pikkus on $59,7 \text{ cm}$ ja kaal on $1,93 \text{ kg/m}$.

Valemi jaoks on olemas Schüco kataloogis selgitatav joonis (Joonis 11).



Joonis 12. Riigli läbivajumist klaasikoormusest selgitav joonis Schüco kataloogist, kus: F – klaasikoormus; a – klaasitalla kaugus riigli otsast; L – riigli pikkus; f_{zul} – riigli tegelik läbivajumine klaasikoormusest

Riigli läbivajumine klaasikoormusest on järgmine:

$$f_{g,tegelik} = \frac{300 \times 12 \times (3 \times 59,7^2 - 4 \times 12^2)}{24 \times 70\,000 \times 100 \times 25,59} = 0,0009 \text{ cm} = 0,009 \text{ mm}.$$

Riigli läbivajumine riigli omakaalust $f_{r,tegelik}$ (cm) on arvatav valemiga (16) [30, p. 57]:

$$f_{r,tegelik} = \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E \times I_y}, \quad (16)$$

kus q - riigli omakaal, N/cm;

L - profiili pikkus, cm;

E - elastsusmoodul, alumiiniumil $7 \times 10^6 \text{ N/cm}^2$;

I_y - riigli inertsimoment, cm^4 .

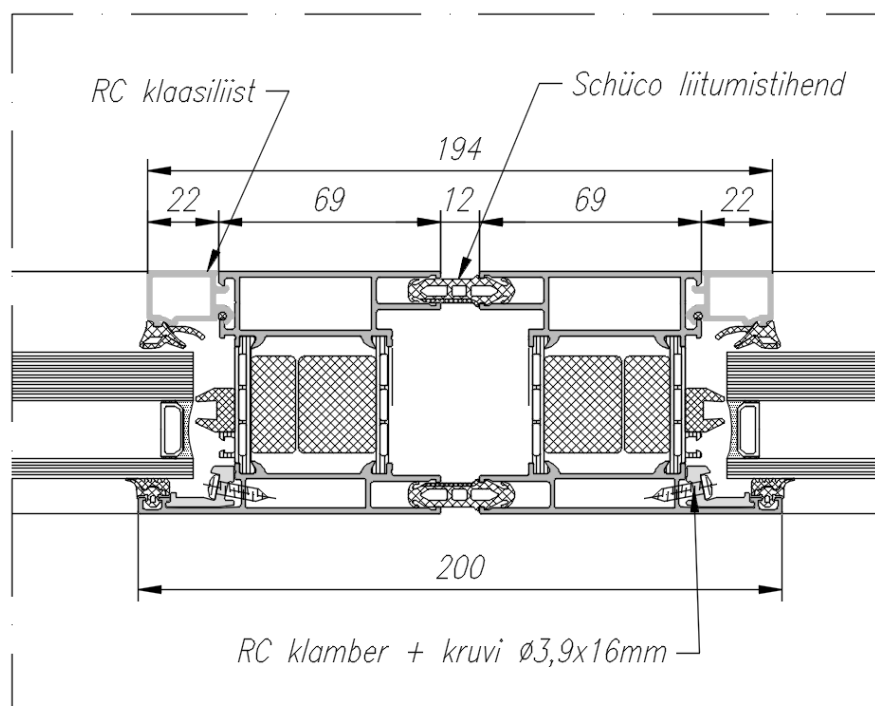
Riigli läbivajumine riigli omakaalust on järgmine:

$$f_{r,tegelik} = \frac{5 \times 0,193 \times 59,7^4}{384 \times 7 \times 10^6 \times 25,59} = 0,0002 \text{ cm} = 0,002 \text{ mm}.$$

Riigli summaarne läbivajumine on $0,009+0,002=0,011$ mm. See on väiksem kui standardis lubatud $L/500=597/500=1,190$ mm. Kui kõige suurema koormuse korral jääb riigil läbivajumine lubatud piiridesse, siis järelikult sobib see riigel kogu projekti jaoks.

3.4 Temperatuurikoormus

Mõnede akende laius on üsna suur, kuni 20 m, sellest tulenevalt peab kontrollima, mis on maksimaalne akna laius, mida võib paigaldada ühe tükina. Mõõdu saab arvutada kasutades standardit EN 1991-1-5. Alumiiniumil on suur joonpaisumistegur, mille tõttu temperatuuri tõusmisel materjal tunduvalt pikeneb ja temperatuuri langemisel lüheneb. Aknaprofiilid koosnevad välimisest ja sisemisest alumiiniumkambritest ning keskel paikneb isolatsioon (Joonis 13). Lisaks sellele iga alumiiniumpoole sees on õhukambrid - üks kamber sisemisest ja üks välisest poolel. See teeb soojushajuvust ebaühtlaseks ning ka nende põhjuste pärast temperatuurimuutumisel võib profiil painduda kõveraks. Temperatuurikoormuse mõju arvutamisel võib vaadelda sisemist ja välist profiiliosa eraldi. Selles peatükis võrreldakse soojuspaisumisest tingitud profiili pikenedamist/lühenemist Rootsi ja Eesti rahvuslikes lisades toodud väärtuste abil.



Joonis 13. Tihendiga profiilide ühendamine (liikuv ühendus)

Selleks, et leida maksimaalset profiili pikkust, peab teadma, mis on selle profiili lubatud pikenedamis- ja lühenemispikkused. Välisosa jaoks on määrav mitte äärtes paigaldatav mineraalvill, vaid

liitumistihend. Temperatuuri tõusul on tihendil 10 mm liikumisruumi; temperatuuri langemisel tihend peab täitma oma funktsiooni ja katma vuugi ehk profiilid ei tohi lüheneda rohkem kui 7 mm.

Euroopa standardis on toodud allolev tabel (Tabel 2) et leida maksimaalne ja minimaalne välisõhu temperatuur. Välisavad asuvad maapinnast kõrgemal. Mõlemad Eesti ja Rootsi rahvuslikud lisad soovivad kasutada standardis toodud lahendust T_{out} ja T_{in} otsimiseks.

Tabel 2. Standardi näidistemperatuurid T_{out} hoonete maapealsetele osadele [31, p. 16]

| Hooaeg | Oluline tegur | Temperatuur T_{out} , °C |
|--|---------------------|----------------------------|
| Suvi | Erk hele pind | $T_{max} + T_3$ |
| | Hele värviline pind | $T_{max} + T_4$ |
| | Tume pind | $T_{max} + T_5$ |
| Talv | | T_{min} |
| Märkus. Maksimaalse õhutemperatuuri T_{max} , minimaalse õhutemperatuuri T_{min} , ja päikesekiirguse mõjude T_3 , T_4 ja T_5 väärtused võib ette anda rahvuslikus lisas. Andmete puudumisel on 45° ja 55° põhjalaiuste vaheliste piirkondade puhul soovitatav kasutada väärtusi $T_3 = 0^\circ\text{C}$, $T_4 = 2^\circ\text{C}$ ja $T_5 = 4^\circ\text{C}$ kirdepoolsete elementide puhul ja väärtusi $T_3 = 18^\circ\text{C}$, $T_4 = 30^\circ\text{C}$ ja $T_5 = 42^\circ\text{C}$ edelapoolsete või horisontaalsete elementide puhul. | | |

Avatäidete värv on RAL1035 (pärlibeež) nii seest, kui ka väljastpoolt. Seda saab klassifitseerida kui hele värviline pind. Samuti arvestatakse siin kirdepoolsete elementidega sest nad soojenevad päikese käes kõige rohkem ja esindavad paremini olukorda kogu hoone ulatuses.

