



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS**

Aidas Bobyrius

**Aluminio – stiklo fasado konstrukcijų montavimo technologijų
tyrimas**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas
Dr. Rūta Miniotaitė

KAUNAS, 2017

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS**

**Aluminio – stiklo fasado konstrukcijų montavimo technologijų
tyrimas**

Baigiamasis magistro projektas
Statybų technologijų magistras (kodas 621J80001)

Vadovas

(parašas) Dr. Rūta Miniotaitė
(data)

Recenzentas

(parašas) Prof. Viktoras Doroševas
(data)

Projektą atliko

(parašas) Aidas Bobyrius
(data)



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

(Fakultetas)

(Studento vardas, pavardė)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Baigiamojo projekto pavadinimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 ____ m. _____ d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Aido Bobyriaus**, baigiamasis projektas tema „Aluminio – stiklo fasado konstrukcijų montavimo technologijų tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Aidas Bobyrius. Aliuminio – stiklo fasado konstrukcijų montavimo technologijų tyrimas *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Rūta Miniotaitė; Kauno technologijos universitetas, statybos ir architektūros fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Aliuminio-stiklo fasadai

Reikšminiai žodžiai: *aliuminis, stiklas, fasadas, stiklo atitvarai.*

Kaunas, 2017. 64 p.

SANTRAUKA

Praktikoje pastatų konstrukcinių elementų, ypač išorinių stiklo atitvarų įrengimo kokybė priklauso ne tik nuo jų sumontavimo kokybės, bet ir nuo tam panaudotų medžiagų fizikinių ir mechaninių savybių suderinamumo. Moksliniai tyrimai padėtų išvengti praktikoje dažnai pasitaikančių pastatų stiklo atitvarų įrengimo klaidų. Tyrimo metu lyginami pastatų stiklo fasadų tipai, konstrukcinės stiklo fasadų sistemos ir jų įrengimo technologijos. Atliktas tvirtinimo detalės stiprumo ir pastovumo įvertinimas. Nustatytas racionaliausias fasado įrengimo variantas.

Bobyrius, Aidas. *Research of Aluminum and Glass facade Construction Installation*. Master's thesis supervisor doc. dr. Rūta Miniotaitė. The Faculty of Civil Engineering and Architecture, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Curtain wall

Key words: *aluminum, glass, facade, curtain wall*.

Kaunas, 2017. 64 p.

SUMMARY

In practice, the quality of buildings constructive elements depend not only on the quality of their installation but also on the compatibility of the physical and mechanical features of used materials. This is especially important in installation of the curtain wall. Scientific research would prevent errors which often occur in practice while constructing the curtain wall. The present thesis compare the types of buildings glass facades, their constructing schemes and installation. In addition, the evaluation of fixing strength and stability is performed and the most rational option of the installation of facade is determined.

Turinys

Lentelių sąrašas.....	3
Paveikslėlių sąrašas	4
Užduotis.....	5
1 Įvadas	6
1.1 Trumpas objekto apibūdinimas ir jo charakteristikos.....	6
1.2 Statinio konstrukcinio sprendinio sudarymas	6
2 Literatūros apžvalga	9
2.1 Aliuminio – stiklo konstrukcijų fasado principai ir sandara.....	9
2.2 Fasadinių sistemų bandymai	16
2.3 Fasado elementų montavimo ypatumai	17
3 Aliuminio-stiklo fasado medžiagų aprašymas	19
3.1 Mineralinė vata ir jos savybės.....	19
3.2 Stiklo paketai ir jų savybės	20
3.3 Aliuminio profilių karkasas	22
3.4 Silikoninis hermetikas.....	22
4 Analitinė dalis	22
4.1 Galimų fasado konstrukcijų analizė.....	23
4.2 Alternatyvių sprendimų vertinimas	23
4.3 Vertinimo kriterijų nustatymas	24
4.4 Fasado įrengimo efektyvaus sprendimo nustatymas taikant kriterijų porinio palyginimo metoda.....	28
5 Konstrukcinė dalis.....	32
5.1 Surenkamo aliuminio – stiklo fasado konstrukcinis sprendimas.....	32
5.2 Elementinio (modulinio) aliuminio – stiklo fasado konstrukcinis sprendimas	32
5.3 Fasado tvirtinimo elemento stiprumo skaičiavimas.....	32
5.4 Fasado elemento geometrinė schema.....	34
5.5 Fasado elemento savojo svorio apkrovos apskaičiavimas	35
5.6 Vėjo apkrovų skaičiavimas	36
5.7 Poveikių deriniai	37

5.8	Tvirtinimo detalės laikomosios gebos patikrinimas programa Autodesk “Inventor”	38
5.8.1	Rezultatų nuo pavojingiausių apkrovų derinių interpretavimas	39
6	Aliuminio – stiklo fasado įrengimo technologija	44
6.1	Paruošiamieji darbai prieš statybos darbų pradžią	44
6.2	Surenkamo Aliuminio – stiklo fasado įrengimo technologija	45
6.2.1	Konstrukciniai mazgai	45
6.2.2	Statybos darbų apimtys	47
6.2.3	Darbų vykdymo metodų parinkimas ir statybos darbų technologijos aprašymas	47
6.2.4	Mašinų ir mechanizmų parinkimas	51
6.2.5	Darbo sąnaudų, brigados sudėties skaičiavimas	54
6.2.6	Technologinių sąlygų vienam darbo procesui aprašymas ir technologinės kortelės sudarymas	56
6.3	Elementinio Aliuminio – stiklo fasado įrengimo technologija	57
6.3.1	Konstrukciniai mazgai	57
6.3.2	Statybos darbų apimtys	59
6.3.3	Darbų vykdymo metodų parinkimas ir statybos darbų technologijos aprašymas	59
6.3.4	Darbo sąnaudų, brigados sudėties skaičiavimas	61
7	Darbų ir gaisrinės saugos aprašymas	63
7.1	Darbų sauga	63
8	Gaisrinė sauga	63
	Išvados	64
	Literatūros sąrašas	65
	Priedai	66

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Fasadui keliami reikalavimai [4]	10
2 lentelė. Kokybiškai projektuojamo fasado tolerancijų gairės [4]	10
3 lentelė. Principinė fasado montavimo schema [5]	18
4 lentelė. Tradicinė fasado montavimo schema [5]	18
5 lentelė. Bachee fasado montavimo schema [5]	19
6 lentelė. Stiklo paketo parametrai	20
7 lentelė. Stiklo paketo garso izoliavimo dydžiai	21
8 lentelė. Pradiniai alternatyvių sprendimų duomenys	24
9 lentelė. Normalizuota matrica P^-	25
10 lentelė. Papildoma matrica	26
11 lentelė. Entropijos lygis	26
12 lentelė. Kriterijų kitimo lygis	26
13 lentelė. Teorinis kriterijų reikšmingumas	27
14 lentelė. Subjektyvus kriterijų reikšmingumas	27
15 lentelė. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas	27
16 lentelė. I eksperto duomenys	28
17 lentelė. II eksperto duomenys	28
18 lentelė. III eksperto duomenys	28
19 lentelė. IV eksperto duomenys	28
20 lentelė. V eksperto duomenys	29
21 lentelė. VI eksperto duomenys	29
22 lentelė. VII eksperto duomenys	29
23 lentelė. VIII eksperto duomenys	29
24 lentelė. IX eksperto duomenys	29
25 lentelė. X eksperto duomenys	29
26 lentelė. XI eksperto duomenys	29
27 lentelė. XII eksperto duomenys	29
28 lentelė. XIII eksperto duomenys	29
29 lentelė. XIV eksperto duomenys	29
30 lentelė. XV eksperto duomenys	29
31 lentelė. XVI eksperto duomenys	29
32 lentelė. XVII eksperto duomenys	29
33 lentelė. XVIII eksperto duomenys	29
34 lentelė. XIX eksperto duomenys	30
35 lentelė. XX eksperto duomenys	30
36 lentelė. XXI eksperto duomenys	30
37 lentelė. XXII eksperto duomenys	30
38 lentelė. XXIII eksperto duomenys	30
39 lentelė. XXIV eksperto duomenys	30
40 lentelė. XXV eksperto duomenys	30
41 lentelė. XXVI eksperto duomenys	30
42 lentelė. XXVII eksperto duomenys	30
43 lentelė. XXVIII eksperto duomenys	30
44 lentelė. XXIX eksperto duomenys	30
45 lentelė. XXX eksperto duomenys	30
46 lentelė. Suminė porinio palyginimo matrica	31
47 lentelė. Suminė pertvarkyta porinio palyginimo matrica	31
48 lentelė. Savojo svorio apkrovos skaičiavimas	35
49 lentelė. Surekamų karkaso elementų montavimo darbų kiekio skaičiavimas	47
50 lentelė. Skaidrių zonų montavimo darbų kiekio skaičiavimas	47
51 lentelė. Sandarinimo darbų kiekio skaičiavimas	47
52 lentelė. Kabinėjimo priemonės charakteristikos	51
53 lentelė. Darbo sąnaudų skaičiavimas	54
54 lentelė. Darbo laiko ir darbininkų suvestinė	55
55 lentelė. Leistinieji nuokrypiai	56
56 lentelė. Surekamų karkaso elementų montavimo darbų apimčių skaičiavimas	59
57 lentelė. Darbo sąnaudų, brigados sudėties skaičiavimas	61
58 lentelė. Darbo laiko ir darbininkų suvestinė	62

Paveikslėlių sąrašas

1 pav. Efektyvaus išorės sienų apšiltinimo nauda	7
2 pav. Senosios sandarinimo sistemos principinis mazgas. Čia: 1. Fasadinė plokštė, 2. Ideali sandarinimo (silikonavimo) siūlė	14
3 pav. Naujosios drenavimo sistemos principinis mazgas. Čia: 3. Oro tarpas, 4. Tvirtinimo detalė, 5. Drenažo anga	14
4 pav. Fasado jungimo prie cokolio principinis mazgas	15
5 pav. Fasado jungimo prie lubų principinis mazgas	15
6 pav. Parapeto jungimo principinis mazgas	15
7 pav. Fasado jungimo prie tradicinės mūro sienos principinis mazgas	15
8 pav. Fasado jungimo prie gelžbetoninės konstrukcijos principinis mazgas	15
9 pav. Principinė fasado montavimo schema	18
10 pav. Tradicinė fasado montavimo schema	18
11 pav. Bachee fasado montavimo schema	19
12 pav. Entropijos metodo algoritmas	25
13 pav. Teorinis kriterijų reikšmingumas	27
14 pav. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas	28
15 pav. Principinė elementinio fasado konstrukcinė schema	33
16 pav. Aliumininė tvirtinimo detalė	33
17 pav. Fasado elemento geometrinė schema	34
18 pav. I poveikių derinys – vėjas į pastato vidų ir savasis svoris	39
19 pav. II poveikių derinys – vėjas į pastato išorę ir savasis svoris	39
20 pav. Saugos ribinis būvis – I poveikių derinys	40
21 pav. Saugos ribinis būvis – II poveikių derinys	41
22 pav. Tinkamumo ribinis būvis – I poveikių derinys	41
23 pav. Tinkamumo ribinis būvis – II poveikių derinys	42
24 pav. Atsargos koeficientas – I poveikių derinys	42
25 pav. Atsargos koeficientas – II poveikių derinys	43
26 pav. Surenkamo Aliuminio – stiklo fasado pirmame aukšte struktūrinė schema	45
27 pav. Konstrukcinis mazgas. Pjūvis per statramsčių skaidrioje zonoje	45
28 pav. Konstrukcinis mazgas. Pjūvis per statramsčių neskaidrioje zonoje	46
29 pav. Konstrukcinis mazgas. Vertikalus fasado privedimas prie g/b konstrukcijos	46
30 pav. Profiliai (statramsčio ir rygelio sujungimas)	48
31 pav. Kronšteino montavimo schema	48
32 pav. Kompensatorių sudėjimo schema	49
33 pav. Stiklo kėlimo įranga	49
34 pav. Krano skaičiuojamoji schema	51
35 pav. Parinktas automobilinis kranas PPM ATT400	52
36 pav. Parinktas automobilinis kranas PPM ATT400	53
37 pav. Krano strėlės siekio grafikas	53
38 pav. Elementinio Aliuminio – stiklo fasado struktūrinė schema	57
39 pav. Konstrukcinis mazgas. Pjūvis per statramsčių	57
40 pav. Konstrukcinis mazgas. Pjūvis per rygelį	58



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS

Magistrantūros studijų programa "STATYBA"

T000M167 MAGISTRO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Temos pavadinimas lietuvių ir anglų k.	Aliuminio – stiklo konstrukcijų montavimo technologijų tyrimas ir analizė Research and Analysis of Prefabricated Aluminium-Glass Structures Installation Technology
Trumpas projekto aprašas (iki 2000 ženklų)	Mokslinė problema Praktikoje pastatų konstrukcinių elementų, ypač išorinių atitvarų įrengimo kokybė priklauso ne tik nuo jų montavimo kokybės, bet ir nuo tam panaudotų medžiagų fizikinių ir mechaninių savybių suderinamumo, pastato eksploatavimo ypatumų. Moksliniai tyrimai padėtų išvengti praktikoje dažnai pasitaikančių pastatų atitvarų įrengimo klaidų. Darbo tikslas Išanalizuoti ir palyginti surenkamo ir elementinio aliuminio-stiklo fasadų montavimo ypatumus, kokybės ir kiekybės atžvilgiu. palyginti ...paskirties pastato stiklo fasadų tipus, konstrukcines stiklo fasadų sistemas, jų įrengimo technologijas ir nustatyti racionaliausią pastato fasado įrengimo variantą Tyrimų metodologija /Taikomi tyrimo metodai Vertinant stiklo fasadų įrengimo medžiagas bei ieškant racionaliausio jų panaudojimo sprendimo bus naudojami medžiagų laboratorinių tyrimų ir jais gautų rezultatų kompleksinio įvertinimo metodai bei nagrinėjamų technologinių variantų daugiakriterinės sistemotechninės analizės ir kt. metodai. Bus naudojama programinė įranga FLIXO. Preliminari darbo struktūra Mokslinės literatūros analizė, tiriamojo projekto tikslai ir uždaviniai, moksliniai tyrimai (eksperimentai, modeliavimas, skaičiavimai), gautų rezultatų apibendrinimas ir galutinių sprendimų priėmimas bei praktinis jų realizavimas, galutinės darbo išvados, naudotos literatūros sąrašas. Laukiami rezultatai. Elementinis fasadas kaina ir montavimo sparta lenkia surenkamą kelis kartus. Planuojamos publikacijos Straipsnis 2016 m. studentų konferencijos "Statyba ir architektūra" pranešimų medžiagoje.
Užbaigto darbo pateikimo terminas ___2016 gruodis_____	
Magistro baigiamojo projekto vertinimo kriterijai: Recenzento vertinimas 30%, Projekto ataskaita 40%, Pristatymas 30%.	

1 Įvadas

Magistro baigiamajame darbe atliekamas aliuminio – stiklo konstrukcijų fasado montavimo technologijos tyrimas ir analizė, siekiant nustatyti racionaliausią fasado rūšį ir montavimo būdą konkrečiam statybos objektui – Administraciniam pastatui.

1.1 Trumpas objekto apibūdinimas ir jo charakteristikos

Pastato statybai suformuotas 8631,665m² ploto sklypas Kauno miesto centrinėje dalyje, Kęstučio g. suformuotame 50, 22a stačiakampio formos žemės sklype.

Administracinis pastatas projektuojamas 5 aukštų su antstatu. Pastato karkasas – gelžbetonio monolitas.

Pirmo aukšto fasadas – surenkamas aliuminio-stiklo konstrukcijų fasadas. Kituose aukštuose – elementinis (modulinis) aliuminio stiklo fasadas.

Pastatas priskiriamas II atsparumo ugniai laipsniui ir 2 gaisro apkrovos kategorijai; taip pat A energetinio efektyvumo klasei. Šalia pastato projektuojama 160 vietų automobilių stovėjimo aikštelė.

Magistro baigiamajame darbe analizuojama ir lyginama Aliuminio-stiklo fasado įrengimo technologija. Fasado karkasui pasirinkta Schuco FW50+ aliuminio profilių sistema. Visi surenkamo karkaso elementų montavimui naudojami mechanizmai: kranas ir keltuvas, smulkūs mechanizmai su el. varikliu. Montavimo darbai organizuojami viena pamaina.

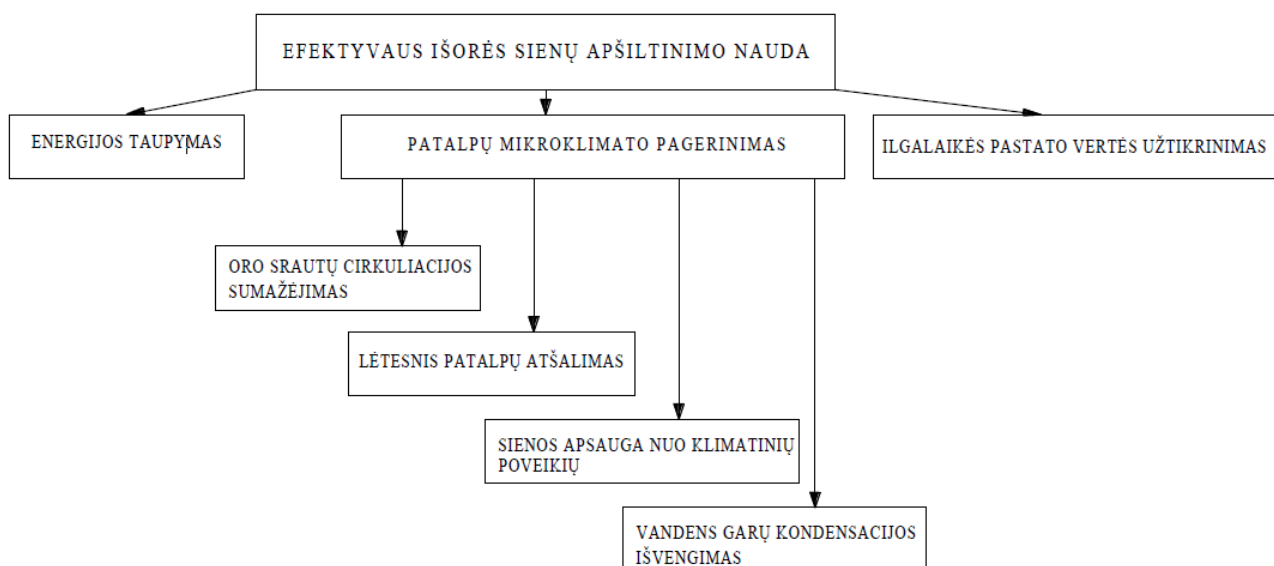
1.2 Statinio konstrukcinio sprendinio sudarymas

Pastato išmatavimai: 62,33 m (plotis) x 17,8 (ilgis) metrų. Aukštis – 27,9 m. Aliuminio – stiklo fasado struktūrinė schema pateikta 1 paveiksle, principiniai pjūviai pateikti 2 priede. Aliuminio stiklo fasadas – lengvo tipo vertikalių ir horizontalių atitvarinių konstrukcijų išorėje įrengiama sistema, naudojant sistemos gamintojo tiekiamą gamyklinį (arba komplektuojamą iš atskirų dalių) statybos produktų rinkinį, kuris susideda iš toliau išvardytų komponentų:

- Laikančiojo karkaso konstrukcija – karkaso elementai ir inkaravimo sistemos;
- Statramstis – vertikalus karkaso profilis;
- Rygelis – horizontalus karkaso profilis;
- Stiklo paketas – išorinės atitvaros dalis, sudaryta iš dviejų ar daugiau stiklų tarpusavyje sujungtų aliuminio ar plastiko rėmeliu;
- Jungimo ir tvirtinimo detalės – elementai, tarpusavyje sujungiantys ir mechaniškai sutvirtinantys laikančiojo karkaso konstrukcinius elementus;
- Šilumos izoliacija – atitinkamo storio šilumą izoliuojančios medžiagos, užtikrinančios reikiamą/norimą šiluminę pastato izoliaciją;

- Oro tarpas – aklinoje zonoje vėdinamas oro tarpas tarp izoliacijos ir stiklo ar kitos išorinės apdailinės plokštės;
- Guminės tarpinės – karkasą ir stiklą ar aklina užpildą atskiriantis guminis elementas;
- Izoliatorius – statramstį ar rygelį nuo išorinių prispaudėjų atskiriantis elementas, skirtas minimizuoti šalčio patekimą į pastato vidų.

Pastaruosiu metu į pastato energetinį efektyvumą kreipiamas išskirtinis dėmesys: reikalaujamos itin aukštos šilumos varžos reikšmės, efektyvūs saulės spindulių kontrolės sprendimai, vėdinimo sprendimų užtikrinimas ir pan. Aliuminis fasado stiklinimui pradėtas naudoti apie 1970-uosius, kuomet išplito aliuminio ekstruzijos procesas, atvėręs didžiules galimybes dėl savo formos pasiekiamumo reikalingiems technologiniams bei estetiniams reikalavimams. Šiandien, šios galimybės yra beveik beribės. Panašiai vystėsi ir stiklo tvirtinimo į konstrukcijas galimybės, tokiu būdu reikalaujantis išskirtinio projektavimo dėmesio.



1 pav. Efektyvaus išorės sienų apšiltinimo nauda

Nuo pasirinktų išorės sienų sprendinių efektyvumo priklauso pastatų statybos ir eksploatavimo išlaidos. Yra daug alternatyvių aliuminio-stiklo konstrukcijų variantų, kurie apibūdinami daugeliu efektyvumo rodiklių. Vertinimo efektyvumo rodikliai dažniausiai turi skirtingus matavimo vienetus, o nagrinėjamų alternatyvų įvairių efektyvumo rodiklių galimos didžiausios ir mažiausios reikšmės nėra apibrėžtos. Todėl, atitvaros variantas turi būti parenkamas daugiakriteriniais vertinimo metodais.

Aliuminio-stiklo fasado privalumai:

1. **Žymiai geresnis pastato estetiškas vaizdas.** Aliuminio – stiklo fasadu uždengto pastato išvaizda smarkiai skiriasi nuo tinkuojamo ar vėdinamo fasadu atitverto pastato. Aliuminio-

stiklo fasadas žymiai kompleksiškesnis, leidžia nesunkiai pasiekti norimą pastato formą, nepriklausomai nuo jo dydžio ar sudėtingumo.

2. **Susidaro geresnės gyvenamosios aplinkos sąlygos.** Visais atžvilgiais palankus mikroklimatas name teigiamai veikia žmogaus savijautą, sveikatą. Tinkamai įrengus daugiabučių namų arba biurų pastatų fasadus, juose pakyla oro temperatūra. Sumažėjusi drėgmė neleidžia susidaryti įvairiems paviršių pakenkimams. Užtikrinus tinkamą mikroklimatą patalpose, užkertamas kelias veistis pelėsiams, kurie gali sukelti daugybę ligų, netgi vėžį. O karštą vasarą gerai apšiltintas vėdinamas fasadas apsaugos patalpas nuo perkaitimo. Šaltuoju metų laikotarpiu oro temperatūra gyvenamosiose patalpose turėtų būti 20 – 24 °C, oro santykinis drėgnis – 40 – 60 proc., anglies dvideginio koncentracija – iki 0,1 proc., oro judėjimo greitis patalpose iki 0,15 m/s.

3. **Sutaupoma šilumos energija.** Nenuostabu, kad didelę dalį komunalinių mokesčių gyventojams sudaro išlaidos už šildymą šaltuoju metų laiku. Kasmet didėjant energijos resursų kainoms, senos statybos namų gyventojai ir naudotojai už šilumą priversti mokėti iki trijų kartų daugiau nei naujuose pastatuose. Efektyvus išorinių sienų šiltinimas leidžia efektyviai sumažinti suvartojamą šilumos energiją. Apšiltinti fasadai ne tik optimizuoja energijos išlaidas, bet ir sušvelnina klimatą patalpose tiek žiemą, tiek vasarą, taip pat pailgina pastato sienų ir kitų konstrukcijų eksploatavimo laiką.

Darbo tikslas – Pasirinkti, palyginti ir išanalizuoti atitvarinių aliuminio-stiklo konstrukcijų galimus variantus.

Uždaviniai:

1. Esamos literatūros analizė;
2. Administracinio pastato fasado konstrukcinio sprendimo projektavimas;
3. Montavimo technologijos projektavimas ir palyginimas;
4. Tvirtinimo elemento stiprumo skaičiavimas.

2 Literatūros apžvalga

2.1 Aliuminio – stiklo konstrukcijų fasado principai ir sandara

„Aliuminio-stiklo konstrukcijų fasadas tai oro ir vandens prasiskverbimui atspariausias fasado tipas naudojamas statybų srityje“ [1]. Aliuminio – stiklo fasadai dažniausiai sutinkami didmiesčiuose ir yra populiarūs, kaip išorinė atitvara komercinės ir administracinės paskirties pastatuose. Aliuminio – stiklo konstrukcijų fasadas dažniausiai sudaromas iš aliuminio karkaso, skaidraus stiklo ir neskaidraus užpildo zonų jame bei butaforinių elementų išvaizdai pajavairinti ir užsandarina pastatą nuo pamato iki pat stogo. Tokio tipo fasadas gali būti išskirstytas į tris pagrindinius tipus:

1. Surenkamas (angl. Stick built system facade) – tai tokio tipo fasadas, kai „aliuminio profiliu karkasas surenkamas iš atskirų vertikalų ir horizontalų elementų, jungiant juos standžiai vienas su kitu per įdėtines detales. Profiliai yra apdirbami ceche, montuojama iš atskirų, supjautų strypų (elementų), jungiama statybos objekte“ [2].