3.4.1 Temperatuurikoormuse arvutus Eestis

Kõigepealt arvutatakse profiilipikkust juhul, kui objekt asuks Tallinnas. Võrreldakse tootmistemperatuuri koos Tallinna välistemperatuuridega suvel ja talvel. Profiili lõigatakse vajaliku pikkusega tootmises keskmise temperatuuri juures $T_0 = 20^\circ\text{C}$.

Tabeli (Tabel 2) järgi on valitud valem, mis arvestab heleda värvilise pinnaga ning selle järgi suvisel hooajal maksimaalne õhutemperatuur on järgmine [31, pp. 16,42]:

$$T_{out,suvi} = T_{max} + T_4 = 32 + 30 = 62^\circ\text{C}.$$

Valemis on kasutatud maksimaalset õhutemperatuuri Tallinnas rahvusliku lisa järgi 32°C . Minimaalne õhutemperatuur on Tallinnas sama standardi järgi [31, pp. 16,42]:

$$T_{min} = T_{out,talv} = -32^{\circ}\text{C}.$$

Peale seda saab leida, mis on tootmistemperatuuri ja juba paigaldatud akende välistemperatuuri vahe:

$$\Delta T_{suvi} = 62 - 20 = 42^{\circ}\text{C};$$

$$\Delta T_{talv} = 20 - (-32) = 52^{\circ}\text{C}.$$

Seejärel kasutatakse profiili pikenemise valemit ja selle järeldust (17):

$$\Delta l = \alpha \times L_0 \times \Delta T, \quad (17)$$

kus α - joonpaisumistegur, $\alpha_{Al} = 24 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$;

L_0 - varda algpikkus, mm;

ΔT - temperatuuri tõus, $^{\circ}\text{C}$.

$$\Delta l = \alpha \times L_0 \times \Delta T \rightarrow L_0 = \frac{\Delta l}{\alpha \times \Delta T}.$$

Võttes kõik andmed kokku, leitakse maksimaalsed lubatud profiili pikkused talvel ja suvel:

$$L_{0,suvi} = \frac{10}{24 \times 10^{-6} \times 42} = 9920,6 \text{ mm};$$

$$L_{0,talv} = \frac{7}{24 \times 10^{-6} \times 52} = 5608,9 \text{ mm}.$$

Kuna talvel tekib suurem temperatuuride vahe võrreldes algtemperatuuriga, on profiili lubatud esialgne pikkus väiksem kui suvel. Edaspidiseks võrdluseks võib kasutada ainult talvisest temperatuurikoormusest tingitud profiilipikkust ehk ümardatult 5,6 m.

3.4.2 Temperatuurikoormuse arvutus Rootsisis

Tegelikult Kohtumaja asub Norrköpingis. Rootsi rahvusliku lisa järgi on antud linnas maksimaalne temperatuur $T_{max} = 38^{\circ}\text{C}$ ning minimaalne temperatuur $T_{min} = -34^{\circ}\text{C}$ [16, pp. 63,65]. Tabeli (Tabel 2) järgi suvise ja talvise välisõhu temperatuurid on järgmised:

$$T_{out,suvi} = T_{max} + T_4 = 38 + 30 = 68^{\circ}\text{C}.$$

$$T_{min} = T_{out,talv} = -34^{\circ}\text{C}.$$

Samamoodi kui Eestis leitakse temperatuuride vahed:

$$\Delta T_{suvi} = 68 - 20 = 48^{\circ}\text{C};$$

$$\Delta T_{talv} = 20 - (-34) = 54^{\circ}\text{C}.$$

Profiili maksimaalsed pikenemised on leitavad järgmiselt (17):

$$L_{0,suvi} = \frac{10}{24 \times 10^{-6} \times 48} = 8680,5 \text{ mm};$$

$$L_{0,talv} = \frac{7}{24 \times 10^{-6} \times 54} = 5401,2 \text{ mm}.$$

Samamoodi nagu Eestis, suvine välisõhu temperatuur lubab kasutada pikemat profiili, kuid peab edaspidiselt kasutama minimaalset lubatud profiilipikkust ehk ümardatult 5,4 m.

3.4.3 Silikoonvuuk

Veel üks oluline tegur, mis võib mõjutada lubatud profiilipikkust on avatäide perimeetril paigaldatud silikoonvuuk. Akende montaaži jaoks on planeeritud külgedele ja ülemisele servale 20 mm vuuk ning alumisele servale 30 mm vuuk. Ruumis ei tohi profiil pikeneda ja lüheneda rohkem kui 20% silikoonvuugi pikkusest ehk 4 mm igalt poolt ehk kokku 8 mm.

Standard ei anna kindla arvutamismetoodikat tekkinud olukorrale. Antud juhul aken on enamajaolt läbipaistev konstruktsioon ning läbi selle soojus satub tuppa ja alumiiniumprofiili ruumipoolsele osale. Välisklaaspaketid on tavaliselt selektiivkiledega, mis tähendab et nad piiravad päikesenergia läbivust. Päikesepoolsete akende projektis nõutud g-väärtus on 0,55. Toas ei pea arvestama madala profiilitemperatuuriga, vaid ainult ülekuumenemisega. Võib koostada valemi, kus profiili temperatuur toapoolsel osal sõltub toa sisetemperatuurist ning profiili peale sattuvale päikesekiirguse mõjust (Tabel 2) koos selektiivkile mõjuga. See valem ei ole täpne, vaid annab ettekujutuse temperatuurist sisemisel aknapinnal. Sama valemi kasutatakse Eesti ja Rootsi jaoks:

$$T_{in,suvi} = T_{in} + T_4 = 20 + 30 \times 0,55 = 36,5^{\circ}\text{C}.$$

Temperatuurivahe koos tootmises saadud profiilipikkusega on järgmine:

$$\Delta T_{suvi} = 36,5 - 20 = 16,5^{\circ}\text{C}.$$

See tähendab, et silikoonvuugiga võib kasutada maksimaalse pikkusega profiili:

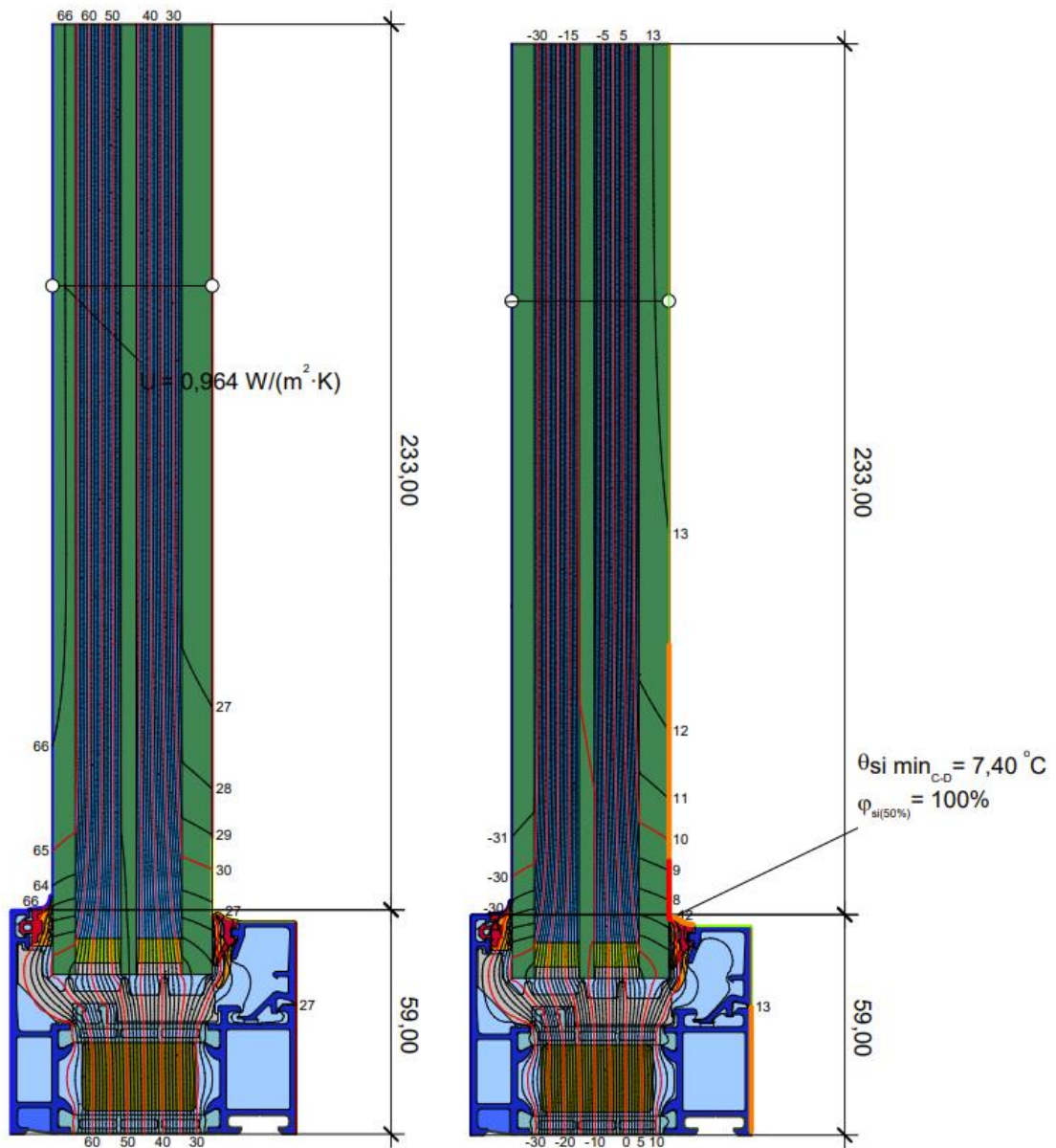
$$L_{0,suvi} = \frac{8}{24 \times 10^{-6} \times 16,5} = 20202,0 \text{ mm.}$$

3.4.4 Profiili pikkuse valik tulenevalt arvutustest

Temperatuurikoormuse arvutustest tuleneb, et Rootsis saab eeltoodud tingimustega teha maksimaalselt 5,4 m laia avatäite. Eestis oleks saanud teha 5,6 m, sest Eestis on soojemad talved. Koormus mõjutab ainult aknaid, sest ukсед ei ole nii laiad ja fassaadid juba koosnevad mitmest osast. Antud juhul suuremat mõju profiilipikkuse valikule on avaldanud talvine temperatuur ning profiilivärvi valik. Tumedatel pindadel tekib tavaliselt ohtlikum olukord suvisel ajal. Suuremaid aknaid saab teha arvestades soojuspaisumisega. Selleks aknad on jaotatud maksimaalselt 5,4 meetri laiusteks osadeks, mis on omavahel seotud liitumistihendiga. Antud lahendus nivelleerib soojuspaisumisest tingitud deformatsioone kuni arvatud väärtuseni. Aknaprofiili sisemine temperatuur ei mängi rolli aknajaotuste tegemises sest seespool silikoonitud vuugile avalduv mõju on väike. Kui aknad oleksid silikoonitud väljastpoolt, siis temperatuurivahest tuleneval koormusel oleks suurem mõju.

Allpool on toodud Flixo programmiga tehtud simulatsioon (Joonis 14), kus on näidatud, mis toimub aknaprofiilis maksimaalset ja minimaalse Norrköpingis määratud välisõhu temperatuuride juures. Minimaalse välisõhu temperatuuri juures tekkib akna sisepinnal kondensaat (märgitud punasega) kui ruumis on niiskus 50%. Oranžiga on märgitud kohad, kus võib samuti tekkida kondensaat kui õhuniiskuse protsent tõuseb. Kõige külmem temperatuur on aknanurgas ja see on +7,4°C. Kuid selline temperatuur ja kondensaat tekivad ainult kõige madalama välisõhu temperatuuri juures. Tegelikult standardi järgi peab arvutama avatäite soojapidavust kui õues on 0°C ja toas +20°C. Joonisel on näidiseks võetud kolmekordne klaaspakett, mis ei ole kõige soojem selles projektis kasutatavatest klaasidest. Kuid selline pakett täidab kõiki esitatud nõudeid ja selle U_T -väärtus on 0,964 W/m²K. Kui oleks vähem ekstreemne temperatuur, siis ei tekkiks kondensaati. Maksimaalse välisõhu temperatuuri juures on näha, et isotermid jaotuvad sarnaselt minimaalse temperatuuri jaotusega: ainult alumiiniumprofiil üksi sooja ei hoi, vaid oluline temperatuurimuutus toimub isolaatorite ja klaaspaketi õhukambrite joonel.

Flixo programm ei arvesta soojuskiirgusega läbi klaasi, vaid ainult sise- ja välisõhu temperatuuridega. Sellepärast joonisel ei kajastu profiili sisemise osa võimalik soojenemine päikesekiirguse mõjul. Sellisel juhul ei arvesta tehtud simulatsioon ka klaasi g-väärtusega.



Joonis 14. Isotermide jaotus aknasüsteemis vasakul: maksimaalne võimalik pinnatemperatuur (+68°C) ja siseõhk (+20°C); paremal: minimaalne välisõhk (-34°C) ja siseõhk (+20°C)

KOKKUVÕTE

Lõputöös on kogutud vajalik informatsioon avatäidete ja klaasfassaadide projekteerimiseks: sisseмурdmiskindlus, isikukurvalisus, helinõue, päikesefaktor ning eraldi akende, uste ja fassaadide kirjeldus. Sarnase projekti lahendamisel võib lõputööd kasutada abistava materjalina. Selleks, et lõputöö maht jääks kehtestatud piiridesse pole käesolevas töös kajastatud profiilide töötlusteid, värvimistehnoloogiat, saagimise optimeeringuid ja koostamislehti. Samal põhjusel ei ole eraldi toodud kinnituste ega klaasfassaadide kronsteinide tugevusarvutusi.