2. Elementinis (angl. element, unitized system) – tai tokio tipo pastato fasadas, kai karkasas „sudalinamas racionaliais transportuojamo dydžio elementais (fragmentais), kurie yra maksimaliai apdirbami gamybos stadijoje, paruošiami montavimui bei sustiklinami. Statybos metu jau paruoštos „kasetės“ (ar elementai) yra jungiami vienas prie kito per specialius kronšteinus, kablius bei kreipiančiąsias detales. Tai yra efektyviausias būdas montuoti daugiaaukščių pastatų fasadus. Šis būdas dažniausiai yra pasirenkamas atšiauraus klimato regionuose, vėjuotose zonose“ [2].

3. Struktūrinis (angl. structural glazing system (capless vertical joints)) – tai tokio pat tipo fasadas, kaip ir surenkamas tik vietoje tradicinio stiklo prispaudimo būdo naudojamos specialios įdėtinės detalės, o jungčių uždengimas užpildomas silikono sandarikliu. Struktūrinis fasado stiklinimas gali būti vienos krypties (kai struktūra naudojama tik vertikalioms arba horizontalioms jungtims paslėpti) arba dviejų krypčių (kai struktūra naudojama vertikalioms ir horizontalioms jungtims paslėpti).

Teisingai pagaminto ir sumontuoto aliuminio – stiklo fasado savybės turi atitikti keletą pagrindinių reikalavimų, tokių kaip: sandarumo (oro barjero funkcija), garų difuzijos kontrolės (garų barjero funkcija - ne tas pats kaip oro barjero funkcija), šilumos nuostolių kontrolės (izoliacija ir rasos taškas), lietaus ir ištirpusio ledo vandens prasiskverbimo kontrolė. Fasadui keliami reikalavimai susistemintai pateikiami 1 lentelėje [4].

1 lentelė. Fasadui keliami reikalavimai [4]

Konstrukciniai	Atlaikyti savo svorį ir perduoti horizontalias apkrovas pastato karkasui; išvengti įtrūkimų ir deformacijų
Vandens	Nepraleisti vandens
Oro	Užtikrinti ne laidumą pertekliniam oro kiekiui judėjimui
Kondensato	Užtikrinti kondensato ne susidarymą ant metalinių ir stiklo paviršių, prie šildymo ir vėdinimo sistemos palaikomų vidaus oro sąlygų
Ventiliacijos	Užtikrinti natūralų vėdinimą, jei naudojami varstomi langai
Judėjimo	Medžiagų plėtimasis dėl įdrėkimo, taip pat temperatūrinis plėtimasis ir susitraukimas turi nesugadinti fasado
Energijos išsaugojimo	Užtikrinti šilumos neperdavimą į pastato išorę spinduliavimo, konvekcijos ir laidumo būdais.
Garso	Riboti garso pralaidumą
Atsparumo ugniai	Neleisti plisti ugniai ir dūmams, bet užsikrinti galimybę dirbti ugniagesiams
Aptarnavimo	Užtikrinti galimybę pastato eksploatavimo metu atnaujinti ar pakeisti susidėvėjusius komponentus
Sumontavimo	Sumontavimas turi būti nesudėtingas, palikti reikiami deformaciniai plyšiai, galimybė prijungti papildomus elementus (šviestuvus, reklamines iškabas ir pan.)
Ilgamžiškumo	Išlaikyti savo funkcines ir estetines savybes visą tarnavimo laiką
Estetikos	Atitikti aukščiau viską kas išvardinta aukščiau atrodant gražiai
Ekonomikos	Atitikti aukščiau viską kas išvardinta aukščiau nebrangiai

Neįmanoma kokybiškai pagaminti ir sumontuoti aliuminio-stiklo konstrukcijų fasado, jo teisingai nesuprojektavus. 2 lentelėje pateikiamos kokybiškai projektuojamo fasado tolerancijų gairės [4].

2 lentelė. Kokybiškai projektuojamo fasado tolerancijų gairės [4]

Tolerancijos	<ul style="list-style-type: none"> • Kvadratinės ertmės – ne didesnis nei 3 mm ne sutapimas tarp ilgio ir pločio • Didžiausiai ilgio nukrypimai – 3 mm į 3,66 tiesinio metro arba 6 mm per visą ilgį (jei visas ilgis didesnis nei 3,66 m)
Vertikalūs poslinkiai	<ul style="list-style-type: none"> • Neviršyti 1° stiklo paketų kreivumo • Neviršyti 3mm arba 25 proc. briaunos ilgio nukrypimų
Horizontalios deformacijos	<ul style="list-style-type: none"> • Neviršyti 1/175 perdengiamo tarpatramio arba 20 mm (priimti mažesni) • Jei fasado deformacijos daro neigiamą įtaką vidinei gipso sienutei prieš tai esantis reikalavimas sumažinamas per pusę
Stiklo įrengimas ir atrėmimas	<p>Kompensatoriai naudojami suteikti stiklui minkštą atramą.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Naudoti su silikonu suderintus, guminius (neopreno, EPDM) ar guma dengtus kompensatorius • Kietumas: A85±5 kietumo plastikas dengtas guma • Kompensatoriai dedami ketvirtadalio atstumu nuo paketo kampų • Kompensatoriaus ilgis – 2,5 mm·stiklo paketo plotas m², bet ne mažiau nei 15mm.
Stiklo įrengimas ir atrėmimas	Kampų atrėmimas – sustabdo stiklo paketo „vaikščiojimą“ ir tokiu būdu atsirandantį stiklo ir metalo kontaktą, kuris priveda prie stiklo paketo dūžimo

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Kampinių detalių kietumas: A85±5 kietumo plastikas dengtas guma • 100mm vertikalaus ir horizontalaus matmens L formos kampinė detalė • Storis: per visą ertmės plotį |
|--|

Oro ir vandens prasiskverbimas į fasadinę konstrukciją žiemos metu gali reikšti ledo susidarymą po drenažo dangteliais (pro stiklinimo gumas). Krentantys varvekliai - tai rizika aplink esančių žmonių sveikatai. Ne sandarumas taip iššaukia vandens kondensavimąsi stiklinimo metu paliekamuose oro tarpuose, ko pasekoje prasideda tvirtinimo detalių ir stiklo paketo rėmelių korozija. Į netinkamai užsandarinto pastato oro tarpą patekęs perteklinis kondensatas sunaikina stiklo paketo rėmelį per kelis metus, ko pasekoje stiklo paketo viduje esančios dujos pasišalina ir paketas netenka visų savo savybių. „Seniau naudotų sandarinimo metodų (1 pav.) esmė visiškai uždaryti ertmes nuo oro pratekėjimo, vidinėje dalyje sukuriant aukštesnį slėgį, kad atsiradus sandarinimo siūlės defektams oras judėtų į pastato išorę. Naujausi sandarinimo metodai remiasi teorija, kad visos sandarinimo siūlės yra netobulos. Sistemos tikslas ne sustabdyti vandens patekimą į sistemą, bet užtikrinti jo nesusikaupimą ir savaiminį pasišalinimą per vertikalias ir horizontalias drenažo angas (2 pav.)“ [3].

Per netinkamai sujungtas stiklinimo gumas, aliuminio elementus, nepreciziškas struktūrines siūles ar dėl kitų projektavimo klaidų lietaus vanduo prasiskverbia į fasado sistemą. Dėl išorės ir stiklinimo ertmės slėgių skirtumo, oro tarpe pradeda kauptis lietaus vanduo. Susikaupęs perteklinis vandens kiekis, dėl kapiliarinio vandens judėjimo, per drenavimo angas prasiskverbia į pastato vidų. Kaip bet kuri kita atitvara, aliuminio – stiklo atitvara turi užtikrinti lietaus vandens prasiskverbimą į pastato vidų. Kadangi tokia atitvara yra sukonstruota iš stiklo, aliuminio, plieno, plaušinių izoliacinių medžiagų, plastiko ir silikoninio sandariklio visos jos sudedamosios dalys, išskyrus tam tikras termoizoliacines medžiagas, yra neįgeriančios vandens. Taip pat todėl, kad dauguma medžiagų sudarančių tokią atitvarą yra atsparios korozijai, trumpą laiką į stiklinimo oro tarpą patekęs vanduo sistemos negadina.

Aliuminio – stiklo konstrukcijų atitvara taip pat yra atspari paviršinio kondensato susidarymui. Kondensatas ant stiklo atsiranda tuomet kai aplinkos oro drėgmė kontaktuoja su šaltu paviršiumi ir iš garų virsta į skystį. Temperatūra prie kurios garai virsta skysčiu vadinama rasos taško temperatūra.

Kai kuriems aliuminio – stiklo konstrukcijų fasadams naudojamas vien tik iš stiklo, kai kuriems iš stiklo ir neskaidrių zonų uždengimui – skardos ar granito gaminiai. Stiklas, naudojamas skaidrioms ir neskaidrioms zonoms uždengti, savo sandara labai skiriasi. „Fasadinėse konstrukcijose gali būti naudojamas lietas (angl. float glass) stiklas, tamsintas (angl. tinted) stiklas, stiklas su viela ar metalo plaušu (angl. wired glass), keramika dengtas stiklas (angl. ceramic fritted

glass). Išlietas stiklas gali būti termiškai sustiprintas (angl. heat strengthened glass) arba grūdintas (angl. tempered glass). Tokiu būdu padidinamas stiklo atsparumas mechaniniams bei temperatūriniais poveikiams. Esant didesniam saugumo poreikiui naudojamas laminuotas stiklas, pertekliniams saulės spinduliams atspindėti – selektyvinis (angl. coated glass) stiklas“ [1]. Skaidrios zonos dengiamos vienos, dviejų arba trijų kamerų stiklo paketais. „Tipiškas stiklo paketas sudarytas iš dviejų stiklo sluoksnių ir specialios tarpinės dedamos tarp jų. Tarpinės gali būti pagamintos iš metalo (aliuminio) arba nemetalo (stiklo pluošto). Stiklo pluošto tarpinės skirtos sumažinti šilumos nuostolius stiklo paketo kraštuose. Tarpinės užpildomos drėgmę sugeriančia medžiaga tam, kad sugertų visą drėgmę užsilaikiusią stiklo paketo gamybos metu. Drėgmę sugeriantys milteliai sumažina stiklo paketo rasos taško temperatūrą iki maždaug $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Stiklo paketų stiklai sujungiami vieno sluoksnio polisulfido, poliuretano, karšto butilo arba dviejų sluoksnių iš kurių pirmąjį sudaro poliisobutilenas, o antrąjį silikonas, polisulfidas arba poliuretanai, kai pirmasis sluoksnis yra drėgmei nelaidus sluoksnis, o antrasis - laiko stiklo lakštus tarpusavyje. Antrojo sluoksnio storis, priklausomai nuo stiklo paketo gabaritų, gali būti nuo 3 iki 6 mm“ [1]. Neskaidrioms zonoms naudojamas stiklas dažniausiai yra vieno sluoksnio grūdintas ir dengtas skaidrumą reguliuojančia poliesterio plėvele. Tokio stiklo storis priklauso nuo naudojimo sąlygų. Neskaidri zona taip pat gali būti uždengiama stiklo paketu siekiant išlaikyti pastato fasado išvaizdos vienodumą, šilumos nuostolių sąskaita, kadangi už viensluoksnio stiklo krašto dedamas storas termoizoliacijos sluoksnis nebeįmanomas naudojant stiklo paketą. „Stiklo galimybės šiuo metu yra ribojamos tik iš logistikos pusės. Dabar pagaminti vientiso lakšto stiklo paketą įmanoma iki 7m ilgio, 3m pločio (beveik pilnas puspriekabės ilgis). Naujos kartos selektyvinės dangos, kurios įeina į stiklo paketo sudėtį, kartu su argono arba kriptono dujomis, leidžia pasiekti iki $0,5\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ šilumos perdavimo koeficiento skaitinę reikšmę“ [2].

„Norint išgauti šaltesnių spalvų, modernumą atspindintį metalo blizgesį, neretai pastato vizijos autoriai derina stiklą su plieno atspindžiais. Pasirinktas aliuminio karkasas yra „stiklinamas“ aklinais užpildais, kurie, išlaikydami šilumines savybes, tarnauja estetinio efekto akcentavimui, detalių išryškinimui. Pasirinkti kompozitiniai užpildai, dažniausiai sudaryti iš įvairaus storio aliuminio (dažytos, anoduotos ar kitaip apdirbtos skardos, viduje turinčios terminę izoliaciją atliekančią šerdį), gana paprastu, tačiau įžvalgiu sprendimu gali ekonomiškai suteikti siekiamos estetiškos vertės“ [2].

„Stiklas yra labai stipri medžiaga, bet labai neatspari įtempių susikoncentravimui ties paviršiaus įtrūkimais. Įtrūkusio stiklo stiprumas tesiekia 0,5 - 1 proc. tokio pat nesugadinto stiklo“ [4]. „Stiklas, dažniausiai, nedūžta be priežasties. Sviediniai, lakšto krašto kontaktas su metalu, per didelis prispaudėjų užveržimas, per didelis vėjo slėgis, žemės drebėjimas ar per didelis temperatūrų skirtumas yra kelios iš priežasčių, dėl kurių gali skilti ar dužti stiklas. Temperatūrinis

dūžis pasireiškia tuomet, kai stiklo lakšto kampo temperatūra viršija lakšto briaunos temperatūrą daugiau nei 30°C. Šis reiškinys taip pat gali pasireikšti po šaltos nakties ryto saulei pakaitinus stiklo paketą, kai temperatūra skilo lakšto centre skiriasi nuo temperatūros lakšto briaunoje daugiau nei 30°C“ [1]. Temperatūrinių stiklo lakštų dūžių galima išvengti grūdinant stiklo gaminius. „Grūdinto stiklo dūžio priežastimi gali būti tik stiprus paviršiaus ar briaunos pažeidimas metalu, smūgis arba nikelio-sulfido užterštumas gamybos metu. Nikelio-sulfido užterštumas yra itin retas reiškinys šių dienų stiklo gaminių gamyboje, tačiau pasitaikius tokiam atvejui stiklo lakšto dūžis grūdinimo metu – neišvengiamas“ [4].

Dažniau nei dūžiai pasireiškiantis stiklo paketų defektas yra rasojimas. „Kai apatinė stiklo paketo briauna panardinama į vandenį ilgesniam laikui, vanduo prasiskverbia pro sandarinimo siūles išleisdamas stiklo paketo viduje esančias dujas“ [1] – stiklo paketas išsisandarina. Išsisandarinusio stiklo paketo remontas neįmanomas. Tai pagrindinis stiklo paketų defektų atvejis, dėl netinkamai įrengto fasado sistemos drenažo.

[1] autorius analizuoja aliuminio-stiklo fasado konstrukcijos prijungimą prie kitokio tipo konstrukcijos (pvz., gelžbetonio, plieno ar tradicinės sienos).

1. Fasado jungimas prie cokolio. Surenkamo ar elementinio fasado jungimui prie cokolio mažesniuose administraciniuose pastatuose detalė (3 pav.). „Atkreiptinas dėmesys į tai, kaip oro/drėgmės barjeras (skardos lankstinys) nuo apatinės profilio dalies pritvirtintas prie viršutinės cokolio dalies. Išorinėje pusėje apsaugai nuo mechaninio poveikio, vėjo ir papildomo vandens pratekėjimo papildomai pritvirtintas skardos lankstinys (palangė). Tarpas tarp šių skardos lankstinių užpildytas termoizoliacine medžiaga (mineraline vata) išvengiant per didelį temperatūrinių nuostolių ir žemos cokolio paviršiaus temperatūros“ [1].

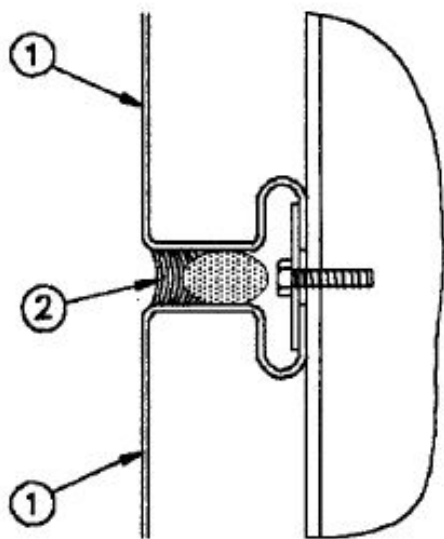
2. Fasado jungimas prie lubų. Teisingas fasado jungimas su lubomis yra viena iš sudėtingiausių užduočių įrengiant aliuminio-stiklo konstrukciją. „Pirmiausia nustatoma ar patalpa kurią skiria lubos bus šildoma ar nešildoma. Jei patalpa šildoma, tuomet lubų ir fasado jungtyje turi būti numatytas oro/drėgmės barjeras, termoizoliacinis sluoksnis, bei lietaus vandens prasiskverbimą sustabdantis sluoksnis. Vienas iš būdų, kuomet sukuriamas oro ir drėgmės barjero bei termoizoliacijos tęstinumas, taip pat lietaus ir ištirpusio ledo vandens nutekėjimo kontrolė fasado kampiniame vertikaliame mazge pavaizduotas 4-tame paveiksle. Nešildomos virš lubų esančios patalpos atveju šildomas ir nešildomas fasado dalis būtina atskirti. Fasadas turi būti suprojektuotas taip, kad jokie ištininiai karkaso elementai nekirstų šaltos ir šiltos zonų, kas reikštų vandens garų susikondensavimą pastato viduje“ [1].

3. Parapeto jungimas. Standartinis stogo parapeto jungimas – pratęsiant fasadą virš pastato stogo linijos (5 pav.). Įrengiant tokio tipo parapetą būtina apsvarstyti kelis aspektus. „Fasado

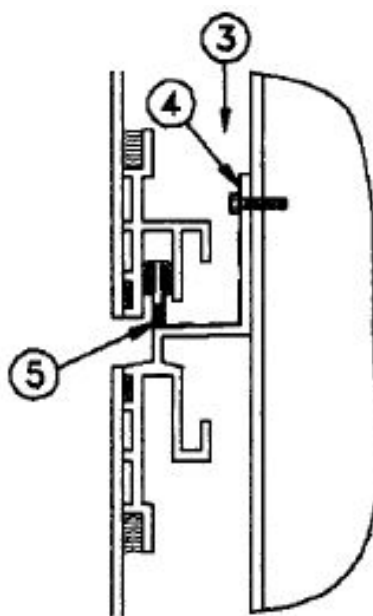
statramsčiams yra keliami sąlyga, kad vidinė jų dalis atsidurtų vidinėje (šiltoje) pastato dalyje. Parapetiniame mazge ši sąlyga neįgyvendinama, todėl ties stogo linija fasado karkaso konstrukcija turi būti atskirta per tam tikras šalčiui ir vandens garams nelaidžias įdėtines detales“ [1].

4. Fasado jungimas prie tradicinės mūro sienos. Pateikiamame pavyzdyje (6 pav.) pavaizduota klaidinga lango įstatymo situacija, kai lango stiklo paketas išnešamas į išorę ir sulyginamas su mūro siena. Toks lango įstatymas garantuoja garų ant vidinio paviršiaus susikondensavimą. „Teisingai sumontuoto lango stiklo paketo plokštuma neturi išlysti už termoizoliacijos plokštumos į šaltąją zoną. Tokiu atveju būtina apšiltinti apatinę karkaso profilio pusę termoizoliacine medžiaga ir privesti hidroizoliacinę dangą prie vidinės išorinio mūro dalies“ [1].

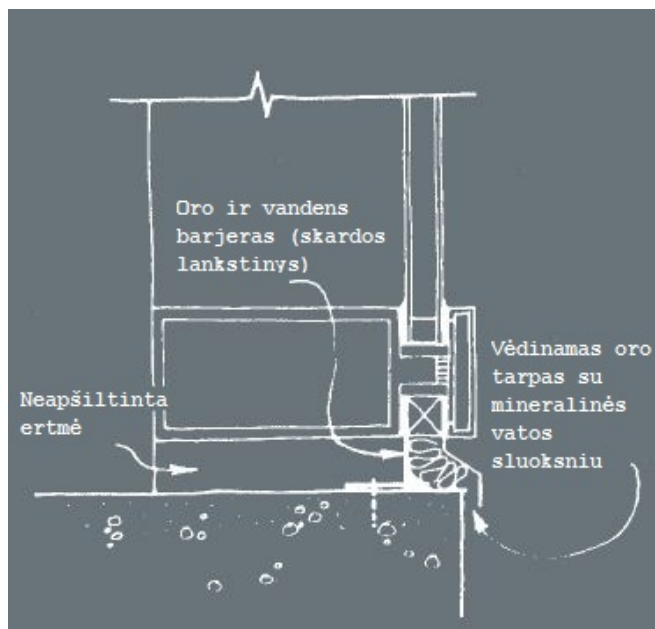
5. Fasado jungimas prie gelžbetoninės konstrukcijos. Pateikiamame pavyzdyje (7 pav.) norint užtikrinti pastato sandarumą hidroizoliacinė danga pratęsiama nuo stiklo paketo vidinės plokštumos iki sienos plieninio karkaso vidinės dalies. Įvertinant mazgo medžiagų įvairovę „geriausia palikti platesnį tarpą tarp fasado karkaso ir betoninės konstrukcijos dalies dėl skirtingo medžiagų temperatūrinio plėtimosi. Mazge parodyta vidinė pastato hidroizoliacija sujungiama su fasado sistemos hidroizoliacine medžiaga. Tarpą būtina užtaisyti termoizoliacine medžiaga, kad paviršių temperatūra nepasiektų rasos taško temperatūros ir neprasidėtų paviršinis ir paslėptasis vandens garų kondensavimasis. Išorine skarda konstrukcija uždengiama nuo lietaus vandens“ [1].



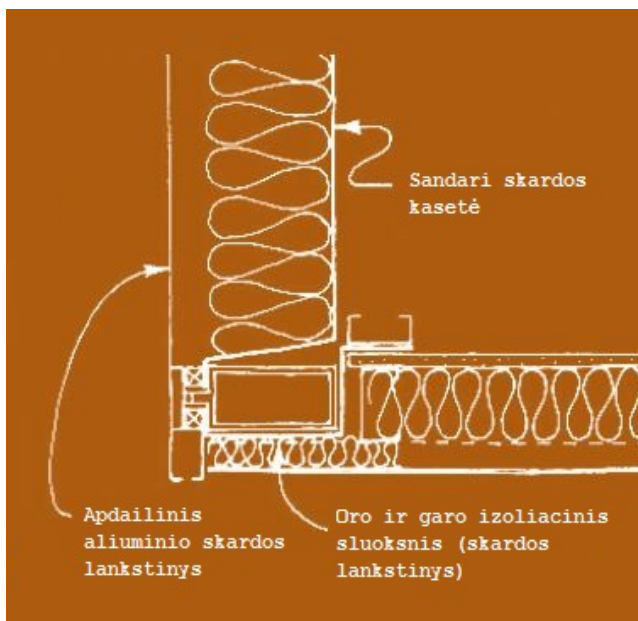
2 pav. Senosios sandarinimo sistemos principinis mazgas. Čia: 1. Fasadinė plokštė, 2. Ideali sandarinimo (silikonavimo) siūlė



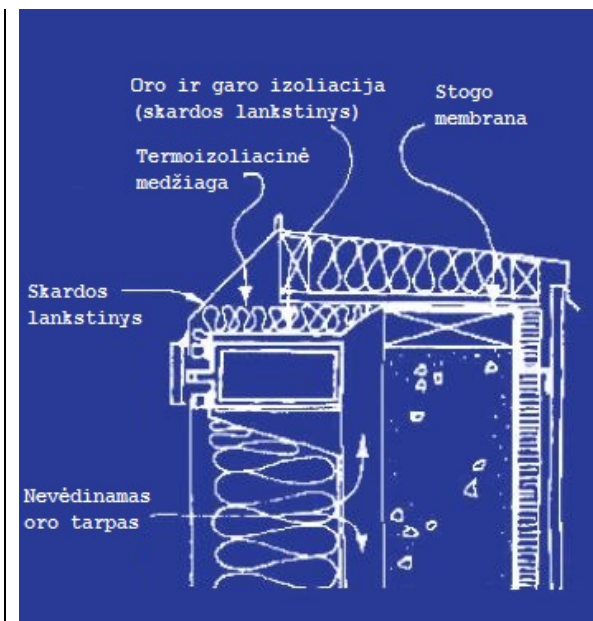
3 pav. Naujosios drenavimo sistemos principinis mazgas. Čia: 3. Oro tarpas. 4. Tvirtinimo detalė. 5. Drenažo anga



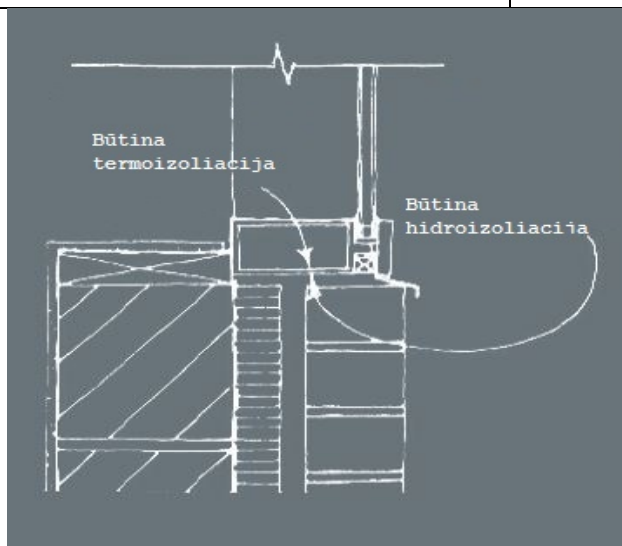
4 pav. Fasado jungimo prie cokolio principinis mazgas



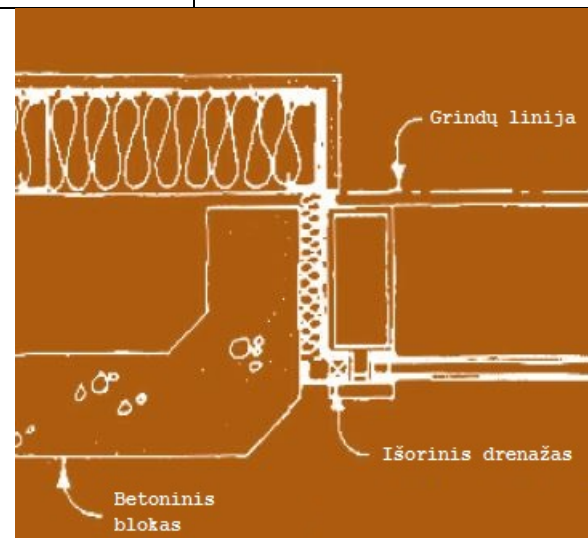
5 pav. Fasado jungimo prie luby principinis mazgas



6 pav. Parapeto jungimo principinis mazgas



7 pav. Fasado jungimo prie tradicionēs mūro sienas principinis mazgas



8 pav. Fasado jungimo prie gelžbetoninės konstrukcijos principinis mazgas

2.2 Fasadinių sistemų bandymai

Aliuminio – stiklo fasadų parametrai dažniausiai nustatomi laboratoriniais bandymais. Bandymais nustatomi tokie parametrai kaip mechaninis stiprumas, matmenų nukrypimai priklausomai nuo tarnavimo laiko, sandarumas (oro ir vandens pralaidumas), vandens pralaidumas veikiant dinaminiais poveikiams, paviršiaus kondensato susidarymas.

„Fasado mechaninis patvarumas, aliuminio profilių įlinkiai bei poslinkiai nustatomi, stiklo paketo ir konstrukcijos suirimas pasiekus ribinę apkrovą išbandomi vadovaujantis ASTM-330 (angl. „*Standard test method for structural performance of exterior windows, curtain walls and doors by uniform static pressure difference*“) procedūromis“ [1]. Bandymo esmė – tarp dviejų patalpų įrengiamas fasado dalį atitinkantis bandinys. Išsiurbiant arba įpučiant orą į vieną iš patalpų sukuriama slėgių skirtumas. Bandinys stebimas – matuojami karkaso profilių deformacijos ir įlinkiai. Nustatoma bandinio ar jo elementų suirimo priežastis.

Fasadas privalo būti sandarus – į pastato vidų neturi prasiskverbti oras ir vanduo. Europoje galiojantys minimalūs reikalavimai priklauso nuo pastato klasės. Aukščiausią klasę pasiekiančių pastatų sandarumo bandymų rezultatas neturi viršyti $0,1 \text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ prie 75 Pa slėgio. „Nustatant didžiausią drėgmės pralaidumą vadovaujama ASTM E-283 (angl. „*Standard test method to determine the rate of air leakage through exterior windows, curtain walls and doors under specific pressure differences across the specimen*“) bandymo procedūromis“ [1]. Bandymo esmė – „tarp dviejų patalpų įrengiamas fasado dalį atitinkantis bandinys. Bandinys užsandarinamas perimetru. Iš pradžių bandymo siena uždengiama polietileno plėvele. Išsiurbiant orą iš patalpos sukuriama 75 Pa slėgių skirtumas. Ant išsiurbimo agregato surinktas vandens kiekis, o taip pat ir pro jį pratekančio oro kiekis užfiksuojami. Bandymas pakartojamas pašalinus polietileno plėvelę. Surinktos drėgmės ir pratekėjusio oro kiekių skirtumas tarp bandymų yra sandarumo bandymo rezultatas. Jei rezultatas viršija norminę reikšmę, atliekamos bandinio korektūros ir bandymas kartojamas iš naujo“ [3].

Fasadas, į pastato vidų, privalo nepraleisti lietaus vandens ir vandens, susidariusio tirpstant ledui. „Nustatant ar fasadas yra nelaidus lietaus vandeniui vadovaujama ASTM E-331 (angl. „*Standard test method for Water Penetration of Exterior Windows, Curtain Walls and Doors by Static Air Pressure Differential*“) bandymo procedūromis“ [1]. Bandymo esmė - tarp dviejų patalpų įrengiamas fasado dalį atitinkantis bandinys. Nuo stendo aptaisyto vandens srovės purkštukais 137 Pa slėgiu vanduo purškiamas į bandinį 15 minučių (slėgis parenkamas pagal projektuojamo pastato geografinę padėtį iš standarto priede pateikiamos lentelės). Atlikus bandymą iš vidinės pusės apžiūrinamas bandinys. Tikrinama ar nėra prasiskverbusio vandens požymių. Kitas bandymo metodas

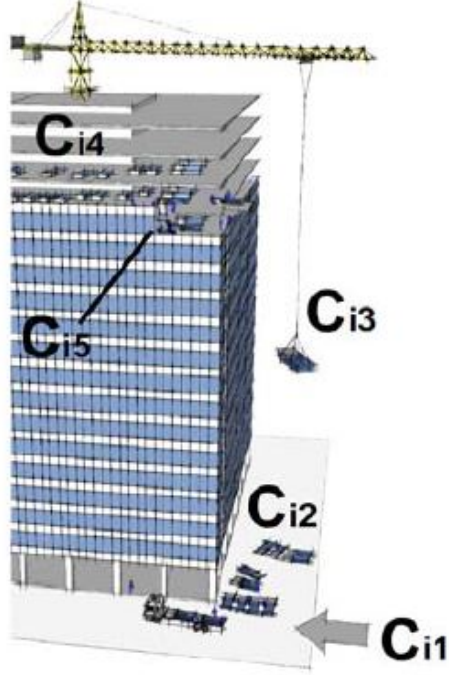
„Nustatant ar fasadas yra nelaidus lietaus vandeniui vadovaujamosi ASTM E-547 (angl. „*Standard test method for Water Penetration of Exterior Windows, Curtain Walls and Doors by Cyclic Static Air Pressure Differential*“) bandymo procedūromis“ [1]. Bandymo esmė panaši kaip ir ASTM -331 tik šiuo atveju bandymas atliekamas keturiais ciklais 5 min įjungiant ir 1 min išjungiant stiprų vėją sukeltą reaktyvinio lėktuvo variklio.

Fasadas privalo nepraleisti šalčio į pastato vidų. Nustatant ar fasadas yra nelaidus šilumai tarp dviejų patalpų įrengiamas fasado dalį atitinkantis bandinys. Vidinėje pusėje sudaromos projektinė temperatūra ir santykinį oro drėgnį atitinkančios sąlygos, išorinėje pusėje sukuriama projektinė lauko sąlygos. Bandymas tęsiamas kol sąlygos nusistovi. Stebima vidinio paviršiaus temperatūra ir susidariusio kondensato kiekis vidinėje bandinio pusėje. Rezultatai pateikiami standartiniais koeficientais – U vertė $W/m^2 \cdot K$, kurios prasmė yra bandymo metu atitvara pratekėjęs šilumos energijos kiekis per $1 m^2$ atitvaros plotą, kai temperatūrų skirtumas abipus atitvaros yra 1 K ($1^\circ C$).

2.3 Fasado elementų montavimo ypatumai

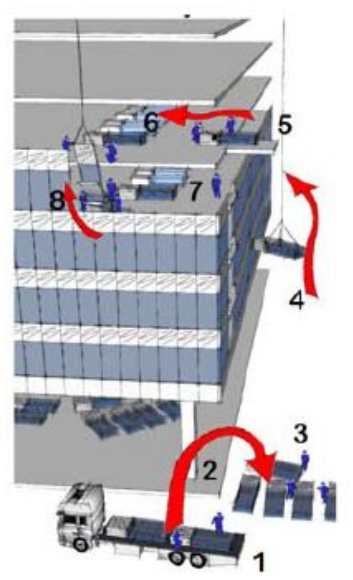
Aliuminio-stiklo fasado montavimas tampa vis sudėtingesnis didėjant pastato aukščiui. Pagrindinė problema – medžiagų pakėlimas į reikiamą aukštį. Trikdžiai šiame procese sukelia grandininę reakciją fasado montavimo efektyvumo sumažėjimui. „LEAN statybos tikslas – optimizuoti pastato statybos procesą, kaip bendrą vienetą, tam kad būtų sukurta maksimali pridėtinė vertė, tuo pat metu spartinant darbo tempą ir mažinant „atliekų“ kiekį (netoleruojant veiklos kuri nekuria pridėtinės vertės). Įvardijamos 7 „atliekų“ rūšys: 1. Gaminių defektai, 2. Viršplaninė gamyba 3. Įrankių defektai 4. Bereikalingi procesai 5. Bereikalingas žmonių judėjimas 6. Bereikalingas transportavimas (ar klaidos logistikoje) 7. laukimas“ [5]. Viena dažniausiai pasireiškiančių problemų fasado montavime – kompanijų įrengiančių kitas, susijusias konstrukcijas (karkasą) vėlavimas ar nekokybiškai atlikti darbai. Tai iššaukia papildomus nereikalingus procesus defektų šalinimui ar laukimą. Kadangi karkaso ir fasado montavimo procesai seka vienas paskui kitą (vienas negali prasidėti, kol prieš tai esantis nėra pabaigtas (angl. „finish to start“), vienam statybos dalyviui laiku neatlikus suplanuoto darbo, visas statybų procesas gali būti sustabdomas. „Tokios problemos sprendžiamos atskiriant fasado įrengimą, nuo visų likusių statybos darbų, taip mažinant prastovas“ [5]. Principinė fasado montavimo schema iliustruota 8 pav. ir 3 lentelėje.

3 lentelė. Principinė fasado montavimo schema [5]

 <p><i>9 pav. Principinė fasado montavimo schema</i></p>	<p>C_{i1} – Medžiagų tiekimas: vadovaujasi efektyvios statybinių medžiagų tiekimo grandinės principais</p> <p>C_{i2} – Medžiagų sandėliavimas: statybvietės viduje vykdomų medžiagų transportavimo procesai, kuriantys pridėtinę vertę</p> <p>C_{i3} – Vertikalus transportavimas: visi procesai susiję su statybinių medžiagų judėjimu vertikalia kryptimi</p> <p>C_{i4} – Montavimo aikštelės paruošimas: kitų statybos dalyvių procesų užbaigimas, laukimas, medžiagų ir įrankių organizavimas</p> <p>C_{i5} – Montavimas: montuotojų ir pagalbinių darbininkų darbo jėga, fasado elementų montavimas į numatytą padėtį</p>
---	--

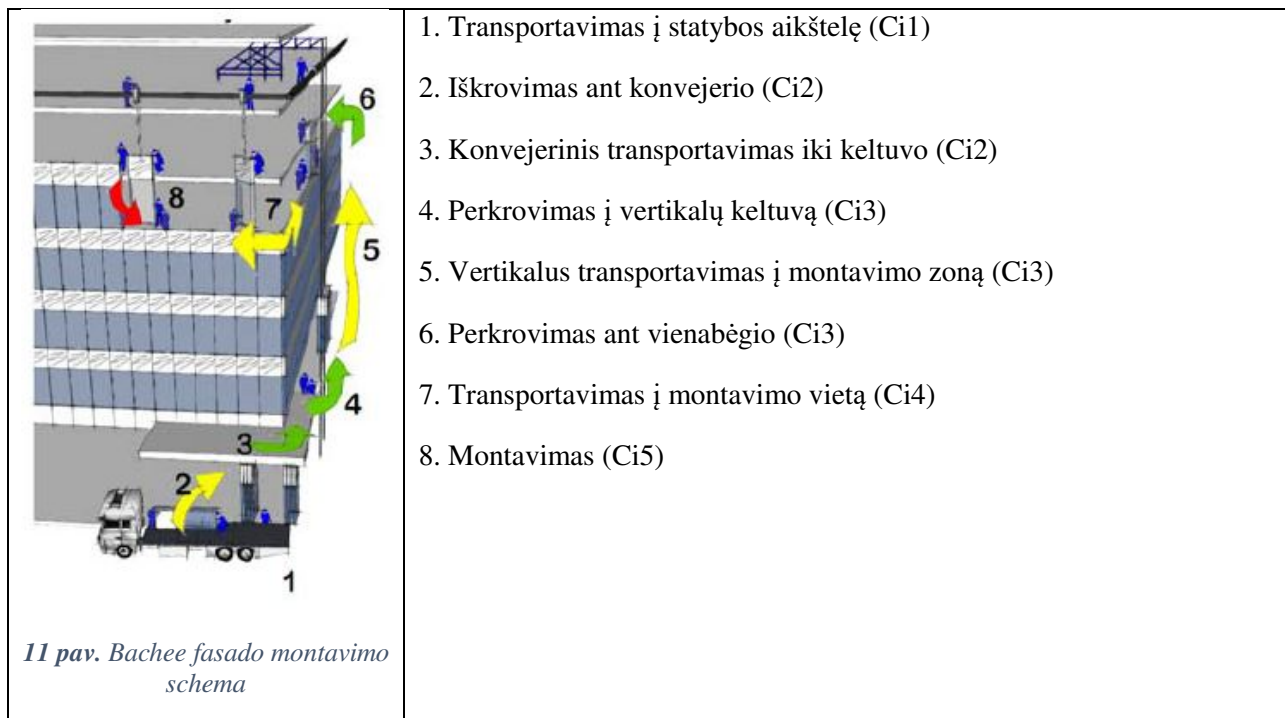
Tradicinė fasado montavimo schema iliustruota 9 pav. ir 4 lentelėje.

4 lentelė. Tradicinė fasado montavimo schema [5]

 <p><i>10 pav. Tradicinė fasado montavimo schema</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Transportavimas į statybos aikštelę (Ci1) 2. Iškrovimas ant žemės (Ci2) 3. Laikinas sandėliavimas (Ci2) 4. Vertikalus transportavimas į reikiamą aukštą (Ci3) 5. Transportavimas į reikiamą vietą aukšte (Ci3) 6. Sandėliavimas aukšte (Ci4) 7. Transportavimas į montavimo vietą (Ci4) 8. Montavimas (Ci5)
---	---

Optimizavus fasado montavimo procesus (naudojant Beeche sistemą) pasiekiamas žymiai didesnis darbo našumas. Bachee schema iliustruota Pav. 10 ir 5 lentelėje.

5 Lentelė. Bachee fasado montavimo schema [5]



Atsižvelgiant į rinkos patirtį, fasadų gamintojai įvertina, kad 5-7 proc. stiklo paketų sudaužomi montavimo metu. „Naudojant Beeche sistemą stiklų sudaužymą įmanoma sumažinti iki ~0,3 proc. Bachee sistema yra lankstesnė ir paspartina darbų vykdymo eigą. Dėl padidėjusio našumo projektai įvykdomi keliais mėnesiais anksčiau numatytos datos“ [5].

Siekiant didžiausio našumo įrengiant aliuminio-stiklo fasadą statybvietyje atliekamų procesų skaičius turi būti sumažinamas iki minimalaus skaičiaus elementariausių procesų, reikalingų konkretaus tipo fasadui sumontuoti. Didžioji dalis fasado gaminių turi būti surinkti ir supakuoti gamykloje, atvežami į statybvietyje tik įstatymui į projektinę padėtį. Gamykloje surinkti fasado elementai pasižymi aukštesne gaminio kokybe, kadangi lengviau užtikrinamos surinkimui optimalios aplinkos sąlygos – į oro tarpus nepatenka perteklinis drėgmės kiekis, komponentai.

3 Aliuminio-stiklo fasado medžiagų aprašymas

3.1 Mineralinė vata ir jos savybės

Mineralinė vata - tai bendras neorganinių plaušinių medžiagų pavadinimas. Mineralinė vata yra labai minkšta, lanksti šilumą izoliuojanti medžiaga. Šios savybės leidžia ją naudoti bet kokios formos konstrukcijose. Ji yra gaminama minimaliomis energijos sąnaudomis iš gamtinių žaliavų.

PAGRINDINĖS MINERALINĖS VATOS SAVYBĖS

Mineralinė vata yra atspari aukštos temperatūros poveikiui. Vata gaminama iš natūralaus vatos pluošto, todėl pradeda lydėtis tik paveikus $> 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ dvi valandas. Mineralinės vatos sudėtyje esančių rišamųjų medžiagų ir hidrofobinių priedų terminio atsparumo savybės nėra labai geros, tačiau mineralinė vata yra laikoma nedegia medžiaga. Be to, mineralinė vata pasižymi dideliu atsparumu daugumos cheminių substancijų poveikiui. Vandens garų laidumo koeficientas yra labai aukštas ir sudaro maždaug $480 \times 10^{-6}\text{ g}/(\text{mh}\cdot\text{Pa})$. Tai leidžia netrukdomai prasiskverbti vandens garams. Anksčiau paminėtieji hidrofobiniai priedai riboja vandens ir ore esančio vandens garų kapiliarinės sugerties savybę. Fasadinėms mineralinėms vatos plokštėms būdingas didelis svoris, mažas standumo laipsnis ir palyginti nedidelis atsparumas (stiprumas). Tačiau, pluoštinės struktūros dėka, plokštės užtikrina gera sienų garso izoliaciją.

3.2 Stiklo paketai ir jų savybės

Stiklas yra vienas iš pagrindinių komponentų stiklo paketų gamyboje, nulemiantis daugelį stiklo paketų funkcinių savybių. Stiklo paketai gaminami naudojant 2 arba 3 stiklo lakštus. Pagrindiniai stiklo paketo komponentai: stiklas, distancinis rėmelis, vidinis/išorinis hermetikai.

Stiklo paketai turi šias pagrindines charakteristikas:

- Šiluminės savybės - Šilumos perdavimas per stiklo paketą yra išreiškiamas šilumos perdavimo koeficientu U – šilumos perdavimas per 1 m^2 ploto paviršių esant 1 laipsniui Kelvino temperatūrų skirtumui tarp skirtingų paviršiaus pusių, $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Kuo šilumos perdavimo koeficientas mažesnis, tuo efektyvesnė stiklo paketo šilumos izoliacija.

6 lentelė. Stiklo paketo parametrai

Įstiklinimo tipas	Saulės faktorius g (EN410)	Šilumos perdavimo koeficientas U (EN410)
4 mm	0,85	5,8
4 mm-16*- 4 mm	0,75	2,7
4 mm-16*Ultra- 4 mm	0,6	1,4
4 mm-16 argonas- 4 mm	0,6	1,1
4 mm-12 argonas- 4 mm	0,6	1,3
6 mm-14 argonas- 4 mm	0,38	1,2
6 mm-16 argonas- 4 mm	0,38	1,1
8mm -14 argonas- 4 mm	0,31	1,2
8mm-16 argonas- 4 mm	0,31	1,1
4 mm-16 argonas- 4 mm-16 argonas- 4 mm	0,47	0,6

- Šviesos laidumas – Šviesos perdavimo koeficientas (LT %) – kiek procentų šviesos praleidžia stiklas ar stiklo paketas. Šviesos atspindėjimo koeficientas (LR) – kiek procentų šviesos atspindi stiklas ar stiklo paketas.

- Saulės faktorius - Saulės faktorius (g) – kokią dalį saulės energijos tiesiogiai ir netiesiogiai praleidžia stiklas ar stiklo paketas.

- Garso izoliacija - Garso izoliavimo indeksas (R_w) parodo, koks yra skirtumas tarp garso intensyvumo skirtingose izoliuojančio objekto (lango) pusėse. Kai garso banga atsitrenkia į langą, ji sukelia vibraciją, dėl kurios triukšmas patenka į pastato vidų. Kokia triukšmo dalis pateks į pastatą, priklauso nuo lango garso izoliavimo savybių. Triukšmas gali būti įvairių garso dažnių (pvz., eismo triukšmas – 80 Hz, variklis – 25 Hz arba 50 Hz, generatorius – 80 Hz, aušinimo kompresorius – 50 Hz ir 100 Hz). Langas tuo geriau izolios triukšmą, kurio norima išvengti, kuo jis mažiau vibruos pastarojo triukšmo dažnyje.

Kiekvienas langas turi savo rezonavimo dažnį. Tai yra dažnis, kuriame langas turi natūralų polinkį vibruoti. Jeigu lango rezonavimo dažnis yra artimas arba toks pat kaip ir norimo blokuoti triukšmo dažnis, lango garso izoliavimo savybės gali pablogėti 10 – 15 dB.

Lentelėje pateikti stiklo paketų su Saint-Gobain stiklu garso izoliavimo indekso dydžiai.

7 lentelė. Stiklo paketo garso izoliavimo dydžiai

Stiklo paketo struktūra	R_w	C	Ctr	R	Rtr
6mm	32	-1	-2	31	30
8mm	33	-1	-2	32	31
10mm	35	-1	-2	34	33
4-12*-4	31	-1	-4	30	27
4-16-4	30	-1	-3	29	27
6-12-4	33	-1	-4	32	29
6-12-4	33	-1	-4	32	29
4-12-8	36	-2	-5	34	35
4-12-4-12-4	31	-1	-5	30	26
4-16-4-16-4	32	-2	-5	30	27
6-12-4-12-4	36	-1	-5	35	31

- Mechaninės savybės (saugumas, terminis atsparumas) - Šiuolaikiniams langams keliami aukšti reikalavimai jų saugumo lygiui – jie turi užtikrinti pakankamą apsaugą nuo įsilaužimo, vandalizmo aktų, atsitiktinių smūgių, turi būti atsparūs gaisro atveju, ypatingais atvejais turi apsaugoti nuo kulų ir sprogimo bangos.

Grūdinti stiklai turi 6-7 kartus didesnę atsparumą mechaniniam poveikiui, smūgio metu sutrupa į smulkius (4-6mm), žmogui nepavojingus gabaliukus. Grūdinami aukštoje temperatūroje. Technologija sudėtinga, ir paprastai toks stiklas yra 2-3 kartus brangesnis už paprastą.

Laminuotų stiklų viduje esanti plėvelė neleidžia pažeistam stiklui subyrėti ir taip išlaiko mechaninį stabilumą. Nėra aštrių stiklo šukių. 2-3 kartus brangesnis už paprastą. Įvairios stiklo ir plėvelės kombinacijos leidžia pagaminti ugniai, garsui ir smūgiams atsparius stiklus.

Laminuoti specialia plėvele ar užpildais stiklai gali atlaikyti dideles temperatūras ir naudojami kaip ugniai atsparios atitvaros tose pastatų vietose, kur gali būti žmonių ar vykti jų evakuacija gaisro metu.

Laminuoti grūdinti stiklai turi abi šias unikalias savybes.

3.3 Aliuminio profilių karkasas

Nuo tinkamo aliuminio profilių karkaso tipo parinkimo priklauso pastato estetiškas vaizdas, gamybos ir montavimo darbų sparta, eksploatacinės savybės.

Standartinė surenkamo aliuminio-stiklo karkaso sistema sudaryta iš vertikalinių (statramsčių) ir horizontalinių (rygelių) profilių, kurie pagaminami gamykloje ir surenkami statybvietyje. Pagrindinė karkaso sudedamoji dalis – apkrovas atlaikantys statramsčiai, kurie tvirtinami prie pastato karkaso specialiomis tvirtinimo detalėmis. Rygeliai įtvirtinami tarp dviejų statramsčių į iš anksto paruoštas vietas ir surinkto karkaso angos uždengiamos skaidriu arba neskaidriu stiklu, įstatomi langai, durys arba įstatoma metalinė kasetė su mineralinės vatos užpildu ir įvairia apdaila (neskaidrios zonos įrengimas).

Vandens nuvedimas išsprendžiamas specialiomis įdėtinėmis detalėmis statramsčiuose arba surenkant vandenį ant viršutinės rygelio dalies ir išpjaunant specialias skylės kiekvienoje horizontalaus profilio apdailos detalėje.

3.4 Silikoninis hermetikas

Karščiui atsparus silikoninis hermetikas/klijai – vienkomponentis silikonas, kuri sukietėja iki gumos kietumo kambario temperatūroje, kai sąveikauja su ore esančiais vandens garais. Šis silikono produktas yra sukurtas taip, kad atlaikytų pastovias temperatūras nuo -65°C iki 260°C ir periodiškai pakylančią iki $+315^{\circ}\text{C}$ temperatūrą. Jis gali būti naudojamas įvairiems hermetizavimo ir klijavimo darbams.

4 Analitinė dalis

Kiekviena nauja statyba susijusi su įvairiomis (pagal savo pobūdį) rimtomis paieškomis – sklypų, projektuotojų, statybininkų, statybinių medžiagų, įrangos ir t.t. Kokie yra optimalūs sprendimai ir kuo labiau reikėtų vadovautis, pasirenkant tarp galimybių įvairovės. Šiandien yra ganėtinai sunku orientuotis įvairioje bei gausioje technologijų ir statybinių medžiagų pasiūloje. Nuolatinės diskusijos tampa kasdienybe, lydinčia užsakovus, architektus ir rangovus nuo pirmosios projekto derinimo, konstrukcijos ir statybinių medžiagų parinkimo dienos. Projektuojant pastatus bei ieškant racionalių sprendimų būtina laikytis Statybos įstatymo ir kitų norminių dokumentų reikalavimų. Visų pirma projektuojamas statinys turi tenkinti esminius statinio reikalavimus.

4.1 Galimų fasado konstrukcijų analizė

Konstrukcija – bet kokios rūšies materialus darinys, skirtas atlaikyti apkrovas ir poveikius. Materialių darinių yra įvairių, bet tuos, kurie geba atlaikyti apkrovas ir poveikius, mes vadinsime konstrukcija.

Nepaisant šiuolaikinių pastatų formų įvairovės, daugumą jų sudaro tie patys pagrindiniai konstrukcijos elementai, kiekvienas iš kurių atlieka tam tikras funkcijas.

Atitvariniai konstrukcijų elementai - skirstantys namą į atskirus kambarius ir erdves ir atliekantys šilumos ir garso izoliacijos funkciją, o taip pat saugantys nuo aplinkos poveikio.

Fasado karkasas įrengiamas iš aliuminio profilių. Aliuminio profiliai yra lengvi ir pakankamai stiprūs, kad atlaikytų fasadą veikiančias apkrovas (vėjo, savojo svorio). Gaminami ekstruzijos būdu jie gali įgauti bet kokią skerspjūvio formą, yra atsparūs korozijai, ilgaamžiški. Tai yra pagrindiniai aliumininių konstrukcijų privalumai. Kita teigiama savybė – paprastas aliumininių elementų jungimas. Tai leidžia atskirus elementus ir jų dalis, pagamintas gamykloje, nesunkiai sujungti statybvietyje. Atsižvelgiant į jungimo būdą, jos gali būti lengvai demontuojamos. Tai labai svarbu rekonstruojant pastatus.