Lõputöö koostamisel on läbi vaadatud palju standardeid. Rootsi ja Eesti meetodikatega saadud arvutustulemused on võrreldud omavahel. Rootsis, Norrköpingis kasutatakse tuule baaskiirust 24 m/s, kuid Eestis 21 m/s, see erinevus mõjutab oluliselt arvutusliku tippkiirusrõhu väärtust. Rootsis saadakse sarnastel tingimustel 0,6870 kN/m² ja Eestis 0,5787 kN/m². Tuulerõhu arvutuses Rootsi standardi rahvuslik lisa lubab kasutada meetodikat mis sõltuvalt konstruktsiooni kõrgusest võimaldab kasutada erinevaid koormuseid. Näidiseks võetud esimese korruse akna A tsooni tuulerõhk on: Rootsis $w_{neto} = 0,66$ kN/m² kuid Eestis oleks 0,82 kN/m². Suur vahe tekib sellest, et Rootsi tuulerõhk on valitud esimesel korrusel asuva avatäite ülemise serva järgi ning Eesti tuulerõhk on võetud arvestades kogu hoone kõrgust.

Järgmise arvutusplokinähtena oli uuritud temperatuurikoormuse mõju laiadele akendele. Siinkohal Rootsi ja Eesti arvutusmeetodikad olid sarnased ainukese erinevusega, et Rootsis on madalam minimaalne temperatuur ja kõrgem maksimaalne temperatuur aasta jooksul. Suuremad temperatuurivahed põhjustavad suurema profiili lühenemise/pikenemise. Eestis on saadud geometriast tingitud maksimaalne lubatud profiili pikkus 5608,9 mm ning Rootsis 5401,2 mm. Silikoonvuugi tolerants mängib antud projektis väikest rolli kuna see asub sisetingimustes.

Lõputöö koostamise ajal Kohtumaja avatäidete projekteerimine pole veel lõppenud, kuid enamus sõlmi on läbi töötatud ja mõned neist on näidatud lõputöös. Samuti tehti projektis muudatusi, näiteks mõned klaaspaketid on asendatud sarnastega et fassaadides kasutatud klaasing oleks võimalikult ühesuguse paksusega.

Lõputöö võib olla kasulik ehitusega seotud inimestele silmaringi laiendamiseks. Neid andmeid võib nimetada baasiks, mida teab iga välisavatäidete projekteerija.

SUMMARY

Design of Glass Facades, Windows and Doors on the Example of the Courthouse

In this thesis the author has collected and explained the necessary information for designing windows, doors and glass facades and that has been used in designing the windows and doors of the Courthouse. The edifice being built is located in Norrköping in Sweden. This enables to compare the differences in Estonian and Swedish regulations both in terms of classification and calculation methods. As source data, architectural and constructive designs prepared by various undertakings have been used.

Windows, doors and glass facades are an important part of construction. They must comply with many different requirements, including burglary resistance, personal safety, sound insulation requirement, U-value and glass solar factor. All the abovementioned parameters influence the choice of glazing and profile systems. The author of the thesis has conducted an analysis of European standards including their national supplements, requirements of the manufacturers of glass and aluminium systems and other regulations. Accordingly, special focus has been paid to the remarks that are important for designing the windows, doors and glass facades. In addition, the design includes geometrical solutions of some special requirements. Since there are load-bearing pillars within the window openings, it requires a solution that is glazed from the outside. The shape of the glass facades is an arc consisting of sectors.

In the thesis the author describes the activities of the designer at different stages of designwork in the order of their completion: preparation of approval drawings, ordering of materials, preparation of element drawings and montage drawings. During the preparation of the thesis, approval drawings have been made, the material has been ordered by elements, but the element drawings and montage drawings have been made only in part.

Calculations form a significant part of the thesis. In order to ensure that calculation results are representative for the whole building, the calculations have been carried out on the structures to which the highest loads of this type apply and the results have been compared with the maximum permissible values. For the beam under the heaviest glass, a deflection has been calculated, resulting from the weight of the glass and the beam. The wind load is calculated for the profiles of the window and the glass facade, which are located between larger glass fields. There is a significant difference between the Estonian and Swedish wind load calculation methods – although Sweden uses the same or higher base wind speed values than Estonia, it is allowed to calculate the top speed pressure by using the

actual height of the partition opening and not the entire height of the building, provided that certain conditions are met. The impact of wind zones is presented by floor. In the preparation of this design, special attention has been paid to the width of the windows. Due to the effect of the temperature load, many windows consist of several parts. Also a small difference in the measures of shortening/lengthening in Estonia and Sweden has been discovered by the author. All maximum values of calculated loads are compared with the values of the profiles used.

In order to keep the volume of the thesis within the permitted limits, strength calculations for individual fixtures and brackets of glass facades have not been provided.

The thesis highlights the knowledge that is used by the designers of glazed partitions. The author of this thesis prepared Excel spreadsheets when performing calculations, which can be used also in the future for finding loads. The theoretical part can also be used as an auxiliary material for the preparation of similar projects. This thesis can be useful for construction specialists in broadening their horizons.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] „Ehitusmaterjalidele ja -toodetele esitatavad nõuded ja nende nõuetele vastavuse tõendamise kord,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/119022019005?leiaKehtiv>. [Kasutatud 22. aprill, 2023].
- [2] Eesti Ehitusmaterjalide Tootjate Liit, „Ehitustoodete määrus CPR,“ 2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.eetl.ee/et/abiks-tootjale/cpruldine>. [Kasutatud 15. märts, 2023].
- [3] E. Rebane, CE-märgistus ehitustoodetel, 2022.
- [4] Euroopa Tööohutuse ja Töötervishoiu Amet, „Euroopa standardid,“ 2023. [Võrgumaterjal]. Available: <https://osha.europa.eu/et/european-standards>. [Kasutatud 12. märts, 2023].
- [5] CEN, CENELEC, „CEN/CENELEC Juhend 17. Juhised standardite koostamiseks, võttes arvesse mikro-, väike- ja keskmiste ettevõtete (SMEde) vajadusi,“ 2010. [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 15. märts, 2023].
- [6] Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus MTÜ, „EVS-EN 13830:2005,“ 2023. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.evs.ee/et/evs-en-13830-2005>. [Kasutatud 15. märts, 2023].
- [7] European Commission, „Standards,“ 2023. [Võrgumaterjal]. Available: <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/nando/index.cfm?fuseaction=cp.hs&cpr=Y>. [Kasutatud 18. märts, 2023].
- [8] Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus MTÜ, „EVS-EN 13830:2015+A1:2020/AC:2022,“ 2023, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.evs.ee/et/evs-en-13830-2015-a1-2020-ac-2022-consolidated>. [Kasutatud 15. märts, 2023].
- [9] Swedish Institute for Standards, „SWEDISH STANDARD SS-EN 13830. Curtain walling - Product standard,“ 2023. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.sis.se/en/produkter/construction-materials-and-building/elements-of-buildings/walls-partitions-facades/ssen13830/>. [Kasutatud 18. märts, 2023].
- [10] R.Gomeringer, M.Hainzler, R.Kilgus et al., Mehaanikainseneri käsiraamat, Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus, 2022, p. 482.
- [11] Guardian Glass, „Guardian GlassTime. Technical Manual,“ 2022. [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 26. märts, 2023].