Be minėtų pranašumų, aliumininės konstrukcijos turi ir neigiamų savybių. Didelis šilumos laidumo koeficientas, o to pasekoje ir didelis šiluminis plėtimasis. Sąlyginai didelė žaliavos kaina.

Stiklo paketai yra itin paprastas būdas įrengti atitvarinę konstrukciją. Paprastas pagaminimo procesas, geros mechaninės ir fizikinės savybės ir maža gaminių kaina, galimybė pagaminti tiek skaidrų tiek ir ne skaidrų yra pagrindiniai stiklo paketų privalumai.

Kaip trūkumus būtų galima įvardinti labai ribotus gaminių matmenis (didžiausias galimas stiklo paketo dydis - 7x4 m.), per tam tikrą laiką išsisandarinant išteka argono dujos ir prarandamos termo savybės.

4.2 Alternatyvių sprendimų vertinimas

Magistro darbe nagrinėjami 5 galimi fasado variantai:

- 1) Visos laikančios konstrukcijos aliumininės, o karkaso angos įstiklintos (A₁).
- 2) Visos laikančios konstrukcijos aliumininės, 50 proc. karkaso angų įstiklintos, o kita dalis – neskaidrus užpildas su apskardinimu (A₂).
- 3) Visos laikančios konstrukcijos aliumininės, 50 proc. karkaso angų įstiklintos, o kita dalis – neskaidrus užpildas su akmens apdaila (A₃).
- 4) Visos laikančios konstrukcijos aliumininės, 20 proc. karkaso angų įstiklintos, o kita dalis – neskaidrus užpildas su apskardinimu (A₄).

- 5) Visos laiknčios konstrukcijos aliumininės, 20 proc. karkaso angų įstiklintos, o kita dalis – neskaidrus užpildas su akmens apdaila (A₅).

Parinkti 5 kriterijai, pagal kuriuos bus išrinktas racionalus variantas:

1. K-1 estetika, balai;
2. K-2 medžiagų kaina, Eur;
3. K-3 šilumos išsaugojimas, W/(m²·K);
4. K-4 pagaminimo ir sumontavimo sudėtingumas, balai;
5. K-5 elemento pakeitimo sudėtingumas garantiniu periodu, balai.

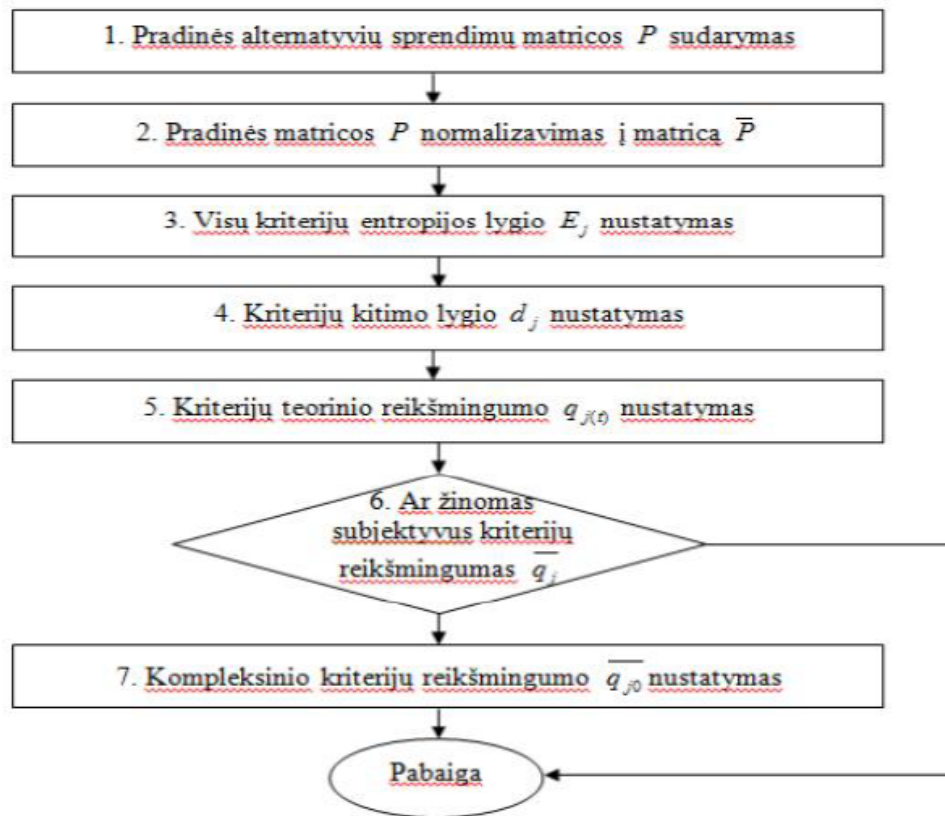
4.3 Vertinimo kriterijų nustatymas

Pradiniai alternatyvių sprendimų duomenys pateikti 8 lentelėje.

8 lentelė. Pradiniai alternatyvių sprendimų duomenys

Kriterijai					
Alternatyvūs sprendimai	Estetika, balai	Medžiagų kaina, Eur/m²	Šilumos išsaugojimas, W/(m²·K)	Pagaminimo ir sumontavimo sudėtingumas, balai	Elemento pakeitimo sudėtingumas garantiniu periodu, balai
A1	10	315,68	0,72	7	4
A2	8	284,87	0,65	6	6
A3	10	434,60	0,68	8	9
A4	7	237,66	0,52	5	7
A5	9	692,31	0,56	10	10
Suma	44	1965,12	3,13	36	36
Optimalus	MAX	MIN	MIN	MIN	MIN

Entropijos metodo algoritmas pateiktas 12 paveiksle.



12 pav. Entropijos metodo algoritmas

Entropija – atsitiktinio dydžio neapibrėžtumo matas. Entropija taikoma nustatant vertinimo kriterijų teorinį ir kompleksinį reikšmingumus. Pradiniai alternatyvių sprendimų duomenys pateikti 8 lentelėje. Atlikiame matricos normalizavimą pagal formulę:

$$\bar{P}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}; (V_{ij}, \text{ kai } i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}) \quad (4.3.1)$$

Normalizavus pagal šią formulę gaunama normalizuota matrica \bar{P} , kur visi elementai yra nedimensiniai dydžiai ($x_{i,j}$).

9 lentelė. Normalizuota matrica \bar{P}

Kriterijai Alternatyvūs sprendimai	Estetika, balai	Medžiagų kaina, Eur/m ²	Šilumos išsaugojimas, W/(m ² ·K)	Pagaminimo ir sumontavimo sudėtingumas, balai	Elemento pakeitimo sudėtingumas garantiniu periodu, balai
A1	0,227	0,161	0,23	0,194	0,111
A2	0,182	0,145	0,208	0,167	0,167
A3	0,227	0,221	0,217	0,222	0,25
A4	0,159	0,121	0,166	0,139	0,194
A5	0,205	0,352	0,179	0,278	0,278

Nustatome kiekvieno kriterijaus entropijos lygį E_j pagal formulę:

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m (P_{ij} \cdot \ln P_{ij}); (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}), k = \frac{1}{\ln(m)} \quad (4.3.2)$$

10 lentelė. Papildoma matrica

Kriterijai Alternatyvūs sprendimai	Estetika, balai	Medžiagų kaina, Eur/m ²	Šilumos išsaugojimas, W/(m ² ·K)	Pagaminimo ir sumontavimo sudėtingumas, balai	Elemento pakeitimo sudėtingumas garantinių periodu, balai
A1	-0,3367	-0,2937	-0,3380	-0,3184	-0,2441
A2	-0,3100	-0,2800	-0,3264	-0,2986	-0,2986
A3	-0,3367	-0,3337	-0,3317	-0,3342	-0,3466
A4	-0,2925	-0,2555	-0,2982	-0,2742	-0,3184
A5	-0,3246	-0,3675	-0,3079	-0,3558	-0,3558
Suma	-1,6005	-1,5304	-1,6022	-1,5813	-1,5636

Entropijos lygis E_j kinta intervale $[0;1]$, todėl galime parašyti $0 \leq E_j \leq 1$ kur $(j = \overline{1, n})$. Taigi entropijos lygiai nurodyti 11 lentelėje:

11 lentelė. Entropijos lygis

Kriterijai Alternatyvūs sprendimai	Estetika, balai	Medžiagų kaina, Eur/m ²	Šilumos išsaugojimas, (W/m ² ·K)	Pagaminimo ir sumontavimo sudėtingumas, balai	Elemento pakeitimo sudėtingumas garantinių periodu, balai
E_j	0,8932	0,8542	0,8942	0,8825	0,8726

Toliau nustatomas kriterijų kitimo lygis d_j pagal formulę:

$$d_j = 1 - E_j, \text{ kur } (j = \overline{1, n}) \quad (4.3.3)$$

12 lentelė. Kriterijų kitimo lygis

Kriterijai Alternatyvūs sprendimai	Estetika, balai	Medžiagų kaina, Eur/m ²	Šilumos išsaugojimas, (W/m ² ·K)	Pagaminimo ir sumontavimo sudėtingumas, balai	Elemento pakeitimo sudėtingumas garantinių periodu, balai
d_j	0,1068	0,1458	0,1058	0,1175	0,1274

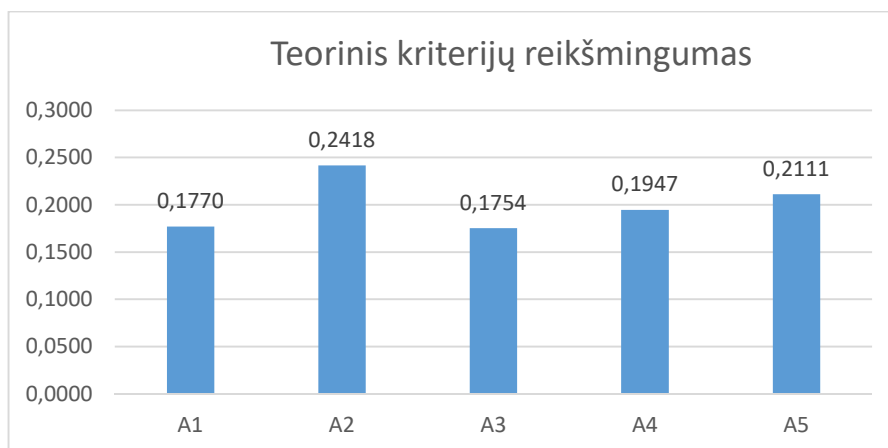
Kadangi visi kriterijai vienodai yra svarbūs, tai teorinis kriterijų reikšmingumas nustatomas pagal formulę:

$$q_{j(t)} = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j}; (j = \overline{1, n}) \quad (4.3.4)$$

Visi skaičiavimo rezultatai pateikti 13 lentelėje ir stulpelinėje diagramoje.

13 lentelė. Teorinis kriterijų reikšmingumas

Kriterijai Alternatyvūs sprendimai	Estetika, balai	Medžiagų kaina, Eur/m ²	Šilumos išsaugojimas, W/(m ² ·K)	Pagaminimo ir sumontavimo sudėtingumas, balai	Elemento pakeitimo sudėtingumas garantiniu periodu, balai
q _{j(t)}	0,1770	0,2418	0,1754	0,1947	0,2111



13 pav. Teorinis kriterijų reikšmingumas

Kadangi yra žinomas subjektyvus kriterijų reikšmingumas \bar{q}_j , kuris yra lygus (14 lentelė):

14 lentelė. Subjektyvus kriterijų reikšmingumas

Estetika, balai	Medžiagų kaina, Eur/m ²	Šilumos išsaugojimas, (W/m ² ·K)	Pagaminimo ir sumontavimo sudėtingumas, balai	Elemento pakeitimo sudėtingumas garantiniu periodu, balai	Σ
0,4	0,2	0,2	0,1	0,1	1

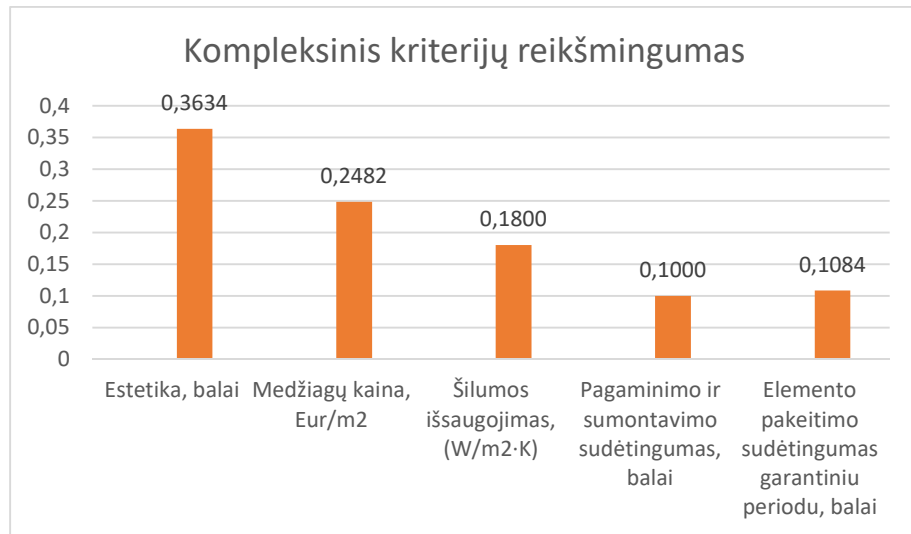
Tuomet galime nustatyti kompleksinį kriterijų reikšmingumą pagal formulę:

$$\bar{q}_{j0} = \frac{\bar{q}_j \cdot q_{j(t)}}{\sum_{j=1}^n (\bar{q}_j \cdot q_{j(t)})}; (j = \overline{1, n}) \quad (4.3.5)$$

Visi skaičiavimo rezultatai pateikti 15 lentelėje ir stulpelinėje diagramoje.

15 lentelė. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas

Kriterijai Alternatyvūs sprendimai	Estetika, balai	Medžiagų kaina, Eur/m ²	Šilumos išsaugojimas, (W/m ² ·K)	Pagaminimo ir sumontavimo sudėtingumas, balai	Elemento pakeitimo sudėtingumas garantiniu periodu, balai
q ₀	0,3634	0,2482	0,1800	0,1000	0,1084



14 pav. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas

4.4 Fasado įrengimo efektyvaus sprendimo nustatymas taikant kriterijų porinio palyginimo metodą.

Nustatomas fasado įrengimo darbų prioritetų eilutė ir reikšmingumas, taikant ekspertinį porinio palyginimo metodą bei patikriname kendalo konkordancijos koeficientą.

Visi variantai palyginami tarpusavyje poromis. Jei teigiama, kad variantas x_i yra geresnis už variantą x_j , tai suteikiamas „1“, o x_j – „0“. Kiekvieno eksperto palyginimo duomenis surašome į porinio palyginimo matricas (16 – 44 lentelės):

- X1- estetika, balai;
- X2 - medžiagų kaina, Eur;
- X3 - šilumos išsaugojimas, W/(m²·K);
- X4 - pagaminimo ir sumontavimo sudėtingumas, balai;
- X5 - elemento pakeitimo sudėtingumas garantiniu periodu, balai.

16 lentelė. I eksperto duomenys

Priežastys	X1	X2	X3	X4	X5
X1	-	0	0	0	0
X2	1	-	1	1	1
X3	1	0	-	1	1
X4	1	0	0	-	1
X5	1	0	0	0	-

18 lentelė. III eksperto duomenys

Priežastys	X1	X2	X3	X4	X5
X1	-	0	1	1	1
X2	1	-	1	1	1
X3	0	0	-	1	1
X4	0	0	0	-	1
X5	0	0	0	0	-

17 lentelė. II eksperto duomenys

Priežastys	X1	X2	X3	X4	X5
X1	-	1	1	1	1
X2	0	-	1	1	1
X3	0	0	-	1	1
X4	0	0	0	-	0
X5	0	0	0	1	-

19 lentelė. IV eksperto duomenys

Priežastys	X1	X2	X3	X4	X5
X1	-	0	0	0	0
X2	1	-	1	1	1
X3	1	0	-	1	1
X4	1	0	0	-	1
X5	1	0	0	0	-

20 lentelė. V eksperto duomenys

Priežastys	X1	X2	X3	X4	X5
X1	-	1	1	1	1
X2	0	-	1	1	1
X3	0	0	-	1	1
X4	0	0	0	-	0
X5	0	0	0	1	-

21 lentelė. VI eksperto duomenys

Priežastys	X1	X2	X3	X4	X5
X1	-	0	0	0	0
X2	1	-	1	1	0
X3	1	0	-	1	0
X4	1	0	0	-	0
X5	1	1	1	1	-

22 lentelė. VII eksperto duomenys

Priežastys	X1	X2	X3	X4	X5
X1	-	0	0	0	1
X2	0	-	1	1	1
X3	0	0	-	1	1
X4	1	0	0	-	1
X5	0	0	0	0	-

23 lentelė. VIII eksperto duomenys

Priežastys	X1	X2	X3	X4	X5
X1	-	1	1	0	1
X2	0	-	1	1	1
X3	0	0	-	1	1
X4	1	0	0	-	1
X5	0	0	0	0	-

24 lentelė. IX eksperto duomenys

Priežastys	X1	X2	X3	X4	X5
X1	-	0	0	0	1
X2	1	-	1	1	1
X3	1	0	-	1	1
X4	1	0	0	-	1
X5	0	0	0	0	-

25 lentelė. X eksperto duomenys

Priežastys	X1	X2	X3	X4	X5
X1	-	1	0	1	1
X2	0	-	1	1	1
X3	1	0	-	1	1
X4	0	0	0	-	1
X5	0	0	0	0	-

26 lentelė. XI eksperto duomenys

Priežastys	X1	X2	X3	X4	X5
X1	-	0	1	0	0
X2	1	-	1	1	1
X3	0	0	-	1	0
X4	1	0	0	-	0
X5	1	0	1	1	-

27 lentelė. XII eksperto duomenys

Priežastys	X1	X2	X3	X4	X5
X1	-	1	1	0	1
X2	0	-	1	1	1
X3	0	0	-	1	1
X4	1	0	0	-	0
X5	0	0	0	1	-

28 lentelė. XIII eksperto duomenys

Priežastys	X1	X2	X3	X4	X5
X1	-	0	0	0	1
X2	1	-	1	1	1
X3	1	0	-	1	1
X4	1	0	0	-	1
X5	0	0	0	0	-

29 lentelė. XIV eksperto duomenys

Priežastys	X1	X2	X3	X4	X5
X1	-	0	0	0	0
X2	1	-	1	1	1
X3	1	0	-	1	1
X4	1	0	0	-	1
X5	1	0	0	0	-

30 lentelė. XV eksperto duomenys

Priežastys	X1	X2	X3	X4	X5
X1	-	0	0	0	0
X2	1	-	1	1	1
X3	1	0	-	1	1
X4	1	0	0	-	1
X5	1	0	0	0	-

31 lentelė. XVI eksperto duomenys

Priežastys	X1	X2	X3	X4	X5
X1	-	0	0	0	1
X2	1	-	1	1	1
X3	1	0	-	1	1
X4	1	0	0	-	1
X5	0	0	0	0	-

32 lentelė. XVII eksperto duomenys

Priežastys	X1	X2	X3	X4	X5
X1	-	0	1	0	1
X2	1	-	1	1	1
X3	0	0	-	1	1
X4	1	0	0	-	1
X5	0	0	0	0	-

33 lentelė. XVIII eksperto duomenys

Priežastys	X1	X2	X3	X4	X5
X1	-	0	0	0	0
X2	1	-	1	1	1
X3	1	0	-	1	1
X4	1	0	0	-	1
X5	1	0	0	0	-

34 lentelė. XIX eksperto duomenys

Priežastys	X1	X2	X3	X4	X5
X1	-	1	1	0	1
X2	0	-	1	1	1
X3	0	0	-	1	0
X4	1	0	0	-	1
X5	0	0	1	0	-

35 lentelė. XX eksperto duomenys

Priežastys	X1	X2	X3	X4	X5
X1	-	0	1	0	1
X2	1	-	1	1	1
X3	0	0	-	1	1
X4	1	0	0	-	1
X5	0	0	0	0	-

36 lentelė. XXI eksperto duomenys

Priežastys	X1	X2	X3	X4	X5
X1	-	0	0	0	0
X2	1	-	1	1	1
X3	1	0	-	1	1
X4	1	0	0	-	1
X5	1	0	0	0	-

37 lentelė. XXII eksperto duomenys

Priežastys	X1	X2	X3	X4	X5
X1	-	1	1	1	1
X2	0	-	1	1	1
X3	0	0	-	1	1
X4	0	0	0	-	0
X5	0	0	0	1	-

38 lentelė. XXIII eksperto duomenys

Priežastys	X1	X2	X3	X4	X5
X1	-	0	1	1	1
X2	1	-	1	1	1
X3	0	0	-	1	1
X4	0	0	0	-	1
X5	0	0	0	0	-

39 lentelė. XXIV eksperto duomenys

Priežastys	X1	X2	X3	X4	X5
X1	-	0	0	0	0
X2	1	-	1	1	1
X3	1	0	-	1	1
X4	1	0	0	-	1
X5	1	0	0	0	-

40 lentelė. XXV eksperto duomenys

Priežastys	X1	X2	X3	X4	X5
X1	-	1	1	1	1
X2	0	-	1	1	1
X3	0	0	-	1	1
X4	0	0	0	-	0
X5	0	0	0	1	-

41 lentelė. XXVI eksperto duomenys

Priežastys	X1	X2	X3	X4	X5
X1	-	0	0	0	0
X2	1	-	1	1	0
X3	1	0	-	1	0
X4	1	0	0	-	0
X5	1	1	1	1	-

42 lentelė. XXVII eksperto duomenys

Priežastys	X1	X2	X3	X4	X5
X1	-	0	0	0	1
X2	0	-	1	1	1
X3	0	0	-	1	1
X4	1	0	0	-	1
X5	0	0	0	0	-

43 lentelė. XXVIII eksperto duomenys

Priežastys	X1	X2	X3	X4	X5
X1	-	1	1	0	1
X2	0	-	1	1	1
X3	0	0	-	1	1
X4	1	0	0	-	1
X5	0	0	0	0	-

44 lentelė. XXIX eksperto duomenys

Priežastys	X1	X2	X3	X4	X5
X1	-	0	0	0	1
X2	1	-	1	1	1
X3	1	0	-	1	1
X4	1	0	0	-	1
X5	0	0	0	0	-

45 lentelė. XXX eksperto duomenys

Priežastys	X1	X2	X3	X4	X5
X1	-	1	0	1	1
X2	0	-	1	1	1
X3	1	0	-	1	1
X4	0	0	0	-	1
X5	0	0	0	0	-

46 lentelė. Suminė porinio palyginimo matrica

Priežastys	X1	X2	X3	X4	X5	Si	qi	Prioritetų eilutė
X1	-	10	13	8	20	51	0,172	3
X2	18	-	30	30	28	106	0,358	1
X3	15	0	-	30	26	71	0,240	2
X4	22	0	0	-	22	44	0,149	4
X5	10	2	4	8	-	24	0,081	5
						Σ=	296	1,0

Kriterijų reikšmingumas nustatomas apskaičiuojant kiekvieno i – tojo varianto eilutės sumą

$$S_i = \sum_{k=1}^n x_{ik}^*$$

Kuo S_i reikšmė didesnė tuo variantas efektyvesnis arba kriterijus reikšmingesnis.

Prioritetų eilutė: $q_2 > q_3 > q_1 > q_4 > q_5$

Čia: q_i – subjektyvus kriterijų reikšmingumas.

*Pastaba: Kai $q_i < 5\%$, pastarąjį galime eliminuoti iš tolimesnių skaičiavimų.

Atliekamas matricos pertvarkymas:

47 lentelė. Suminė pertvarkyta porinio palyginimo matrica

Priežastys	X2	X3	X1	X4	X5
X2	-	30	18	30	28
X3	0	-	15	30	26
X1	10	13	-	8	20
X4	0	0	18	-	22
X5	2	4	10	8	-

Atliekami skaičiavimai dalyvaujant 30 – čiai ekspertu.

Atlikus skaičiavimus būtina patikrinti Konkordacijos koeficientą – ar ekspertų nuomonės sutampa.

$$W = \frac{4(\sum_{i,k} x_{ik}^{*2} - m \sum_{i,k} x_{ik}^* + C_m^2 \cdot C_n^2)}{m(m-1)n(n-1)} = \frac{4(1733 - 30 \cdot 69 + 435 \cdot 10)}{30(30-1) \cdot 5(5-1)} = 0,95 \quad (4.3.6)$$

$$C_m^2 = \frac{m!}{2!(m-2)!} = C_{20}^2 = \frac{20!}{2!(20-2)!} = 435 \quad (4.3.7)$$

$$C_n^2 = \frac{n!}{2!(n-2)!} = C_5^2 = \frac{5!}{2!(5-2)!} = 10 \quad (4.3.8)$$

$$\sum_{i,k} x_{ik}^{*2} = 0^2 + 10^2 + 0^2 + 2^2 + 13^2 + 0^2 + 4^2 + 18^2 + 10^2 + 8^2 = 1733 \quad (4.3.9)$$

*Pastaba. Duomenys naudojami formulėje imami iš 12 matricos apatinės dalies.

Čia: m – ekspertų skaičius;

n – lyginamų alternatyvų skaičius;

C_m^2 - galimi deriniai pagal ekspertus;

C_n^2 - galimi deriniai pagal vertinimo kriterijus;

C_n^b - galimi deriniai pagal priežastis;

C_m^2 - galimi deriniai pagal ekspertus.

5 Konstrukcinė dalis

5.1 Surenkamo aliuminio – stiklo fasado konstrukcinis sprendimas

Pirmame pastato aukšte naudojamas objekte surenkamas aliuminio – stiklo konstrukcijų fasadas. Fasado laikantysis karkasas - Schuco FW50+ aliuminio profilių sistema. Dviejų kamerų grūdinto ir laminuoto stiklo paketai, kurių aukštis siekia 5,3 m. Pirmo aukšto fasadą sudaro tik skaidri dalis. Bendras karkaso statramsčių ilgis – 381,6 m, bendras rygelių ilgis – 290,4 m. Bendras surenkamo aliuminio – stiklo fasado uždengiamas plotas pirmame aukšte – 856,4 m². Fasado fragmento vaizdas, pjūviai ir detalės detalizuotos 2 priede. Fasadas konstruojamas taip, kad savo charakteristikomis atitiktų A energinės klasės reikalavimus. Standartinė detalė fasado karkasui tvirtinti prie gelžbetoninės perdangos parenkama iš sistemos gamintojo katalogo įvertinant pastatą veikiančią vėjo apkrovą.

5.2 Elementinio (modulinio) aliuminio – stiklo fasado konstrukcinis sprendimas

Likusiuose pastato aukštuose naudojamos elementinio tipo aliuminio – stiklo fasado konstrukcijos. Elementinio tipo fasado principas – iš anksto suprojektuoti, nustatyto dydžio ir konfigūracijos fasado elementai preciziškai surenkami gamykloje. Surinkinėjant fasado elementus gamykloje pasiekiamas didesnis gamybos našumas, išvengiama klaidų galinčių atsirasti dėl darbo lauko sąlygomis, konstrukcija iš vidaus nepaveikiama kritulių. Gamykloje užtikrinama oro temperatūra tinkamai sukietėti silikoniniam sandarikliui, todėl silikonavimo siūlės yra aukštesnės kokybės. Vieno fasado elemento plotis - 2,8 m, aukštis – 4,7 m. Bendras elementinio aliuminio – stiklo fasado uždengiamas plotas – 3750 m². Fasado fragmento vaizdas, pjūviai ir detalės detalizuotos 2 priede. Fasadas konstruojamas taip, kad savo charakteristikomis atitiktų A energinės klasės reikalavimus. Detalė fasado elementams tvirtinti prie gelžbetoninės perdangos parenkama iš sistemos gamintojo katalogo įvertinant veikiančią vėjo apkrovą ir savąjį elemento svorį.

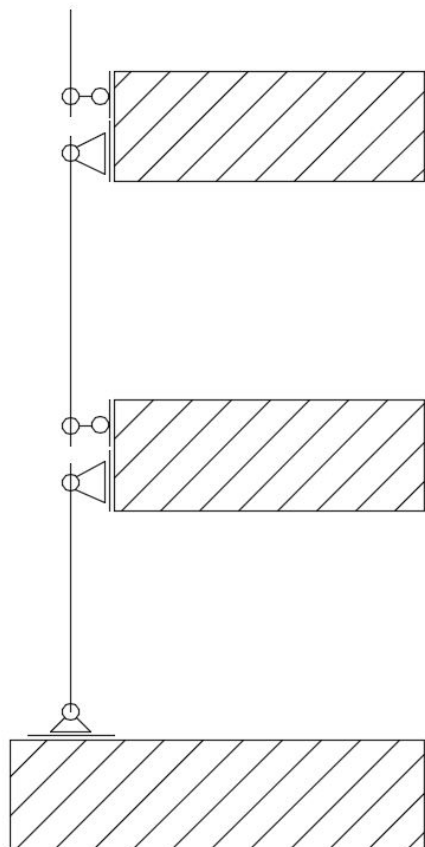
5.3 Fasado tvirtinimo elemento stiprumo skaičiavimas

Aliuminio – stiklo fasado elementai tvirtinami prie pastato perdangos specialiomis, aliumininėmis, tvirtinimo detalėmis (16 pav.). Principinė elementinio fasado konstrukcinė schema pateikta 15 pav. Fasado elementai tvirtinami pagal statiškai išsprendžiamą schemą, kai viršuje esančios tvirtinimo detalės suvaržo judėjimą vertikalios ir horizontalios kryptimis, o apačioje (elementų sandūroje) judėjimas suvaržomas žemiau esančio fasado elemento pagalba tik horizontalios kryptimi. Tokia tvirtinimo schema leidžia sumažinti reikiamą tvirtinimo detalių skaičių vienam elementui, užtikrina temperatūrinėms deformacijoms reikalingą konstrukcijos laisvumą, pakankamą laisvumą žemės drebėjimo atveju.

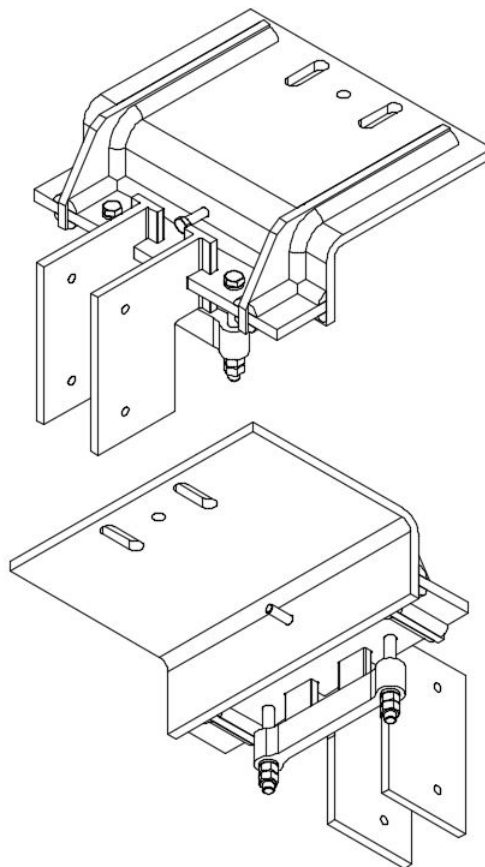
Parenkant tinkamus tvirtinimo detalių matmenis vertinamos fasadą galinčios veikti apkrovos:

1. Savasis svoris;
2. Vėjo apkrova;
3. Žemės drebėjimo apkrova;
4. Saulės spinduliavimo apkrova;

Savo skaičiavimuose Žemės drebėjimo ir Saulės spinduliavimo apkrovos nevertinsime.

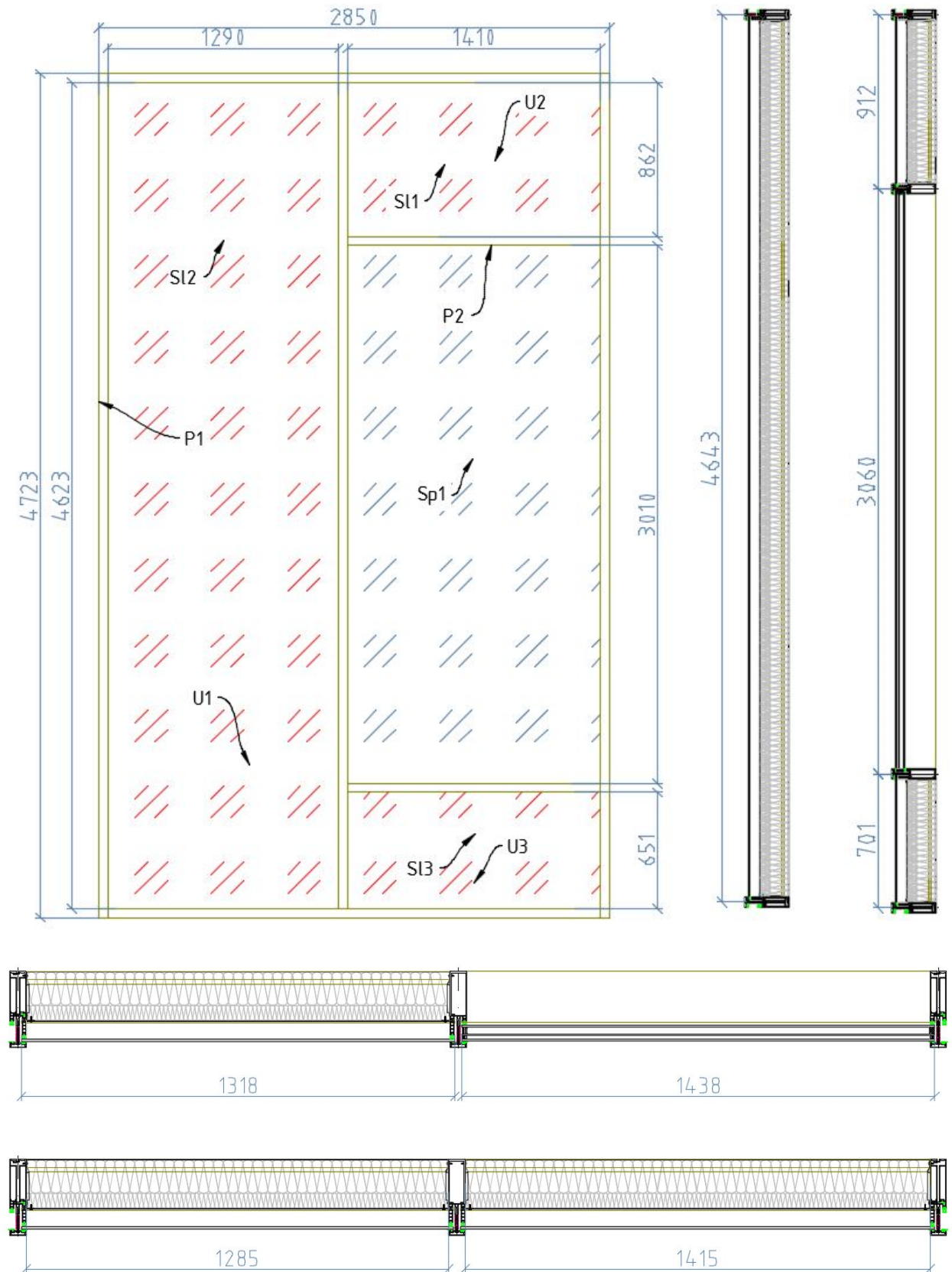


15 pav. Principinė elementinio fasado konstrukcinė schema



16 pav. Aliumininė tvirtinimo detalė

5.4 Fasado elemento geometrinių schema



17 pav. Fasado elemento geometrinių schema

5.5 Fasado elemento savojo svorio apkrovos apskaičiavimas

48 lentelė. Savojo svorio apkrovos skaičiavimas

Eil. Nr.	Pavadinimas	Plotas A, m ²	Ilgis L, m	Tūris V, m ³	Tankis ρ, kg/m ³	Charakteristinė apkrova g _k , N	Apkrovos patikimumo koeficientas, γ _G	Skaičiuotinė apkrova g _d , N
1	2	3	4	5		6	7	8
Aliuminio Profiliai								
1	P1	0,00149	2,820	0,0042	2700	113,4	1,35	153,09
2	P2	0,00186	7,573	0,0141	2700	380,7	1,35	513,945
Stiklo paketas								
3	S _{p1}	0,05479	3,045	0,167	2500	4170	1,35	5629,5
Stiklo lakštas								
4	S _{l1}	0,03744	1,312	0,049	2500	1228	1,35	1658
5	S _{l2}	0,00712	1,412	0,010	2500	251	1,35	339
6	S _{l3}	0,00543	1,412	0,007	2500	190	1,35	250
Kampuotis (Užpildas)								
7	U _k	0,000078	20,492	0,00159	2700	43	1,35	58,05
Skardos lakštas (Užpildas)								
8	U _{sl1}	0,00933	1,287	0,012	2700	235	1,35	317,25
9	U _{sl2}	0,002154	1,412	0,003	2700	82	1,35	110,7
10	U _{sl3}	0,001317	1,412	0,00186	2700	50	1,35	67,5
Skardos kasetės (Užpildas)								
11	U _{sk1}	0,004745	1,287	0,0061	2700	165	1,35	222,75
12	U _{sk2}	0,002153	1,412	0,00304	2700	82	1,35	110,7
13	U _{sk3}	0,000737	1,412	0,00104	2700	28	1,35	37,8
Stiklo vata (Užpildas)								
14	U _{sv1}	0,689	1,287	0,887	15	130	1,35	175,5
15	U _{sv2}	0,129	1,412	0,18	15	27	1,35	33,75
16	U _{sv3}	0,09765	1,412	0,137	15	20	1,35	27
					Σ	g _{k,sav.} = 7195,1	1,35	g _{d,sav.} = 9713,4

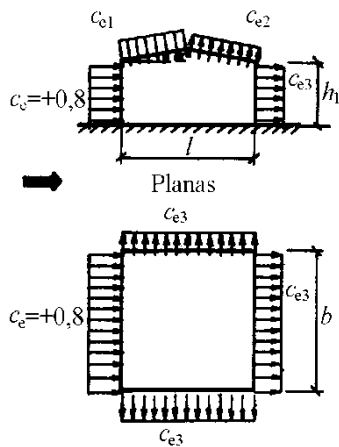
Kiekvienas elementas tvirtinamas dvejomis tvirtinimo detalėmis, todėl skaičiuotinė apkrova tenkanti vienai detalei lygi:

$$F_s = \frac{g_{d,sav}}{2} = \frac{9713,4}{2} = 4856,7 \text{ (N)} = 4,86 \text{ (kN)}. \quad (5.5.1)$$

5.6 Vėjo apkrovų skaičiavimas

Koeficientų c_e , c_{e1}, c_{e2} ir c_{e3}

nustatymas:



Koeficientas	$\alpha, ^\circ$	c_{e1}, c_{e2} reikšmės, kai h_1/l lygus			
		0	0.5	1	≥ 2
c_{e1}	0	0	-0.6	-0.7	-0.8
	20	+0.2	-0.4	-0.7	-0.8
	40	+0.4	+0.3	-0.2	-0.4
	60	+0.8	+0.8	+0.8	+0.8
c_{e2}	≤ 60	-0.4	-0.4	-0.5	-0.8

b/l	c_{e3} reikšmės, kai h_1/l lygus		
	≤ 0.5	1	≥ 2
≤ 1	-0.4	-0.5	-0.6
≥ 2	-0.5	-0.6	-0.6

$h_1 = 25,6\text{m}$ – pastato aukštis nuo žemės paviršiaus;

$b = 18,0\text{m}$ – pastato plotis;

$l = 61,0\text{m}$ – pastato ilgis;

$$\frac{h_1}{l} = \frac{25,6}{61} = 0,42 \quad \frac{b}{l} = \frac{18}{61} = 0,3 \quad (5.6.1), (5.6.2)$$

$c_e = +0,8$;

pagal str 182 punkta kai $h/l < 1,5$ pulsacijos leidžiama nevertinti

Koeficiento c_{e1} apskaičiavimas interpoliuojant:

$$\text{kai } \alpha = 90^\circ \text{ ir } \frac{h_1}{l} = 0,5 \quad c_{e1} = -0,4 - \frac{25,6 \cdot 0,2}{20-0} = -0,51$$

$$\text{kai } \alpha = 90^\circ \text{ ir } \frac{h_1}{l} = 1, \quad c_{e1} = -0,7$$

$$\text{kai } \alpha = 90^\circ \text{ ir } \frac{h_1}{l} = 0,53, \quad c_{e1} = -0,51 - \frac{(0,53-0,50) \cdot (0,70-1,51)}{1-0,5} = -0,52$$

Koeficiento c_{e2} apskaičiavimas interpoliuojant:

$$\text{kai } \alpha = 90^\circ \text{ ir } \frac{h_1}{l} = 0,42, \quad c_{e2} = -0,41$$

Koeficiento c_{e3} apskaičiavimas:

kai $\frac{b}{l} < 1$ ir $\frac{h_1}{l} = 0,42$, $c_{e3} = -0,51$

Koeficientas $c(z)$ apskaičiuojamas interpoliuojant (vietovės tipas – B):

Atskaitinis vėjo slėgis q_{ref} nustatomas taikant formulę:

$$q_{ref} = \frac{\rho}{2} v_{ref}^2 = \frac{1,25}{2} \cdot 36^2 = 640 \quad (5.6.3)$$

čia: v_{ref} – atskaitinis vėjo greitis;

ρ – oro tankis.

$$v_{ref} = c_{DIR} \cdot c_{TEM} \cdot c_{ALT} \cdot v_{ref,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 32 = 32$$

čia: $v_{ref,0}$ – vėjo greičio pagrindinė atskaitinė reikšmė;

c_{DIR} – krypties koeficientas, lygus 1,0, jeigu nenurodyta kitaip;

c_{TEM} – laikotarpio (sezono) koeficientas, lygus 1,0, jeigu nenurodyta kitaip;

c_{ALT} – aukščio virš jūros lygio koeficientas, lygus 1,0, jeigu nenurodyta kitaip.

Nustatomi vėjo slėgiai į pastato sienas 20 m aukštyje:

$$\text{Kai } z_1 = 20m ; c(20) = 0,5$$

$$w_{me} = q_{ref} \cdot c(20) \cdot c_e = 640 \cdot 0,5 \cdot 0,8 = 256 \text{ N/m}^2;$$

$$w_{me3} = q_{ref} \cdot c(20) \cdot c_{e3} = 640 \cdot 0,5 \cdot (-0,51) = -163,2 \text{ N/m}^2.$$

Vieną fasado elementą veikianti, skaičiuojamoj, vėjo apkrova:

$$q_w = w_{me} A_e = 256 \cdot 13,4 \cdot 10^{-3} = 3,4 \text{ kN/m}^2;$$

$$q_{w3} = w_{me3} A_e = -163,2 \cdot 13,4 \cdot 10^{-3} = -2,19 \text{ kN/m}^2;$$

Apkrovų į konstrukcijos mazgus ir elementus nuo vėjo slėgio į išorinius konstrukcijos paviršius apskaičiavimas:

$$F_1 = \frac{q_w}{2} = \frac{3,4}{2} = 1,7 \text{ kN} ; F_2 = \frac{q_w}{2} = \frac{-2,19}{2} = 1,095 \text{ kN} \quad (5.6.4), (5.6.5)$$

5.7 Poveikių deriniai

Atliekant detalės laikomosios gebos patikrinimą vertinami pavojingiausi apkrovų deriniai galintys veikti detalę vienu metu.

Saugos ribinio būvio poveikių deriniai apskaičiuojami pagal:

$$F_{sl} = \frac{F_1 \cdot \gamma_{G,j}}{4} ; F_{vl} = \frac{F_2 \cdot \gamma_{Q,1}}{4} \quad (5.7.1), (5.7.1)$$

Priimant koeficientus $\gamma_{G,j} = 1,35$ ir $\gamma_{Q,1} = 1,3$

I poveikių derinys – vėjas į pastato vidų ir savasis svoris:

$$F_{sI} = \frac{F_s \cdot \gamma_{G,j}}{4} = \frac{4,86 \cdot 1,35}{4} = 1,64kN ; F_{vI} = \frac{F_1 \cdot \gamma_{Q,1}}{4} = \frac{1,7 \cdot 1,3}{4} = 0,553kN \quad (5.7.2), (5.7.3)$$

II poveikių derinys – vėjas į pastato išorę ir savasis svoris:

$$F_{sII} = \frac{F_s \cdot \gamma_{G,j}}{4} = \frac{4,86 \cdot 1,35}{4} = 1,64kN ; F_{vII} = \frac{F_1 \cdot \gamma_{Q,1}}{4} = \frac{1,095 \cdot 1,3}{4} = -0,355kN \quad (5.7.4), (5.7.5)$$

Tinkamumo ribinio būvio deriniai apskaičiuojami pagal:

$$F_{sI} = \frac{F_1 \cdot \gamma_{G,j}}{4} ; F_{vI} = \frac{F_2 \cdot \gamma_{Q,1}}{4} \quad (5.7.6), (5.7.7)$$

Priimant koeficientus $\gamma_{G,j}$ ir $\gamma_{Q,1} = 1,0$

I poveikių derinys – vėjas į pastato vidų ir savasis svoris:

$$F_{sI} = \frac{F_s \cdot \gamma_{G,j}}{4} = \frac{4,86 \cdot 1,0}{4} = 1,22kN ; F_{vI} = \frac{F_1 \cdot \gamma_{Q,1}}{4} = \frac{1,7 \cdot 1,0}{4} = 0,425kN \quad (5.7.8), (5.7.9)$$

$$F_{sI} = \frac{F_s \cdot \gamma_{G,j}}{4} = \frac{4,86 \cdot 1,0}{4} = 1,22kN ; F_{vI} = \frac{F_1 \cdot \gamma_{Q,1}}{4} = \frac{1,7 \cdot 1,0}{4} = 0,425kN \quad (5.7.10), (5.7.11)$$

II poveikių derinys – vėjas į pastato išorę ir savasis svoris:

$$F_{sII} = \frac{F_s \cdot \gamma_{G,j}}{4} = \frac{4,86 \cdot 1,0}{4} = 1,22kN ; F_{vII} = \frac{F_1 \cdot \gamma_{Q,1}}{4} = \frac{1,095 \cdot 1,0}{4} = 0,274kN \quad (5.7.12), (5.7.13)$$

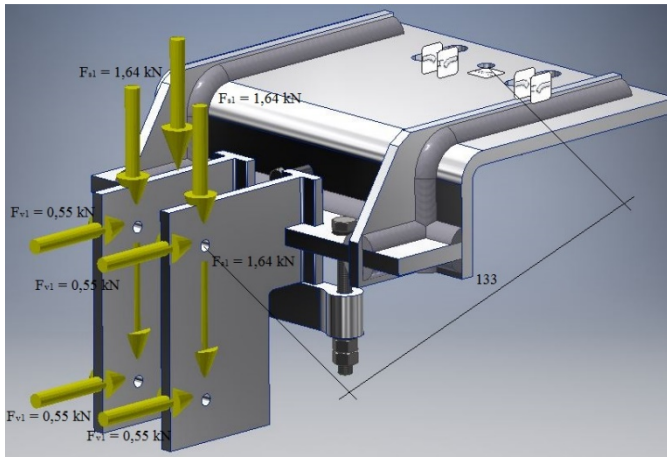
5.8 Tvirtinimo detalės laikomosios gebos patikrinimas programa Autodesk “Inventor”

Sukuriamas tikslus detalės matmenis atitinkantis 3D modelis. Skaičiavimai remiasi standartų:

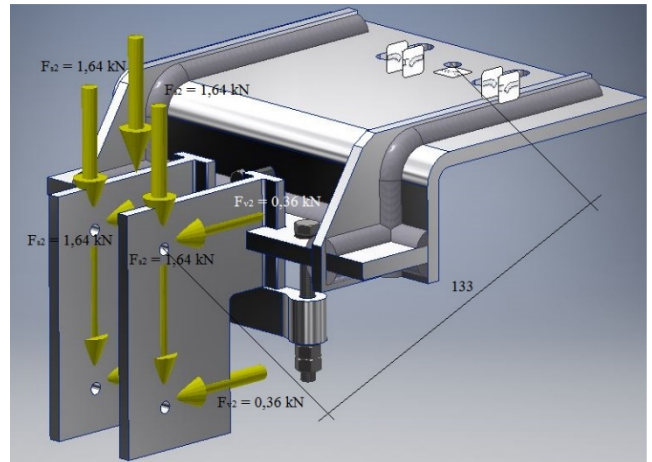
1. EN 1990: Eurocode: Basis of Structural Design
2. EN 1991-1-1: Eurocode 1: Actions on structures
3. EN 1999-1-1: Eurocode 9: Design of aluminium structures

Atliekamos prielaidos, kad fasado elementas visą savojo svorio ir vėjo apkrovą į pastato perdangą perduoda tik per dvi tvirtinimo detales. Kiekviena tvirtinimo detalė prie fasado elemento tvirtinama keturiais M10 varžtais. Varžtai į tvirtinimo detalę apkrovas perduoda lygiomis dalimis. Aliuminio lydinio 6061-T6 $f_y=276$ MPa, $f_u=310$ MPa. Suvirinimo siūlėms naudojamo aliuminio $f_y=165$ MPa, $f_u=190$ MPa. Laisvojo kritimo pagreitis $g=9,81$ m/s².

Pirmajam ir antrajam poveikių deriniams priskirtos atitinkamos apkrovos. Plokštelė prie perdangos tvirtinama standžiai trimis varžtais. Skaičiuojamosios schemas pateiktos 18 ir 19 paveiksluose.



18 pav. I poveikių derinys – vėjas į pastato vidų ir savasis svoris



19 pav. II poveikių derinys – vėjas į pastato išorę ir savasis svoris

5.8.1 Rezultatų nuo pavojingiausių apkrovų derinių interpretavimas

Baigtinių elementų metodo matematinio sprendimo rezultatas dažniausiai yra didelis kiekis duomenų, kuriuos be atitinkamo grafinio pateikimo analizuoti labai sudėtinga. Interpretuojant išvesties duomenis siekiama nustatyti:

1. Silpnąsias modelio vietas
2. Vietas, kuriose modelis pereikvojamas (vietos, neperimančios arba perimančios labai mažą dalį apkrovos)
3. Vertinti informaciją apie kitas modelio savybes, tokias kaip vibracijos, temperatūrinis išsiplėtimas ir pan.