- [12] SS-EN 1627:2021 Uksed, aknad, rippfassaadid, võred ja luugid. Sissemurdmiskindlus. Nõuded ja klassifikatsioon, Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus MTÜ, 2021.
- [13] SSF 200:5, Security classification descriptions in resistance class 2, SSF Svenska Stöldskyddsföreningen, 2015.
- [14] prCEN TS 1900-4, Euroopa Standardikomitee, 2023.
- [15] Glascentrum , „MTK Glassäkra miljöer för publika lokaler,“ 2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://glascentrum-mtk.se/glassakra-miljoer-publika-lokaler/>. [Kasutatud 16. aprill, 2023].
- [16] BFS 2011:10 + 2019:1 EKS11 Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder), Boverket, 2019.
- [17] „EETL AT 6-2019 Ohutud klaasingud,“ [Võrgumaterjal]. Available: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.eetl.ee/images/files/juhendid/EETL_AT6_2019.pdf. [Kasutatud 24. aprill, 2023].
- [18] EVS 842:2003 Ehitiste heliisolatsiooninõuded. Kaitse müra eest, Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus MTÜ, 2003.
- [19] M. Kylliäinen, RIL 243-1-2007 Hoonete akustiline projekteerimine : akustika alused, Tallinn: ET Infokeskus, 2009, p. 224.
- [20] EVS-EN 14351-1:2006+A2:2016 Aknad ja uksed. Tootestandard, toodete omadused. Osa 1: Aknad ja välisuksed, Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus MTÜ, 2016.
- [21] Baltiklaas AS, Tootekataloog. Klaasid ja terminoloogia, Tartu: Baltiklaas AS, 2021, p. 12.
- [22] Metus-EST AS, Konstrueerimisprotseduur, 2022, p. 9.
- [23] ITW Construction Products AB , „Guides,“ 2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.adjufix.com/guides>. [Kasutatud 24. aprill, 2023].
- [24] ESSVE, „150X35 INDU-PROG KIN.DET-20-6,“ 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.essve.com/et/tooted/lengikinnitus/lengihulss/indu-progi-tarvikud/indu-prog-kinnitusdetail/?code=07317761043355>. [Kasutatud 24. aprill, 2023].
- [25] EVS-EN 1991-1-1:2002 Eurokoodeks 1: Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 1-1: Üldkoormused . Mahukaalud, omakaalud, hoonete kasuskoormused, Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus MTÜ, 2002.

- [26] EVS-EN 1991-1-4:2005/A1:2010+A1:2010/NA:2010 Eurokoodeks 1: Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 1-4: Üldkoormused. Tuulekoormus, Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus MTÜ, 2010.
- [27] EVS-EN 13830:2005 Rippfassaadid. Tootestandard, Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus MTÜ, 2005.
- [28] EVS-EN 13830:2015+A1:2020/AC:2022 Rippfassaadid. Tootestandard, Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus MTÜ, 2015.
- [29] EVS-EN 14024:2004 Metal profiles with thermal barrier - Mechanical performance - Requirements, proof and tests for assessment, Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus MTÜ, 2004.
- [30] J.Rohusaar, R.Mägi, T.Masso et al., Ehituskonstruktorigi käsiraamat, Tallinn: Ehitame, 2014, p. 577.
- [31] EVS-EN 1991-1-5:2004+NA:2007 Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-5: General actions - Thermal actions, Eesti Standardimis- ja Akrediteerimiskeskus MTÜ, 2004.

GRAAFILINE OSA

Joonis 1. Akna- ja uksekombinatsiooni avatäide UPG43 kooskõlastusjoonise näitel

Joonis 2. Aken UPG24 kooskõlastusjoonise näitel koos tuulepindaladega

Joonis 3. Kumer fassaad UPG42 kooskõlastusjoonise näitel

Joonis 4. Maksimaalsed neto-koormused välisavadele tulenevalt tuuletsoonidest korruste kaupa

KOOSKÕLASTUSJOOINIS

Vasakukäeline uks – avaneb väljapoole

VAADE VÄLJAST

Korrus 1

PROFILISÜSTEEM: Schüco AWS75.SI+ (RC2N) / AD UP 75 (RC3)
 KLAAS: G2.5: 39,04mm / 2k, 6Toughened/SunGuard SNX 50 HT +66.8(P6B) –18Ar Swisspacer Ultimate (must)
 G2.6: 39,42mm / 2k, 66.8(P6B)SunGuard SNX 50 +44.1(A) –16Ar Swisspacer Ultimate (must)
 PINNAKATE: RAL1035

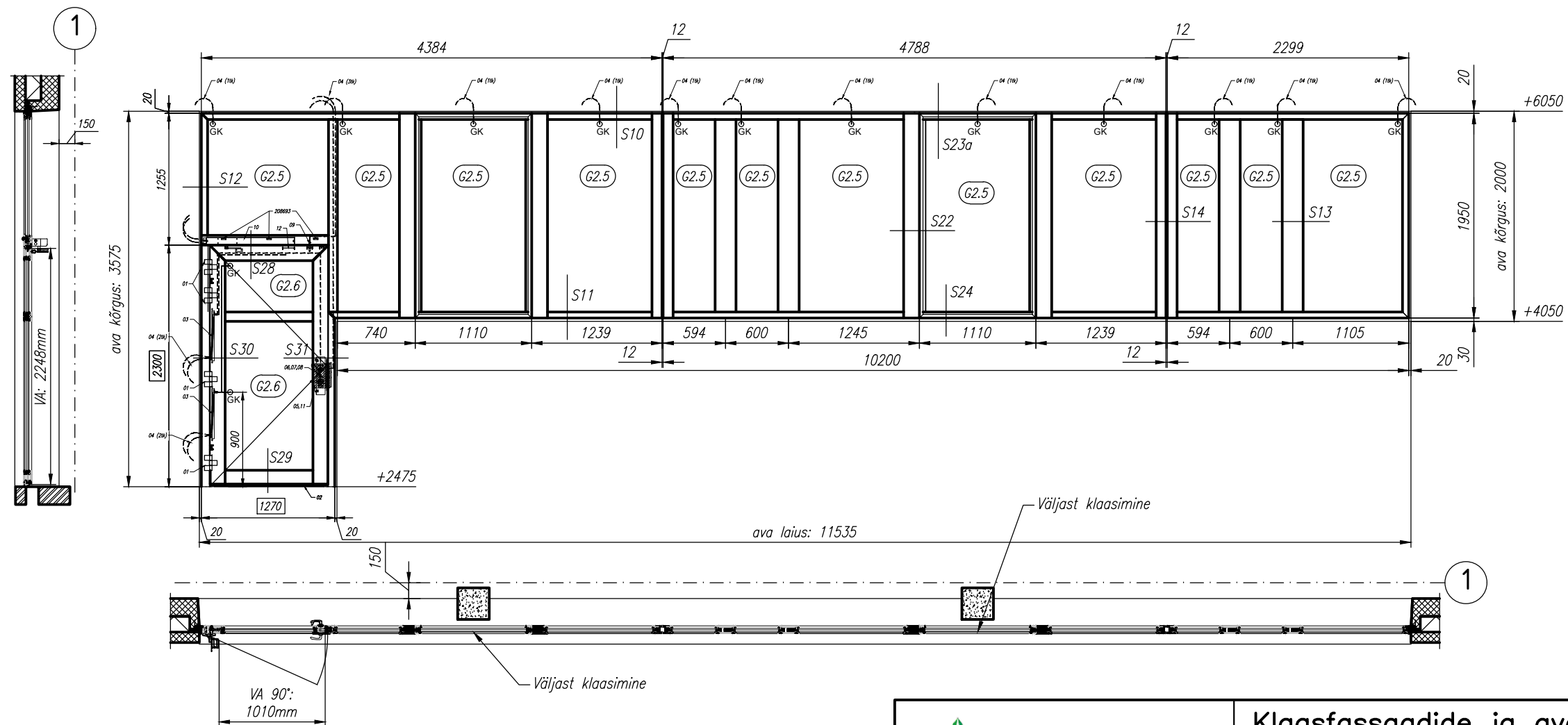
PAIGALDATAKSE TEHADES:


- 01. HINGED: Schüco 279560; 4 tk.
- 02. LÄVEPAKK: Schüco 507606 (20mm); 1 tk.
- 03. ÜLEVIHK: ROCA 5212 (roostevaba); 2 tk.
- 04. KAABLIKÕRRI: Ø11.4/8.5mm; 18 tk.
- 05. KATTEPLAADID; 1 tk.

TEHADES AINULT ETTEVALMISTUS:

- 06. LUKK: ASSA 710–50 Mikro (ASSA 3212); 1 tk.
- 07. ELEKTRIVASTURAUD: STEP 28E/24V (rättvänt) + ST288–A; 1 tk.
- 08. AVARIISULUS: ASSA 179A; 1 tk.
- 09. MAGNETKONTAKT: DC1076–6M; 1 tk.
- 10. UKSEAUTOMAATIKA: ASSA SW300; 1 tk.
- 11. UKSELINK: ASSA 6696; 1 paar.
- 12. TURVAANDUR:; 1 tk.
- 13. KLAASI PURUNEMISDETEKTOR (GK):; 14 tk.

Sulusekombinatsioon: 10.27



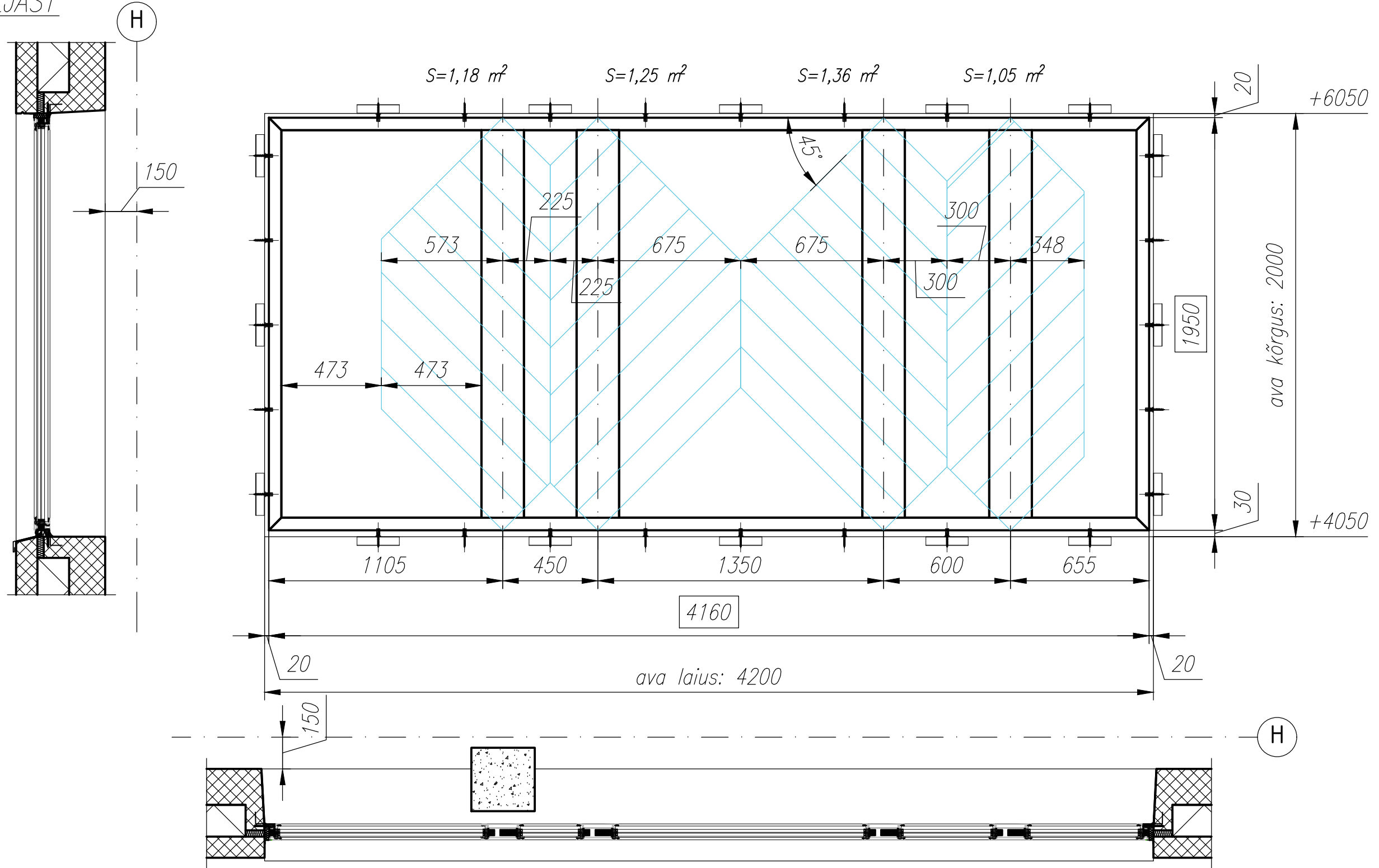
| | | | |
|---|--|--|------------------|
|  | | Klaasfassaadide ja avatäidete projekteerimine kohtumaja näitel | |
| Koostas: Anastassia Muromskaja | | Joonise nimetus Akna- ja uksekombinatsiooni avatäide UPG43 kooskõlastusjoonise näitel | |
| Juhendas: Andres Kuningas | | Joonise nr 1 | Tõõ nr EHE053 |
| Juhendas: Villu Salin | | Skaala M 1:50 | Õpperühm: HE2019 |
| TALLINN 15.04.2023 | | Leht: 1 | Lehti: 4 |


KOOSKÕLASTUSJOOINIS

VAADE VÄLJAST

Korrus 1

PROFILISÜSTEEM: Schüco AWS75.SI+ (RC2N)
 KLAAS: G1.5: 53,04mm / 3k, 6Kar/Xtreme 50-22 +4 +66.8(P6B) -14Ar Swisspacer Ultimate (must)
 PINNAKATE: RAL1035