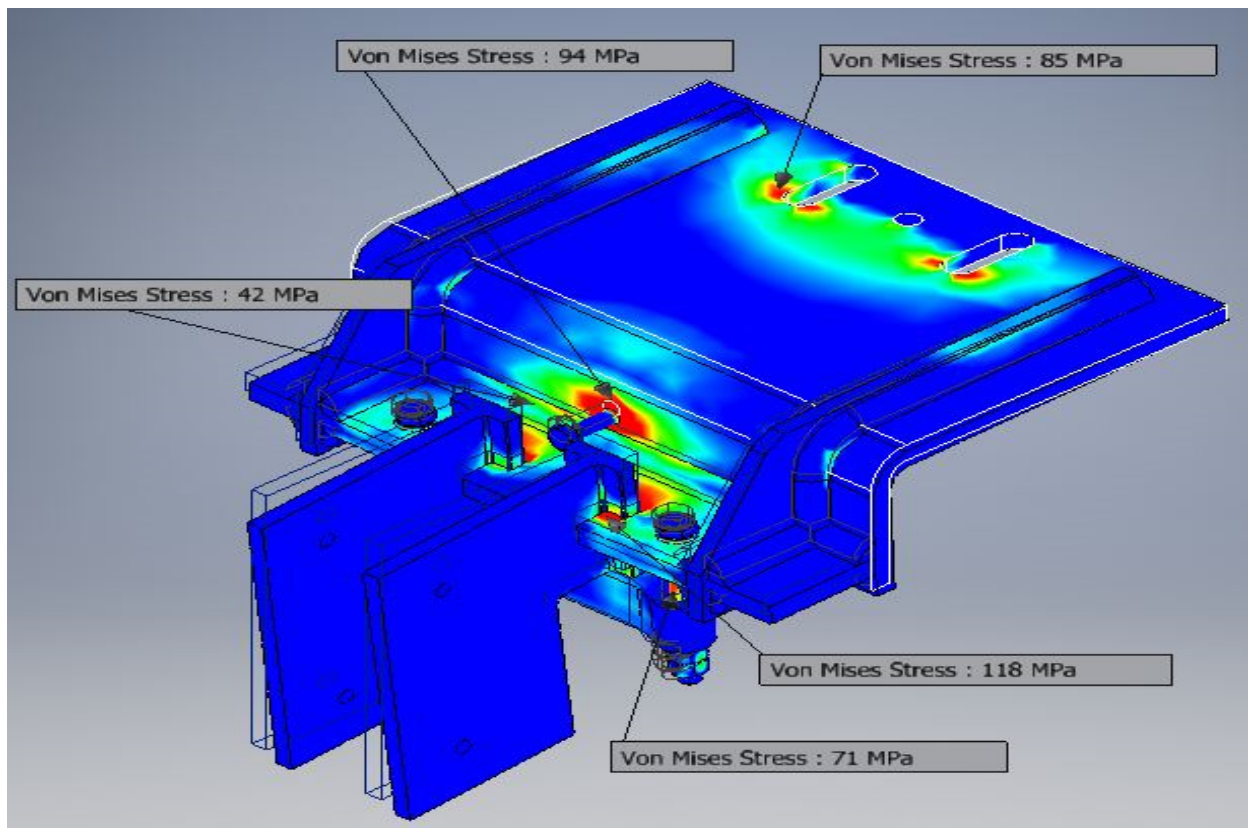
Rezultatų interpretavimo etapas – vienas iš svarbiausių etapų projektavimo stadijoje, kadangi teisingai interpretuoti gautus duomenis reikalingas išlavintas kritinis mąstymas. Tarpusavyje lyginami gauti skaičiai, spalvos, kontūrai, pasislinkimai su tais, kurių buvo tikimasi. Nusprendžiama, ar rezultatai tinkami ir išaiškinami pagal inžinerinius principus. Jei rezultatai netinkami, nustatoma neatitikimų priežastis. Programos „Inventor“ rezultatų išvesties tipai:

1. Ekvivalentiniai arba Von Mises įtempiai (angl. Equivalent or Von Mises Stress) – metodo esmė, erdvėje esančio kūno 6 įtempimų komponentų sumavimas į ekvivalentinį įtempį. Tokį įtempį galima palyginti su medžiagų bandymų metu gautais rezultatais.
2. Maksimalūs ir minimalūs principiniai įtempiai (angl. Maximum and Minimum Principal Stresses) – pagal tamprumo teoriją, ant kieto kūno arba jo viduje esančiam elementaraus tūrio kūnui, sukantis aplink atskaitos tašką, visų šlyties jėgų suma tampa lygi nuliui ir lieka tik normaliniai įtempiai. Kai normalinio įtempio vektorius ir paviršiaus reakcijos vektorius yra koliniarūs – normalinio vektoriaus kryptis yra vadinama principinio įtempio kryptimi, o dydis – principinės jėgos dydžiu.

3. Poslinkiai (angl. Deformation) – nustatomas analizuojamo modelio dalių pasislinkimo (išlinkimo) erdvėje dydis.
4. Saugumo koeficientas (angl. safety factor) – visos medžiagos turi tamprumo ir trūkimo ribas. Saugumo koeficientas parodo kiek kartų įtempis (gautas ekvivalentinis įtempis) duotoje vietoje skiriasi nuo medžiagos tamprumo ar trūkimo ribos įtempio. Saugumo koeficientas teisingai suprojektuotam modeliui visada turi būti didesnis už 1 (kai saugumo koeficientas mažesnis už 1 atsiranda plastiškos deformacijos). Naudojant trūkimo ribos įtempį saugumo koeficientui nustatyti naudojami maksimalūs principiniai įtempiai. Tam tikroms modelio vietoms priartėjus prie koeficiento lygaus 1 dar nebūtinai reiškia detalės lūžį, nebent pavojingiausių apkrovų derinys yra nuolat pasikartojančio pobūdžio. Pasikartojančių apkrovų (dinaminių apkrovų) rezultatas – konstrukcijos nuovargis, kuris šia programa nėra nustatomas.

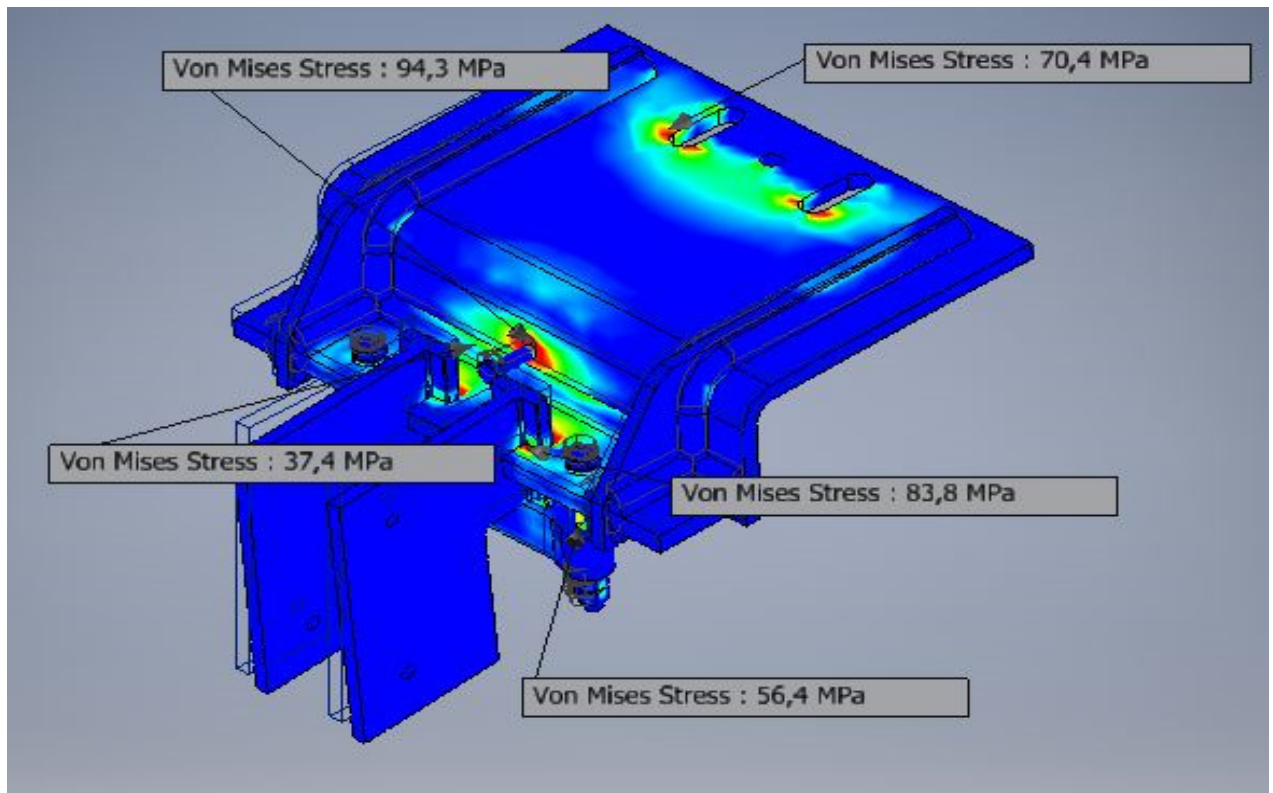
Gauti skaičiavimų rezultatai pateikiami grafiškai:

Saugos ribinis būvis – I poveikių derinys. Maksimalus ekvivalentinis įtempis 118 MPa



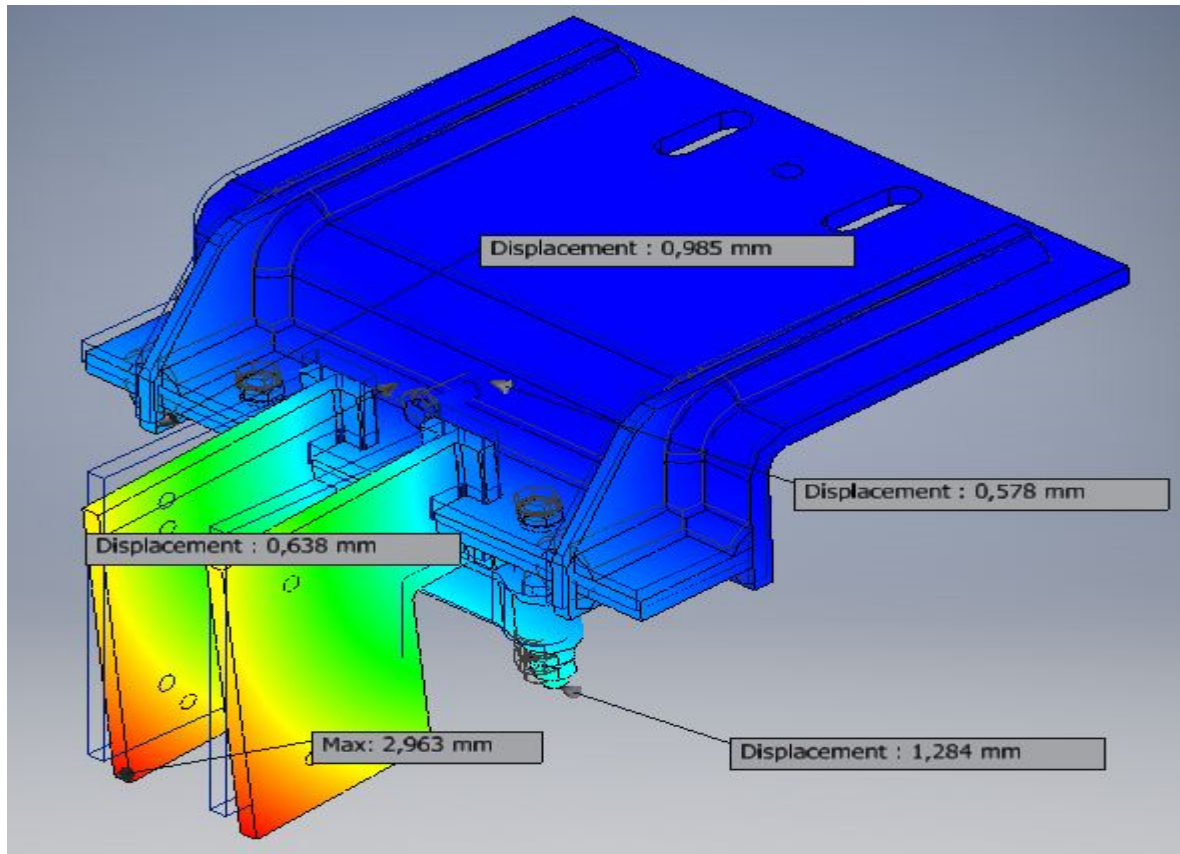
20 pav. Saugos ribinis būvis – I poveikių derinys

Saugos ribinis būvis – II poveikių derinys. Maksimalus ekvivalentinis įtempis 94,3 MPa



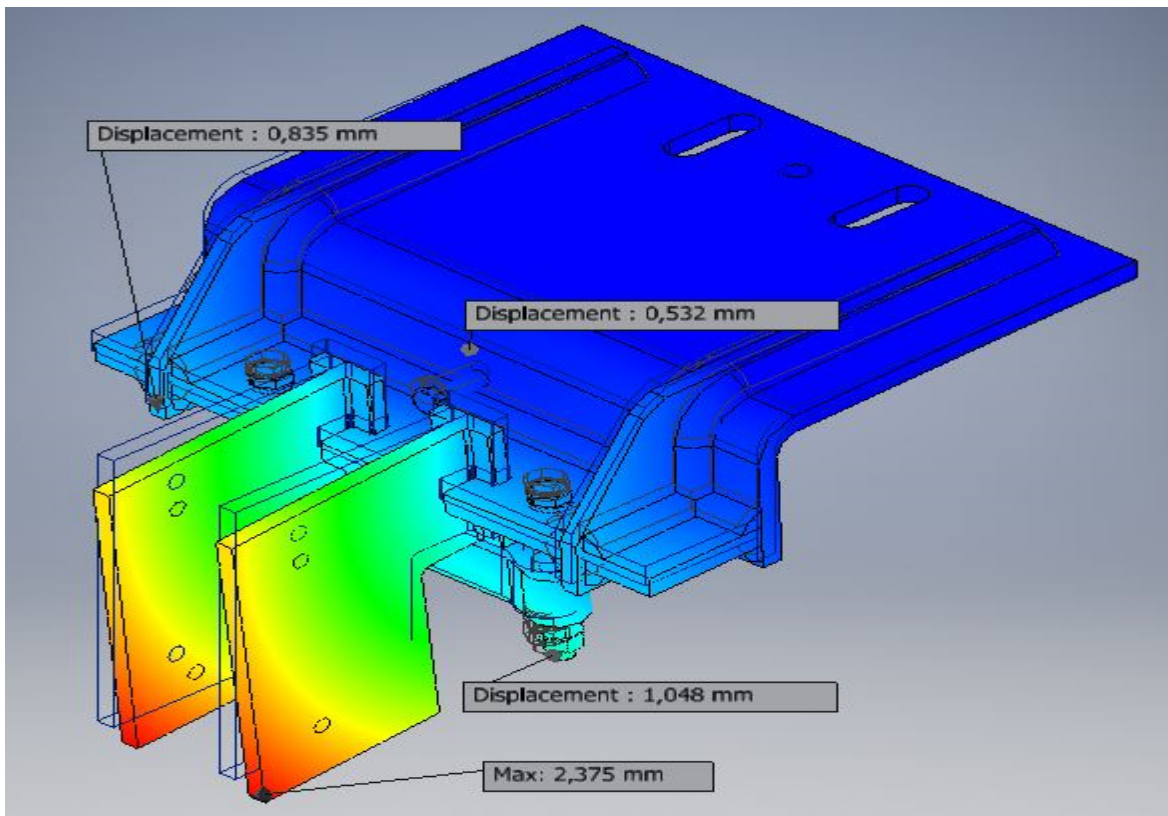
21 pav. Saugos ribinis būvis – II poveikių derinys

Tinkamumo ribinis būvis – I poveikių derinys. Maksimali deformacija 2,963mm



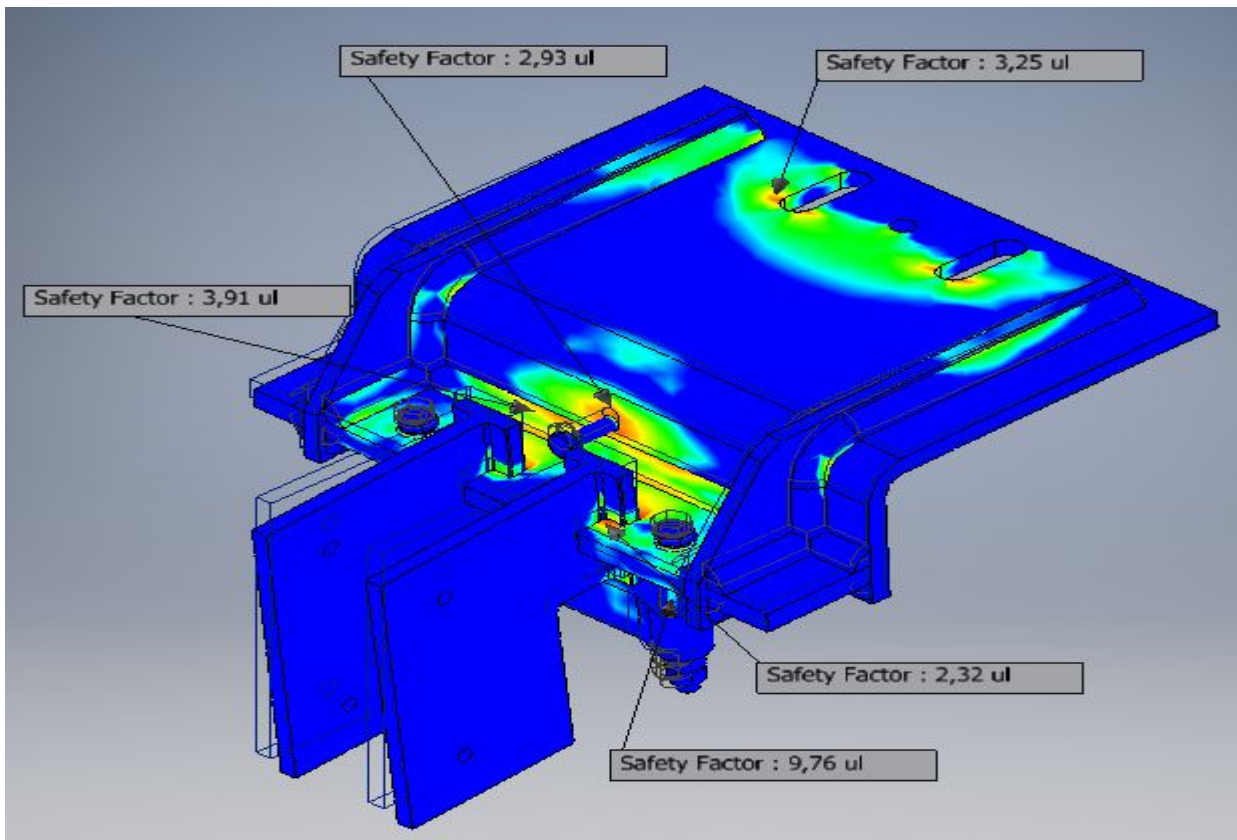
22 pav. Tinkamumo ribinis būvis – I poveikių derinys

Tinkamumo ribinis būvis – II poveikių derinys. Maksimali deformacija 2,375mm

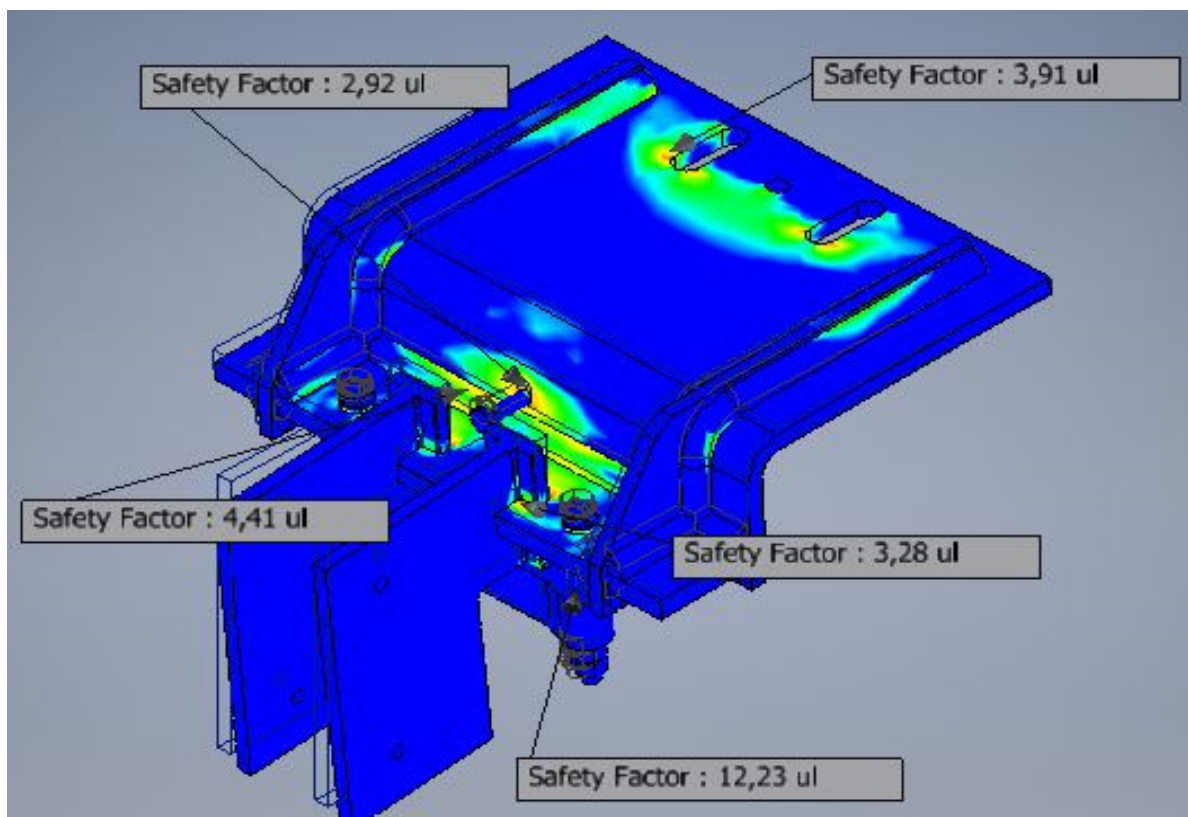


23 pav. Tinkamumo ribinis būvis – II poveikių derinys

Atsargos koeficientas – I poveikių derinys. Minimalus atsargos koeficientas – 2,32



24 pav. Atsargos koeficientas – I poveikių derinys



25 pav. Atsargos koeficientas – II poveikių derinys

Iš aukščiau pateiktų rezultatų matome, kad susidaro didesnis ekvivalentinis įtempis, konstrukcija patiria didesnes deformacijas, bei atsargos koeficientas yra mažesnis veikiant pirmam apkrovų deriniui. Interpretuojant rezultatus galima teigti, kad detalė suprojektuota teisingai, kadangi maksimalus ekvivalentinis įtempis yra 118 MPa, tuo tarpu maksimalus leidžiamas įtempis 6061-T6 klasės aliuminio lydiniui nepasiekiant plastinių deformacijų – 276 MPa. Santykinai gaunamas atsargos koeficientas

$\mu = \frac{276}{118} = 2,32$. Poslinkiai, neįvertinant fasado elemento savojo standumo (pasipriešinimo tos pat krypties deformacijoms) yra 2,9 mm nuo atskaitos taško. Atskirai išskirstytos deformacijos pasiskirstytų: x ašies kryptimi (ašis lygiagreti fasado elementų statramstį ir detalę jungiančių varžtų ašiai) – 0,13 mm. Tvirtinimo plokštelės („ausys“) yra stumiamos viena nuo kitos. Deformacija y ašies kryptimi (ašis kryptimi vertikaliai žemyn) – 2,4 mm. Plokštelės nuo savojo svorio tempiamos žemyn. Deformacija z ašies kryptimi (ašis statmena fasado elemento plokštumai) – 1,75mm. Laikoma, kad tokio tipo fasadui tvirtinimo detalė suprojektuota tinkamai.

6 Aliuminio – stiklo fasado įrengimo technologija

6.1 Paruošiamieji darbai prieš statybos darbų pradžią

Paruošiamieji darbai prieš statybos darbų pradžią, tai:

- Konkretaus projekto sprendiniai, darbų metodologija ir darbų saugos reikalavimai, technologinės statybinių procesų kortelės bei kalendoriniai grafikai pateikiami Projekte;
- Teritorijos išvalymas;
- Prieš atliekant darbus įvertinama, ar fasadų įrengimo zonoje statybvieta yra aptverta;
- Atitveriamą pavojingą zoną;
- Virš įėjimų į pastatą įrengiamos apsauginės stoginės ir priedangos;
- Užtikrinamas elektros energijos ir vandens tiekimas, įrengiamos buities ir higienos patalpos;
- Pastolių, reikiamose vietose, pastatymas

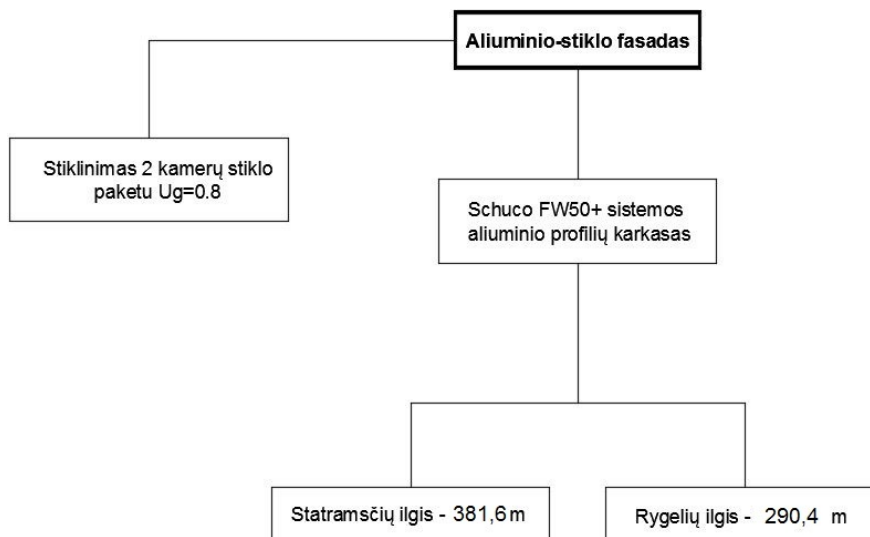
Teritorijos išvalymas. Nugriaunami statiniai, kurie galėtų trukdyti statybai arba turi būti pašalinti pagal projektą. Išpjunami medžiai, išraunami kelmai, iškertami krūmai, išrenkami akmenys. Medžiai, kurių pjauti nereikia turi būti apsaugoti nuo sužalojimų. Atliekos, šiukšlės bei bet kuris paviršinis gruntas ir iškasta medžiaga, kuri netinkama užpylimui pastato statybos aikštelėje, turi būti išvežta į vietos valdžios paskirtą sąvartyną.