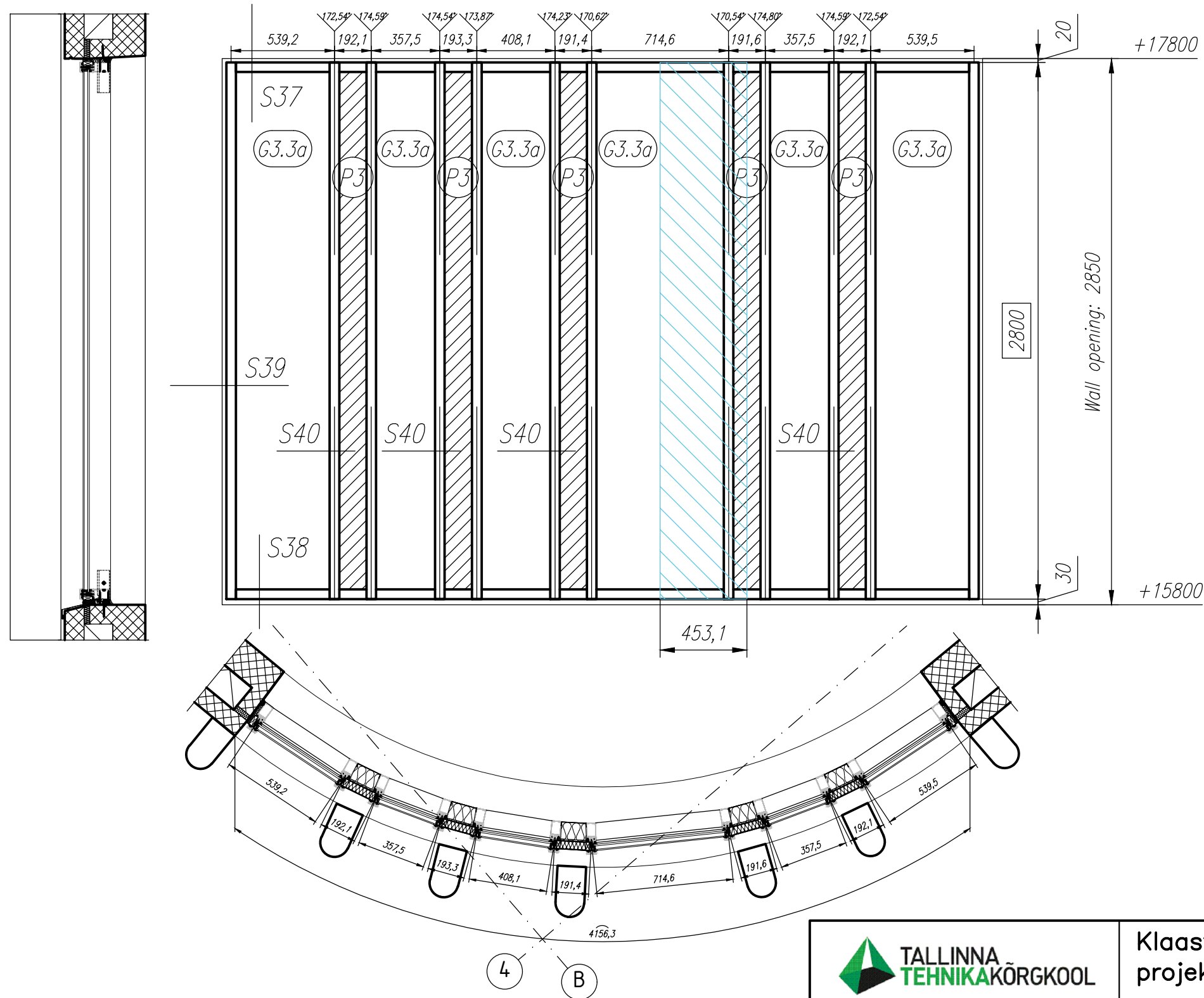
| | | | |
|---|------------|--|------------------|
|  TALLINNA TEHNIKAKÕRGGKOO | | Klaasfassaadide ja avatäidete projekteerimine kohtumaja näitel | |
| Koostas: Anastassia Muromskaja | | Joonise nimetus Aken UPG24 kooskõlastusjoonise näitel koos tuulepindalatega | |
| Juhendas: Andres Kuningas | | Joonise nr 2 | Töö nr EHE053 |
| Juhendas: Villu Salin | | Skaala M 1:50 | Õpperühm: HE2019 |
| TALLINN | 15.04.2023 | Lehti: 1 | Lehti: 4 |


KOOSKÕLASTUSJOOINIS

VAADE VÄLJAST

Korrus 4

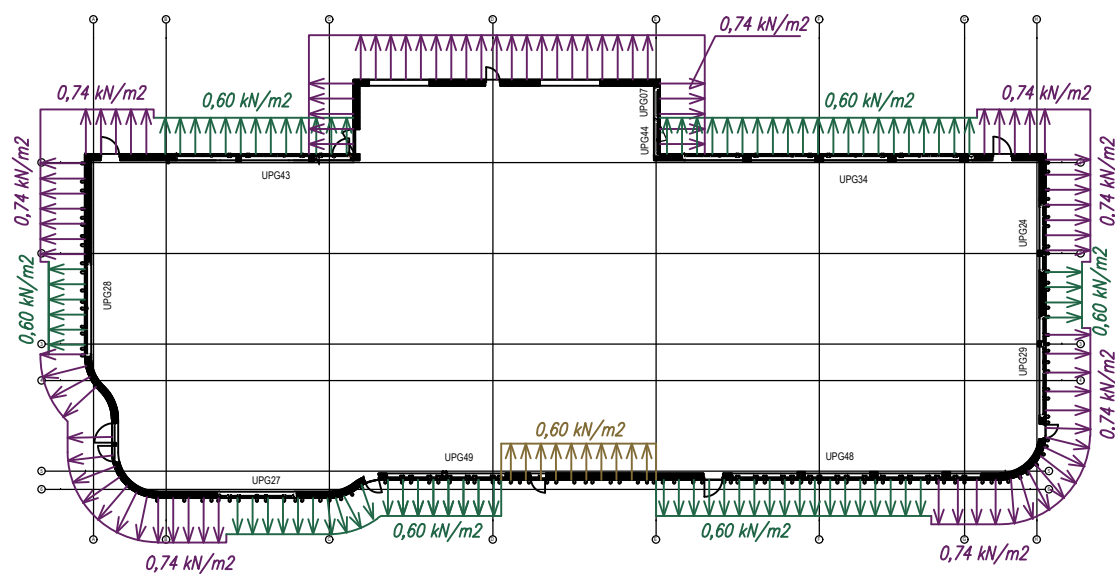
PROFILISÜSTEEM: Schüco FWS 50.SI+ (50x85mm).
 KLAAS: G3.3a: 32,76mm / 2k, 6SunGuard SNX 70 +44.2(A) -18Ar Swisspacer Ultimate (must).
 TÄIDIS: P3: AL 1,0 (RAL) +Teras 2,0 +RoofRock 40 +Teras 3,0 (RAL) +RockWool +AL 2,0 (RAL).
 PINNAKATE: RAL1035



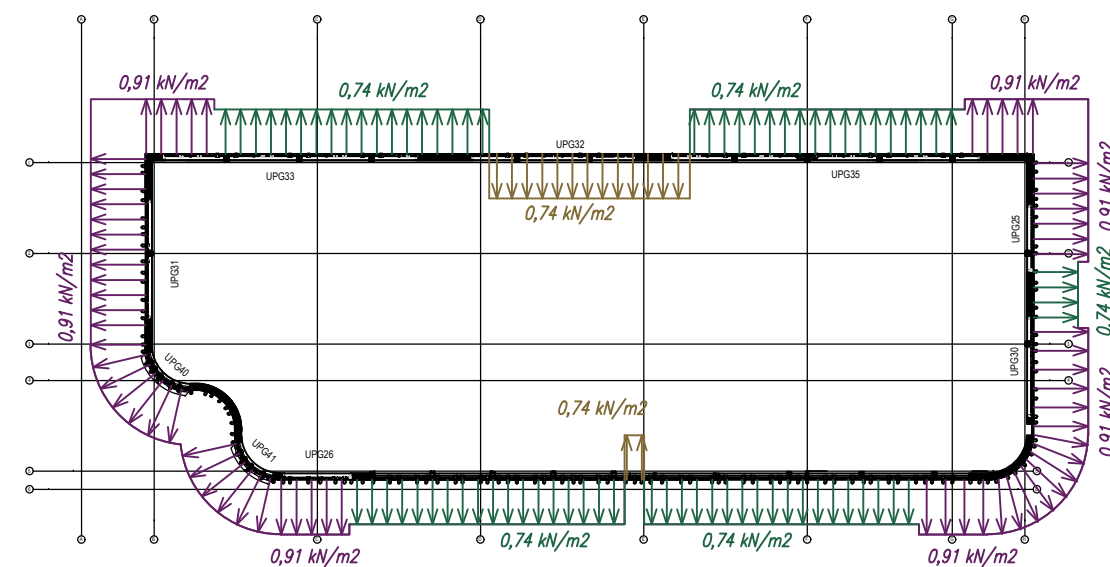
| | | | |
|---|--|--|------------------|
|  | Klaasfassaadide ja avatäidete projekteerimine kohtumaja näitel | | |
| | Koostas: Anastassia Muromskaja | Joonise nimetus Kumer fassaad UPG42 kooskõlastusjoonise näitel | |
| Juhendas: Andres Kuningas | Joonise nr 3 | Tõõ nr EHE053 | Õpperühm: HE2019 |
| TALLINN 15.04.2023 | Skaala M 1:25 | Lehti: 1 | Lehti: 4 |

Maksimaalsed neto-tuulerõhu väärtused korruste kaupa (välisrõhutegur $C_{pe}, 1$).

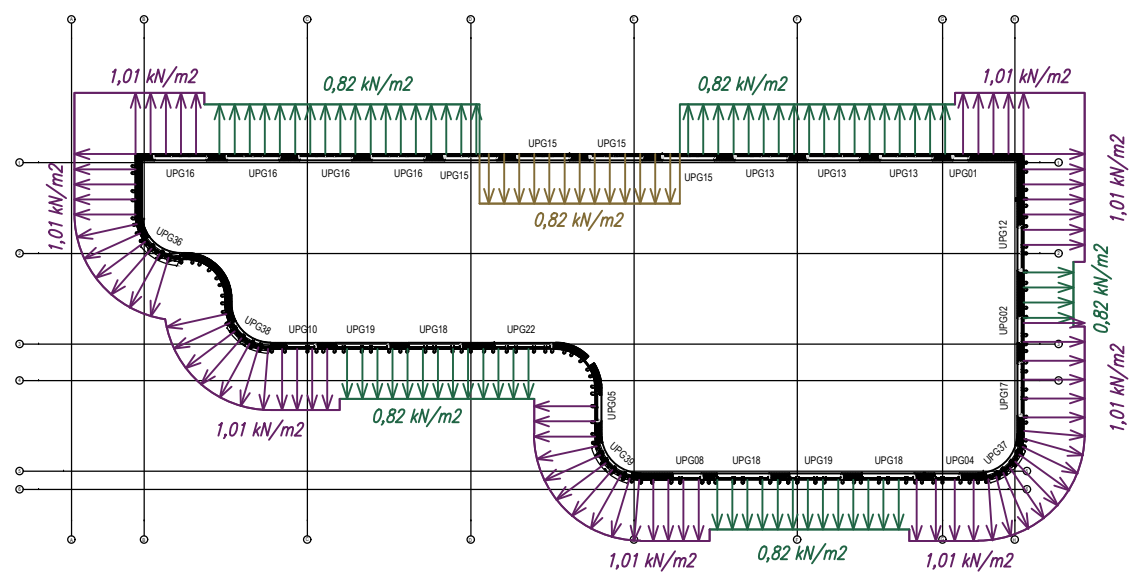
Korrus 1



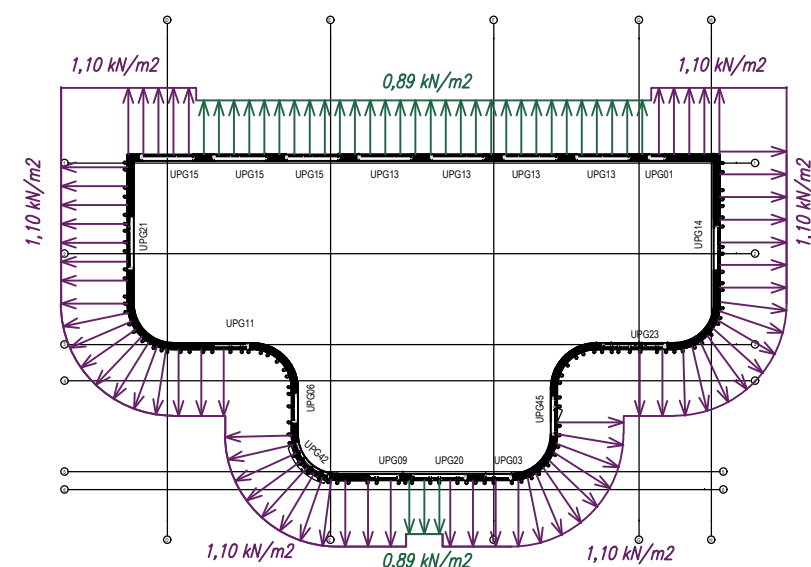
Korrus 2






Korrus 3



Korrus 4



Tingmärgid:

-  - A tsoon
-  - B tsoon
-  - D tsoon

| | | | | |
|---|-----------------------|--|---------------|------------------|
|  | | Klaasfassaadide ja avatäidete projekteerimine kohtumaja näitel | | |
| | | Joonise nimetus Maksimaalsed neto-koormused välisavadele tulenevalt tuuletsoonidest korruste kaupa | | |
| Koostas: | Anastassia Muromskaja | Joonise nr 4 | Töö nr EHE053 | Õpperühm: HE2019 |
| Juhendas: | Andres Kuningas | Skaala M 1:500 | Lehti: 1 | Lehti: 4 |
| Juhendas: | Villu Salin | | | |
| TALLINN | 15.04.2023 | | | |