Statybvieta aptvėrimas. Statybvieta aptveriamą ne žemesne kaip 1,6m aukščio apsaugine tvora, ne žemesniais kaip 2 m aukščio aptvarais su vientisu apsauginiu stogeliu (šalia masinio žmonių judėjimo kelių, įėjimų į pastatus).

Pavojingą zoną. Pavojingą zoną priklauso nuo pastato aukščio ir apskaičiuojama pagal formules atliekant statybos darbų technologinį projektą. Pavojingą zoną aptveriamą signaliniais aptvarais, įspėjamą juosta ir pažymėta darbuotojų saugos ir sveikatos ženklais.

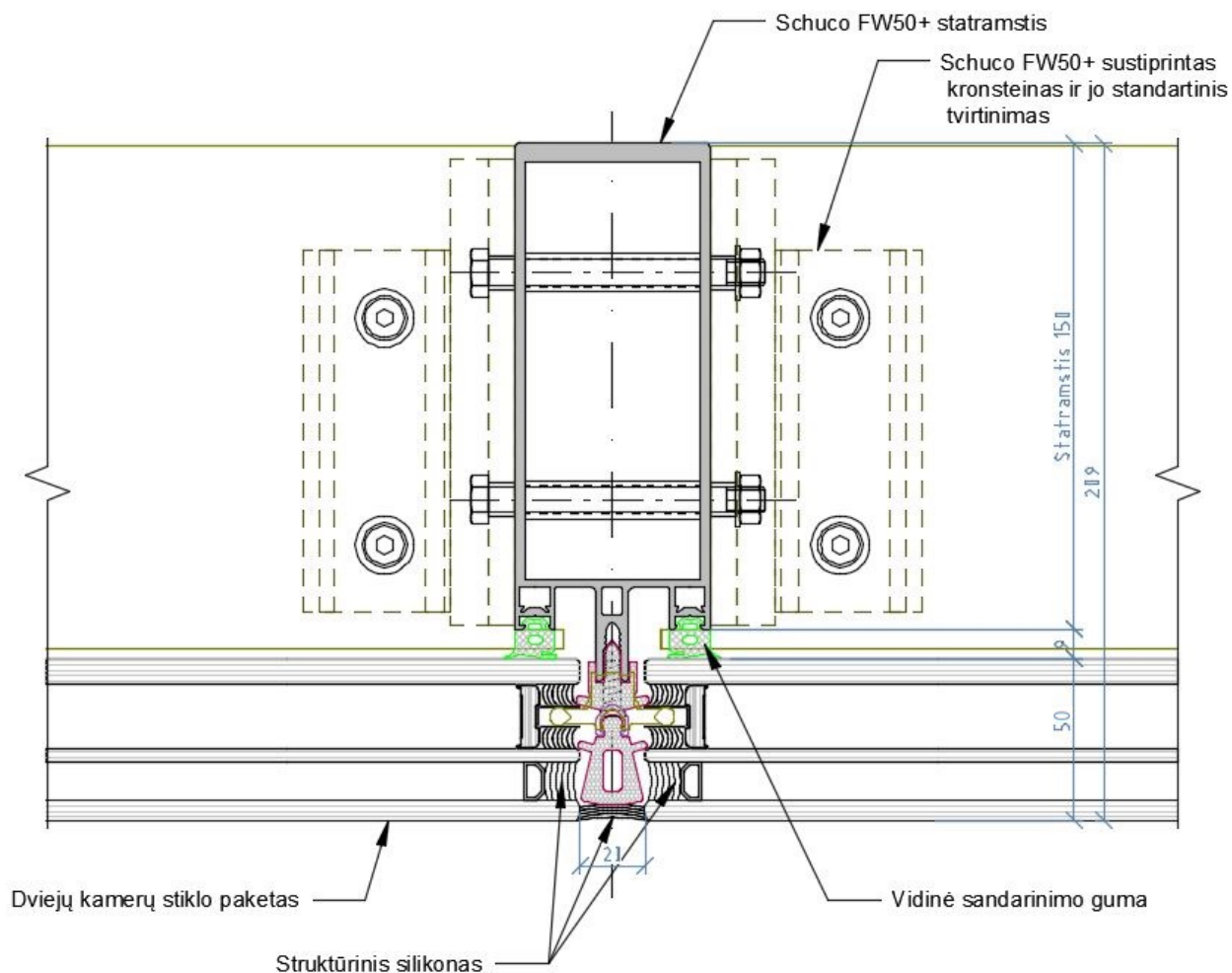
Pastolių pastatymas. Visais atvejais turėtų būti naudojami tik gamintojo sertifikuoti vamzdiniai pastoliai. Jie turi būti naudojami laikantis gamintojo nurodytos konfigūracijos, sąlygų ir nurodytiems darbams. Surinkimo, naudojimo ir išmontavimo planą sudaro kompetentingas asmuo, atsižvelgdamas į struktūros ypatybes. Atsižvelgiama ne tik į pačių pastolių duomenis, bet ir paviršiaus, fasado ypatybes, taip pat tvirtinimo būdą, tvirtinimo taškų skaičių ir jų išdėstymą.

6.2 Surenkamo Aliuminio – stiklo fasado įrengimo technologija

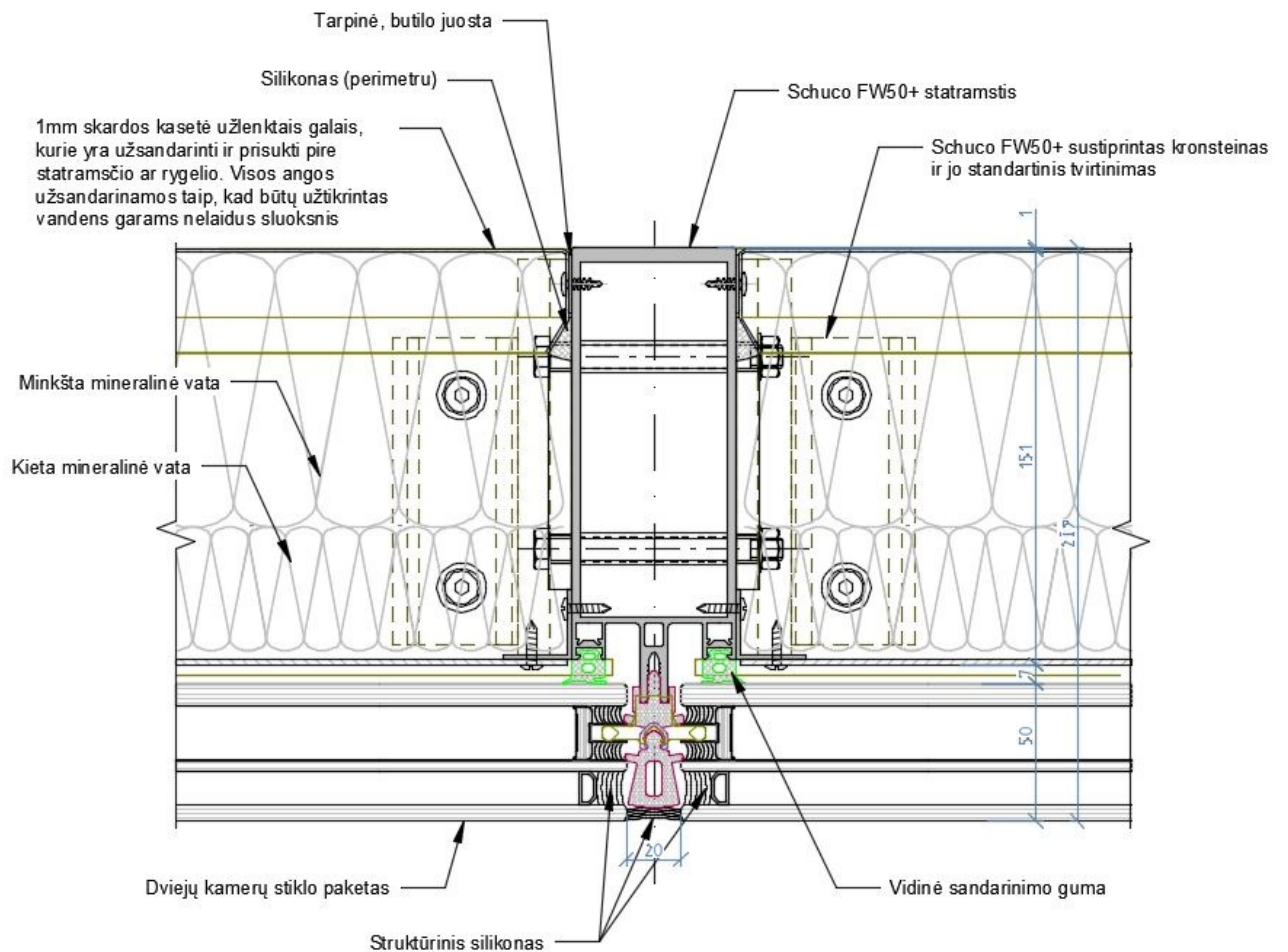


26 pav. Surenkamo Aliuminio – stiklo fasado pirmame aukšte struktūrinė schema

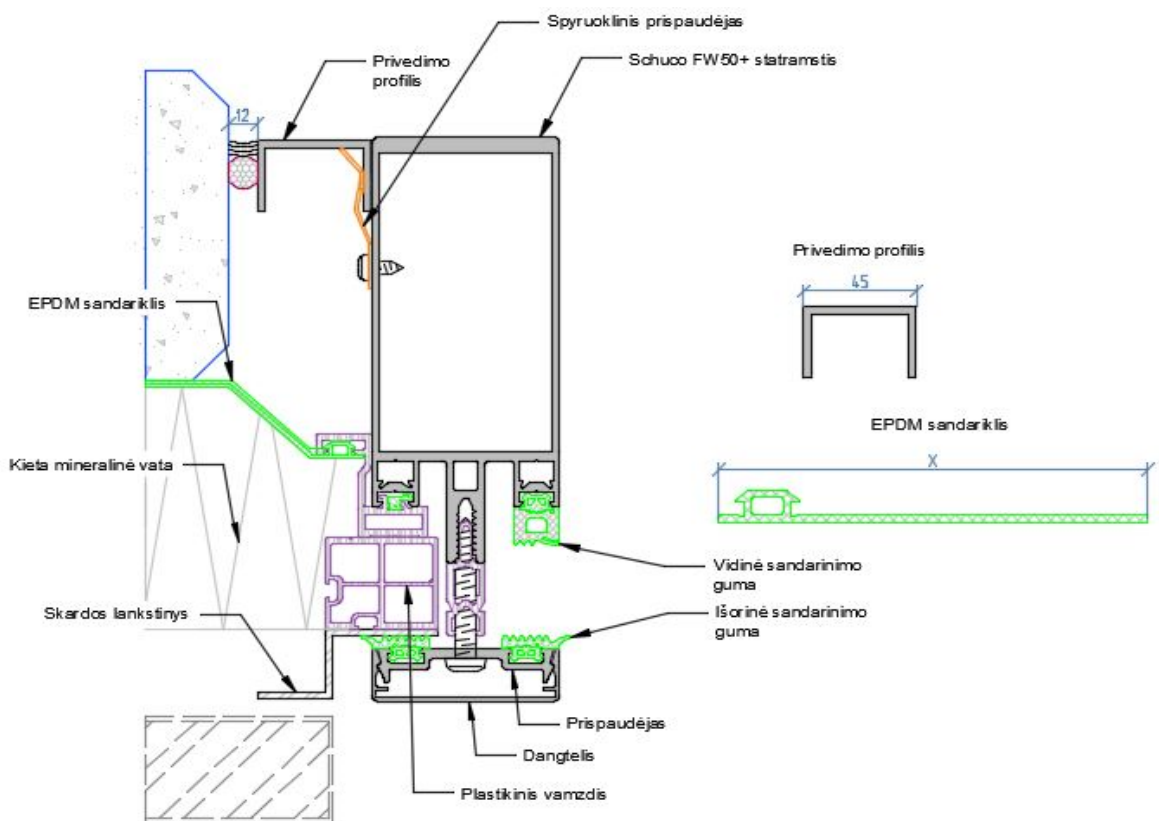
6.2.1 Konstrukciniai mazgai



27 pav. Konstrukcinis mazgas. Pjūvis per statramstį skaidrioje zonoje



28 pav. Konstrukcinis mazgas. Pjūvis per statramsčių neskaidrioje zonoje



29 pav. Konstrukcinis mazgas. Vertikalus fasado privedimas prie g/b konstrukcijos

6.2.2 Statybos darbų apimtys

6.2.2.1 Surenkamų karkaso elementų montavimo darbų kiekio skaičiavimas

49 lentelė. Surenkamų karkaso elementų montavimo darbų kiekio skaičiavimas

Elemento pavadinimas	Tipas	Matmenys, m			Elementų skaičius	Vieno elemento		Bendras	
		L	B	H		Masė, t	Tūris, m ³	Masė, t	Tūris, m ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Statramstis	S-1	0,0015748	4,87	104	0,0191	0,00767	1,99	0,798	
Kronšteinas	K-1	0,25	0,25	0,20	104	0,03375	0,0125	35,775	13,25
	K-2	-			104	0,00423	0,00169	0,4399	0,1758
Rygelis	R-1	2	0,0015748	234	0,0079	0,00315	1,849	0,7371	
	R-2	0,9	0,0015748	18	0,0036	0,00142	0,065	0,0256	

6.2.2.2 Skaidrių zonų montavimo darbų kiekio skaičiavimas

50 lentelė. Skaidrių zonų montavimo darbų kiekio skaičiavimas

Lango žymuo	Kiekis	Visų langų plotas, esant vienos angos plotui, m ²				
		Nuo 0,5 iki 0,75 m ²	Nuo 0,75 iki 1,0 m ²	Nuo 1,0 iki 1,5 m ²	Nuo 1,5 iki 2,0 m ²	Daugiau kaip 2,0 m ²
1	2	3	4	5	6	7
L1	124	-	-	-	-	758,88
L2	36	-	-	-	-	99,15

6.2.2.3 Sandarinimo darbų kiekio skaičiavimas

51 lentelė. Sandarinimo darbų kiekio skaičiavimas

Sandarinimo rūšis	Kryptis	Sandarinimo ilgis, m
1	2	3
Silikonavimas	Horizontaliai	162,02
	Vertikaliai	497,73

$$\Sigma = 659,75$$

6.2.3 Darbų vykdymo metodų parinkimas ir statybos darbų technologijos aprašymas

6.2.3.1 Karkaso įrengimas

Aliuminio-stiklo karkasui įrengti naudojami Schuco firmos FW50+ sistemos aliuminio profiliai. Profiliai pavaizduoti 30 paveiksle. Profilių montavimo technologija atliekama šia seka:

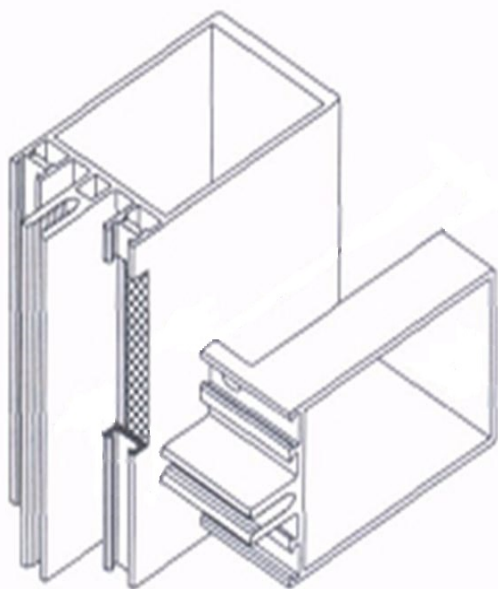
- **Ašių ir tvirtinimo taškų atžymėjimas.** Statybvietyje turi būti atžymėtos projektinės ašys, nuo kurių yra nurodyti kiekvieno tvirtinimo taško pririšimai ir pagal tai objekte ant perdangos ar kitų laikančių konstrukcijų atžymimos kronšteinų vietos.

- **Kronšteinų montavimas.** Fasado elementų tvirtinime reikia atkreipti dėmesį, kad kiekvienas elementas turi būti statiškai pritvirtinamas. Elementas yra statiškai teisingas, kai vienas galas yra pastovus, o kitas paslankus. Visais atvejais kiekvienam statramsčiui turi būti numatyta tik

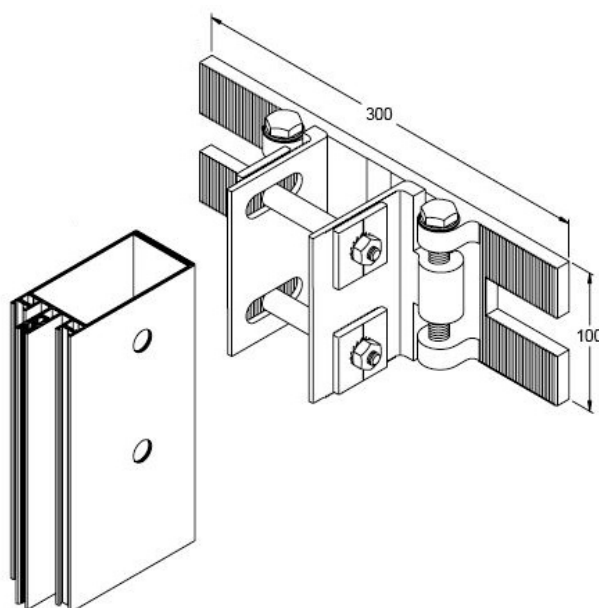
vienas fiksuotas ar universalus (kuris gali virsti tik fiksuotu) tvirtinimo kronšteinas, visi kiti turi būti paslankūs. Standartinio kronšteino montavimo schema pateikiama 31 paveiksle. Galimi kronšteinų tipai:

- Paslankiai fasado jungčiai;
- Fiksuotai fasado jungčiai;
- Universalus, tinkantis abiemis fiksavimo tipams

• **Karkaso surinkimas (Vertikalių ir horizontalių dalių surinkimas, lygiavimas, numatyti drenažo sprendimai).** Karkaso montavimas pradedamas nuo vertikalių elementų – statramsčių montavimo. Šis principas garantuoja laisvą terminį pailgėjimą ir patrupėjimą fasado elementuose. Statramsčiai įstatomi į kronšteinus ir užtvirtinami varžtais. Važtų užveržimo jėga matuojama dinamometrinio raktu.



30 pav. Profiliai (statramsčio ir rygelio sujungimas)



31 pav. Kronšteino montavimo schema

6.2.3.2 Gumų įrengimas

Pagrindinis statramsčio ir rygelio sujungimo sandarintojas yra EPDM sandariklis (pvz., apvali tarpinė ar nuplėšiama guma). Atskirais atvejais gali būti naudojamos specialios konkrečių sistemų tiekėjų mastikos, tačiau niekuomet nenaudojamas silikonas. Įrengiant vidines gumas būtina laikytis tam tikrų kombinacijų statramsčiuose ir rygeliuose, kad būtų suformuota vientisa stiklinimo plokštuma. Sandūrose gumos užsandarinamos sandarinimo mastika.

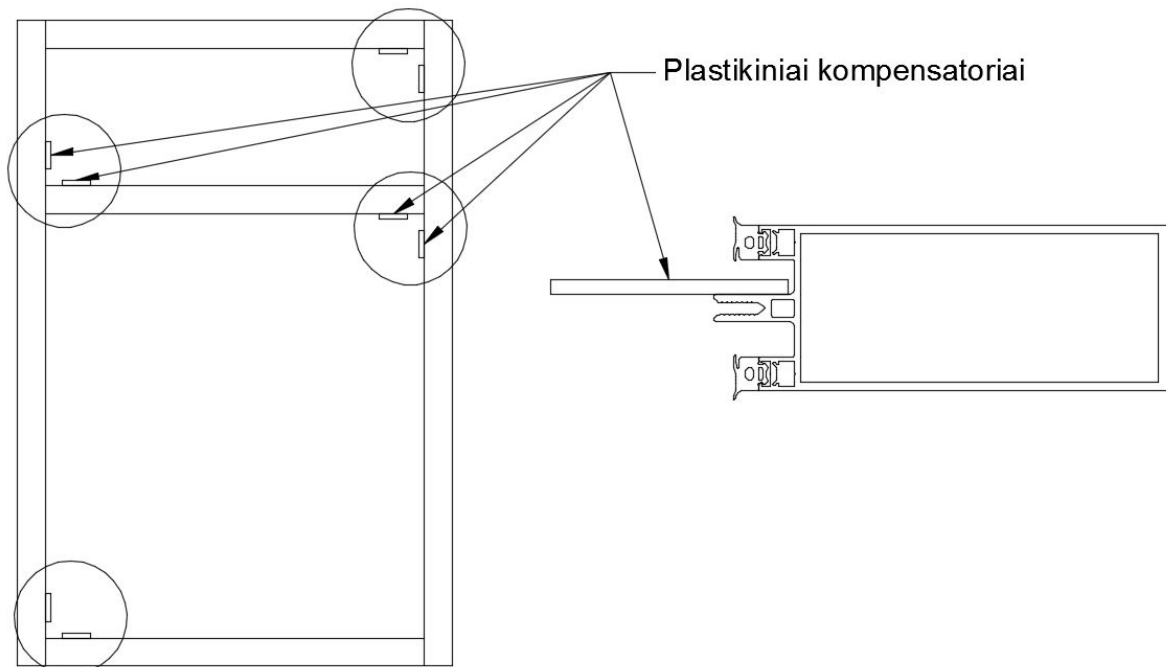
6.2.3.3 Stiklinimas

6.2.3.3.1 Paruošiamieji darbai

Prieš pradėdant stiklinimo darbus svarbu patikrinti ar tinkamai paruoštas aliuminio karkasas. Patikrinimas atliekamas tokia seka:

- Apžiūrimos vidinės karkaso gumos ir įsitikinama, kad surinkimo metu jos nebuvo pažeistos (suplėšytos ar susuktos).

- Numatytose vietose (100mm atstumu nuo statramsčio) ant nerūdijančio plieno plokštelių sudedami plastikiniai kompensatoriai. Kompensatoriai sudedami priešinguose stiklo paketo kampuose taip kaip parodyta 32 paveiksle.



32 pav. Kompensatorių sudėjimo schema

Stiklo paketai naudojami aliuminio-stiklo fasaduose yra sunkūs ir lengvai dūžtantys, todėl prieš keliant reikia įsitikinti ar tinkamai parinkta kėlimo įranga. Stiklo kėlimo įranga pateikiama 33 paveiksle. Keliant stiklo paketą reikia vengti bet kokio stiklo kontakto su metaliniais paviršiais, taip pat nedėti stiklo plokštuma žemyn tiesiai ant grindų (naudoti specialius stiklo paketų sandėliavimo stendus, o jei tokios galimybės nėra, guldyti stiklo paketą ant medinių tašelių).



33 pav. Stiklo kėlimo įranga

6.2.3.3.2 Stiklo paketo įstatymas

- Stiklo paketas pozicionuojamas per rėmo centrą ir atsargiai įspaudžiamas tarp plastikinių kompensatorių.
- Stiklo paketas užtvirtinamas priveržiant nerūdijančio plieno plokšteles. Nerūdijančio plieno plokštelės yra labai svarbios detalės stiklinimo procese, turinčios tiesioginę įtaką fasado eksploatacinėms savybėms ir negali būti praleistos.
- Iš anksto numatytose vietose prisukamos stiklo prispaudimo plokštelės. Prispaudimo plokštelės išcentruojamos taip, kad guma perdengtų nerūdijančio plieno plokšteles iš abiejų pusių. Dėl blogo perdengimo fasade nebus užtikrinamas sandarumas.
- Sudedamos išorinės gumos
- Tarpai tepami silikono sandarikliu

6.2.3.4 Sandarinimas silikonu

Taikant silikonavimo metodą, turi būti tinkama temperatūra pagal gamintojo rekomendacijas. Dengiamas paviršius turi būti sausas ir švarus. Įrengiant struktūrinius fasadus būtina atkreipti dėmesį į sandarinimo medžiagų suderinamumą.

6.2.3.5 Aklinų zonų įrengimas

Įrengiant aklinas zonas karkaso angoje įstatoma cinkuotos skardos kasetė. Kasetės kraštuose klijuojama butilo juosta, kad skirtingų medžiagų paviršiai nekontaktuotų ir nevyktų korozija. Atlenkti kasetės galai perimetru užsandarinami silikonu. Į kasetės vidų dedama 100 mm storio minkšta mineralinė vata ir 50 mm storio kieta mineralinė vata, kuri tuo pačiu pasitarnauja, kaip vėjo izoliacinis sluoksnis. Kasetė uždengiama 2mm storio aliuminio skardos lakštu prisuktu prie papildomų aliumininių kampuočių. Tarp skardos lakšto ir stiklo paketo paliekamas 10 mm vėdinamas oro tarpas. Numatytose vietose išpjaunamos vidinės stiklinimo gumos susirinkusiam kondensatui pasišalinti.

6.2.3.6 Fasado jungčių su kitomis konstrukcijomis sandarinimas

Projektinėje dokumentacijoje turi būti nurodyti fasado sandūrų su kitomis šalia esančiomis konstrukcijomis (sienų: mūro, G/B ar kitomis; taip pat jei susisiečia su neintegruotų į fasadą šalia esančių langų, stogo bei cokolio) mazgų sandarinimo sprendimai. Šoninio privedimo mazgas pateiktas 29 paveiksle.

Prijungiant aliuminio-stiklo fasadą prie gelžbetoninio karkaso sienos, vidinėje profilio dalyje prisukamas specialus U formos prijungimo profilis. Profilio dydis priklauso nuo privedimui skirto atstumo tarp g/b konstrukcijos ir fasado karkaso ir paliekamas 12 mm tarpas silikonui užtepti. Prieš tepant silikoną į tarpą dedama Polietileninė tarpinė arba besiplečianti sandarinimo juosta, dėl geresnio silikono sukibimo. Išorinėje profilio dalyje, stiklo vietoje dedamas papildomas plastikinis vamzdis ir plastikinis privedimo profilis skirtas priklijuojamai EPDM dangai įsegti. EPDM danga


priklijuojama išorinėje g/b konstrukcijos pusėje ir taip sudaromas vandens ir garo barjeras. Iš lauko apšildoma kietą mineralinę vatą. Plastikinis vamzdis ir visa už jo esanti, aukščiau išvardinta, konstrukcija sandarinama išorinėmis gumomis prispaustomis specialiu prispaudėju kuris varžtu prisukamas prie profilio, kaip pavaizduota 29 paveiksle.

6.2.4 Mašinų ir mechanizmų parinkimas

6.2.4.1 Stiklų montavimo priemonių parinkimas

Kabinimo priemonės parenkamos pagal montuojamų elementų specifikacijas. Duomenys surašomi į lentelę:

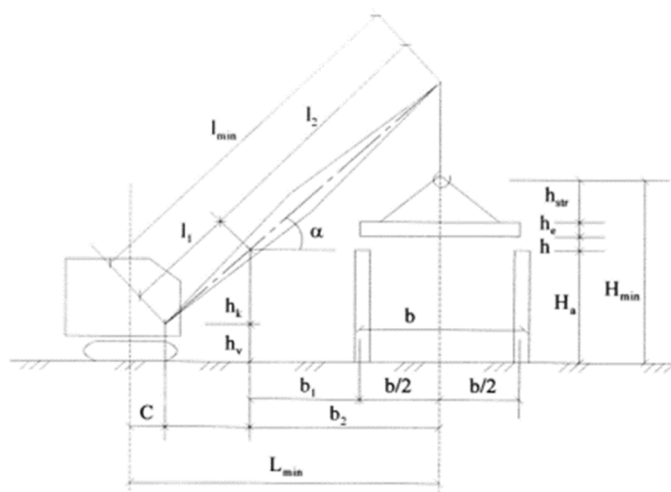
52 lentelė. Kabinimo priemonės charakteristikos

Kabinimo priemonės pavadinimas	Eskizas	Kabinimo priemonių		
		Keliamoji galia, t	Masė, t	Skaičiuojamasis aukštis, m
Sukiojamas vakuuminis kėliklis		0,5	0,005	2,2

6.2.4.2 Krano parinkimas

Pagal techninius rodiklius kranai parenkami remiantis montuojamųjų elementų specifikacija, kai žinomos elementų masės, jų montavimo aukštis ir atstumas nuo kranų. Skaičiuojami reikiami kranų parametrai.

Didžiausia reikalinga kranų keliamoji galia, kai reikia pakelti stiklo paketą:



34 pav. Krano skaičiuojamoji schema

Didžiausia reikalinga kranų keliamoji galia, kai reikia pakelti stiklo paketą:

$$Q_r = Q_1 + Q_2 = 0,2 + 0,005 = 0,205 \text{ t} \quad (6.2.4.2.1)$$

Čia: Q_1 – keliamos konstrukcijos masė,

Q_2 – kabinėjimo priemonės masė

$$Q_1 = S_1 + S_2 + S_3 = 65 + 45 + 90 = 200 \text{ kg} = 0,2 \text{ t} \quad (6.2.4.2.2)$$

Čia: S_1 – didžiausio išorinio stiklo, pakete, masė, $S_1 = 2,2 \cdot 1,98 \cdot 0,006 \cdot 2500 \approx 65 \text{ kg}$.

S_2 – didžiausio vidurinio stiklo, pakete, masė, $S_2 = 2,2 \cdot 1,98 \cdot 0,004 \cdot 2500 \approx 45 \text{ kg}$.

S_3 – didžiausio vidinio stiklo, pakete, masė, $S_3 = 2,2 \cdot 1,98 \cdot 0,008 \cdot 2500 \approx 90 \text{ kg}$.

Maksimalus reikalingas kablo pakėlimo aukštis, kai reikia pakelti stiklo paketą:

$$H_{reik} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = 2,3 + 1,0 + 3,6 + 2,2 = 9,1 \text{ m} \quad (6.2.4.2.3)$$

Čia: h_1 – aukštis nuo kranų stovėjimo plokštumos iki atramos, ant kurios remiasi montuojamas elementas;

h_2 – laisvas tarpas virš atramos iki montuojamo elemento;

h_3 – montuojamo elemento aukštis;

h_4 – kabinimo priemonės aukštis;

Reikalingas strėlinio kranų strėlės siekis, stiklo paketui pakelti:

$$L_{reik} = a + b = 4,7 + 18 = 22,7 \text{ m} \quad (6.2.4.2.4)$$

Čia:

a – atstumas nuo kranų sukimosi ašies iki artimiausios pastato dalies metrais pridant 0,7 metro ir tuo užtikrinant, kad posūkio metu tarp atsvaro ir pastato liktų pakankamas tarpas.

b – antžeminės pastato dalies plotis.

Reikiami kranų parametrai:

Keliamoji galia $Q_{reik} = 0,205 \text{ t}$.

Strėlės siekis $L_{reik} = 22,7 \text{ m}$

Kablo pakėlimo aukštis $H_{reik} = 9,1 \text{ m}$;

Parinkamas kranas PPM ATT400:

Keliamoji galia: 35 t;

Maksimalus strėlės ilgis: 31,6 m;

Maksimalus strėlės siekis: 28 m.

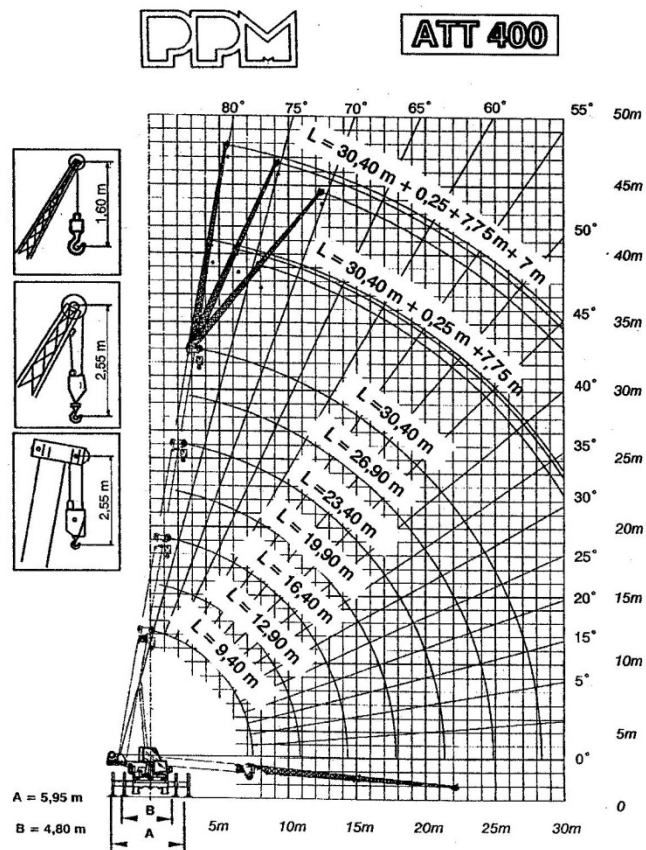


35 pav. Parinktas automobilinis kranas PPM ATT400



36 pav. Parinktas automobilinis kranas PPM ATT400

Pateikiamas krano strėlės siekio grafikas:



37 pav. Krano strėlės siekio grafikas

6.2.5 Darbo sąnaudų, brigados sudėties skaičiavimas

53 lentelė. Darbo sąnaudų skaičiavimas

Kodas	Darbų ir procesų pavadinimas	Darbų apimtis		Darbų žurnalas, žm.val.		Darbo sąnaudos, žm.d.	Mechanizmų darbo sąnaudos		
		Matavimo vienetas	Kiekis	Montavimo vienetui	Visam darbui		Mašinų valandos		Mašinų pamainos
							Vienetui	Visam darbui	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N2P-0501	Aliuminio–stiklo fasadų karkasų iš aliuminio profilių montavimas, dirbant nuo keltuvo platformos, tvirtinant prie betoninių konstrukcijų	m	672	0,6	403	50,4	0,36	241,92	30,24
N2P-0503	Aliuminio–stiklo fasadų rėminių konstrukcijų stiklinimas, tvirtinant profiliais, dirbant nuo keltuvo platformos, kai stiklo paketo plotas daugiau kaip 2,0m ²	m ²	858,03	2,1	1801,9	225,23	0,7	600,62	75,1
N2P-0505	Stiklo paketų sandūrų hermetizavimas, dirbant nuo keltuvo platformos, kai sandūros vertikalios	m	162,02	0,23	37,27	4,66	0,11	17,83	2,23
N2P-0505	Stiklo paketų sandūrų hermetizavimas, dirbant nuo keltuvo platformos, kai sandūros horizontalios	m	497,73	0,21	104,53	13,07	0,1	49,77	6,22

Darbų trukmė nustatoma remiantis darbo sąnaudomis:

$$t_p = \frac{S_{di}}{a \cdot b \cdot K} = \frac{293,36}{3,5 \cdot 2 \cdot 0,9} = 46,56 \quad (6.2.5.1)$$

Čia:

t_p – planuojama darbo trukmė žm.d.d.;

S_{di} – norminės darbo sąnaudos žm.d.d.;

A – vidutinis darbininkų skaičius grandyje;

B – grandžių skaičius;

K – brigados planuojamas darbo našumas (vieneto dalimis).

Kai statybos procese siekiama efektyviai išnaudoti statybines mašinas ar mechanizmus, reikalingas darbininkų skaičius d nustatomas taip:

$$d = \frac{S_d}{S_m \cdot K} = \frac{225,23}{75,1 \cdot 0,9} = 3,332 \rightarrow 3 \quad (6.2.5.2)$$

Čia:

S_d – norminės darbo sąnaudos žm.d.d.;

S_m – norminės darbo sąnaudos maš.,pam.;

K – brigados planuojamas darbo našumas (vieneto dalimis).

Darbininkų skaičiaus netolygumo koeficientas K_{net} apskaičiuojamas:

$$K_{net} = \frac{D_{max}}{D_{vid}} = \frac{4}{3,39} = 1,2 \quad (6.2.5.3)$$

Čia:

D_{max} – maksimalus statybos technologinį procesą atliekančių darbininkų skaičius

D_{vid} – vidutinis darbininkų skaičius. Jos apskaičiuojamas pagal formulę:

$$D_{vid} = \frac{S_p}{T_p} = \frac{293,36}{86,5} = 3,39 \quad (6.2.5.4)$$

Čia:

S_p – planuojamų darbo sanauđų suma

T_p – statybos darbų planuojama trukmė

54 lentelė. Darbo laiko ir darbininkų suvestinė

Eil. Nr.	Darbininkų skaičius	Darbo dienų skaičius	Darbų pavadinimas	Specialybė
1	2	25,2	Aliuminio –stiklo fasadų karkasų iš aliuminio profilių montavimas	Mašinistas, Montuotojai
2	4	56,3	Aliuminio –stiklo fasadų rėminių konstrukcijų stiklinimas	Mašinistas, Montuotojai
3	4	5	Stiklo paketų sandūrų hermetizavimas	Montuotojai

6.2.6 Technologinių sąlygų vienam darbo procesui aprašymas ir technologinės kortelės sudarymas

Surenkamam aliuminio-stiklo fasadui naudojama Schuco FW50+ aliuminio profilių sistema. Skaidrios zonos stiklinamos dviejų kamerų stiklo paketais, neskaidrios užpildomos 150 mm storio mineralinės vatos sluoksniu uždengiant tokiu pat tik dažytu stiklo paketu, dėl vizualinio vienodumo. Tarpai tarp stiklo paketų užsandarinami hermetiku – silikonu.

Stiklinimas. Surenkamo aliuminio-stiklo fasado stiklo paketai turi:

- Būti pakankamai standūs ir stiprūs, kad atlaikytų jiems skirtą projektinę apkrovą.
- Užtikrinti projektinėje dokumentacijoje nurodytą šviesos pralaidumą.
- Užtikrinti projektinėje dokumentacijoje nurodytą šilumos pralaidumą.

55 lentelė. Leistinieji nuokrypiai

Parametras	Parametro reikšmė	Kontrolė, registravimas
Stiklo paketo pagaminimo tikslumas	±1 mm	Darbų vadovas
Sumontuoto stiklo paketo įlinkis	12mm arba L/300	Darbų vadovas, techninė priežiūra
Stiklo užlaida	minimaliai 13mm - toleranc.+/- 2mm	Darbų vadovas, techninė priežiūra

Prieš pradėdant stiklinimo darbus, sumontuotas karkasas turi būti patikrinamas:

- Ar visur sudėtos reikiamos vidinės sandarinimo gumos.
- Ar angos atitinka stiklo paketų išmatavimus.

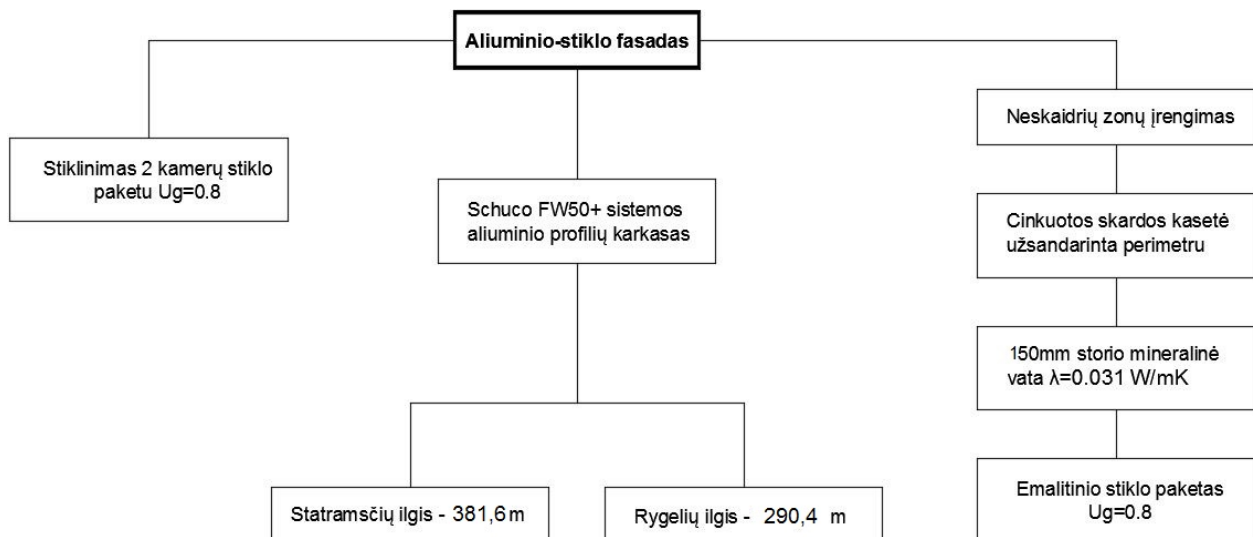
Prieš statant stiklo paketą į projektinę padėtį turi būti patikrinamas:

- Ar jame nėra pažeidimų (įtrūkimų, kriauklių ir pan.)

Kėlimo atveju, naudojant keltuvus, negniuždyti stiklo kampo – užtikrinti atrėmimą plokštumoje. Dedant stiklą ant briaunos vengti bet kokių kietų paviršių. Stiklas ar stiklo paketas, turi būti statomas tik ant tam skirtų atramų. Sandėliuojami stiklo paketai turi būti uždengti plėvele visu plotu nuo tiesioginių saulės spindulių, nes jų gavus paketai gali pradėti skilinėti. Uždengiant plėvele nerekomenduojama naudoti tamsios plėvelės, nes gali perkaitinti stiklus ir jie gali sutrūkti (termošokas).

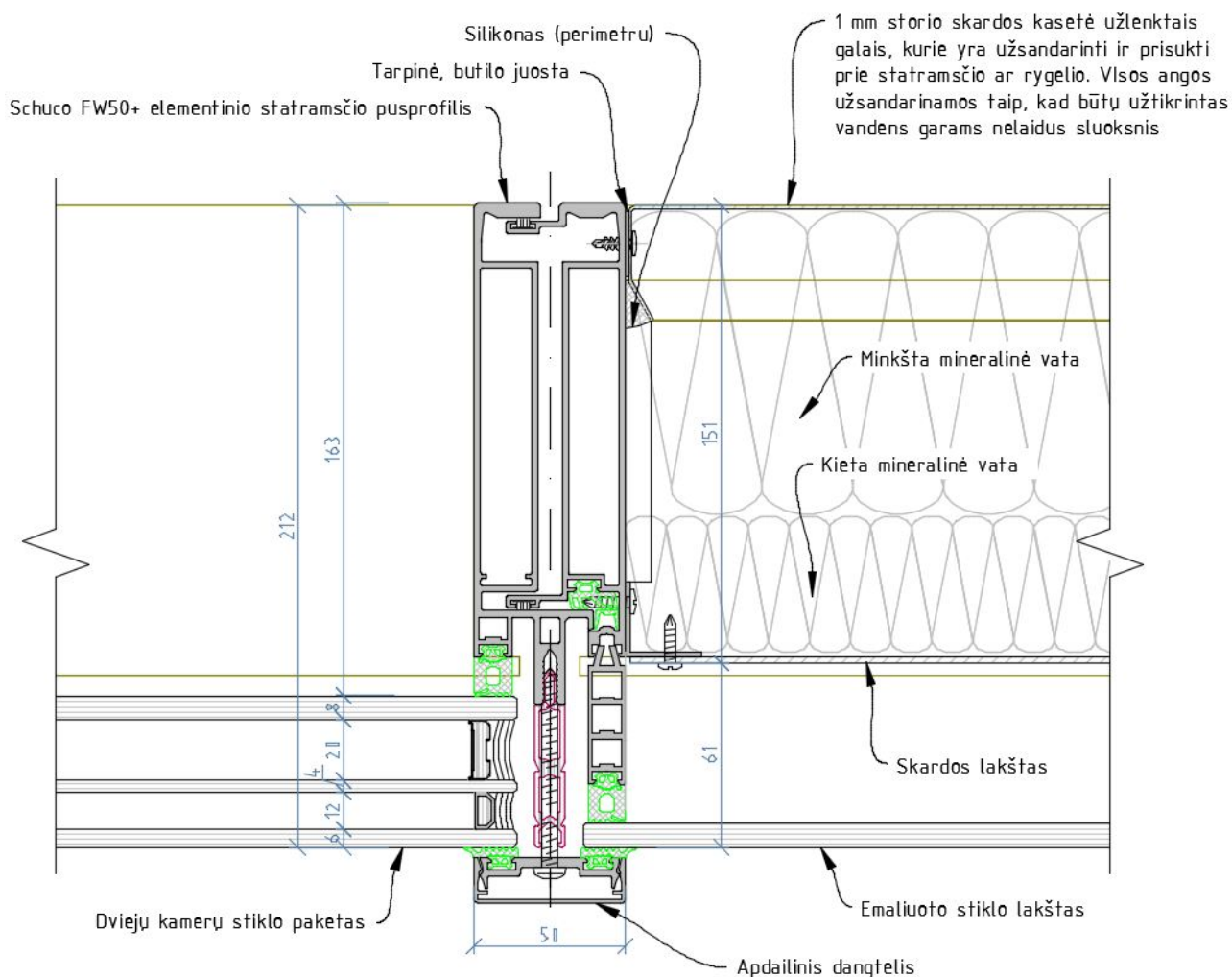
Stiklo paketai į statybvietę pristatomi A formos stelažuose. Stiklo paketai sandėliuojami taip, kad netrukdytų kitiems statybų dalyviams, uždengiami plėvele. Sunkiausias stiklo paketas sveria apie 135kg. Stiklo paketai montuojami naudojant specialų stiklų montavimo „robotą“ pritvirtintą prie automobilinio krano, iš išorinės pastato pusės. Stiklo paketą padėjus į vietą jis laikinai įtvirtinamas 10-čia plastikinių apspaudimo plokštelių (po 3 iš kiekvieno šono ir po 2 viršuje ir apačioje). Įstačius stiklo paketą į projektinę padėtį, specialiu prietaisu patikrinami stiklo paketo užleidimai (atstumas nuo stiklo briaunos iki karkaso profilių visu perimetru turi būti vienodas). 90 laipsnių kampu pasukamos specialios tvirtinimo detalės skirtos nuolatiniam stiklo paketo užfiksavimui. Užfiksavus tvirtinimo taškus ištraukiami plastikiniai kompensatoriai.

6.3 Elementinio Aliuminio – stiklo fasado įrengimo technologija

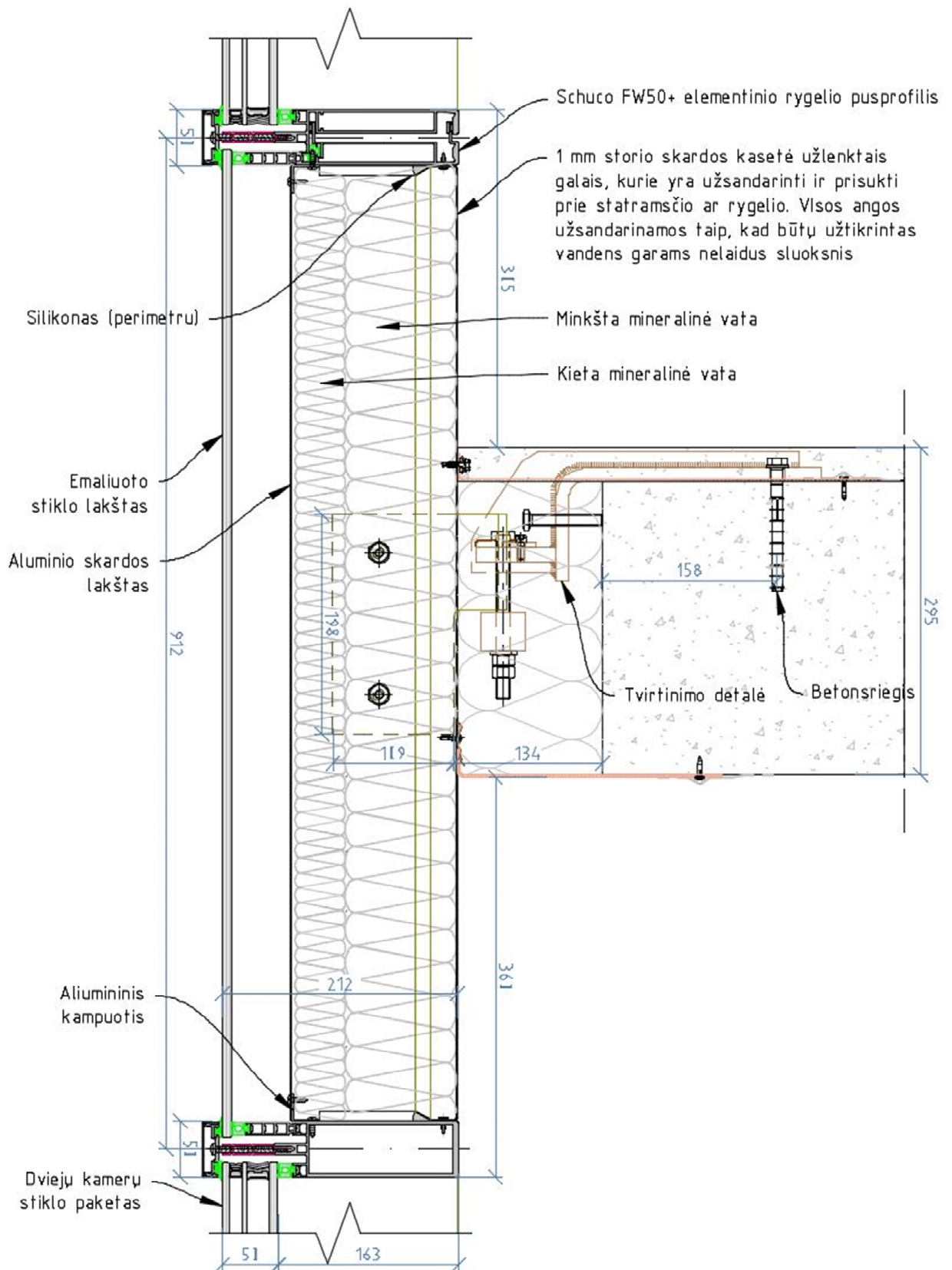


38 pav. Elementinio Aliuminio – stiklo fasado struktūrinė schema

6.3.1 Konstrukciniai mazgai



39 pav. Konstrukcinis mazgas. Pjūvis per statramsčių



40 pav. Konstrukcinis mazgas. Pjūvis per rygelį

6.3.2 Statybos darbų apimtys

6.3.2.1 Surenkamų karkaso elementų montavimo darbų apimčių skaičiavimas

56 Lentelė. Surenkamų karkaso elementų montavimo darbų apimčių skaičiavimas

Elemento pavadinimas	Tipas	Matmenys, m			Elementų skaičius	Vieno elemento		Bendras	
		L	B	H		Masė, t	Tūris, m ³	Masė, t	Tūris, m ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fasado modulis	E-1	0,21	2,8	4,64	256	0,72	2,73	184,32	698,88
	E-2	0,21	3,1	4,64	16	0,79	3,02	12,64	48,32
Kronšteinas	K-1	-			512	0,0077	0,00283	3,943	1,45

6.3.3 Darbų vykdymo metodų parinkimas ir statybos darbų technologijos aprašymas

6.3.3.1 Tvirtinimo elementų montavimas ant gelžbetoninės perdangos

Fasado elementų tvirtinimui naudojamos įvairių tipų tvirtinimo detalės kurios pagal tvirtinimosi prie perdangos tipą gali būti skirstomos į tris rūšis:

- Iš perdangos priekio – prisukant tvirtinimo detalę iš priekinės perdangos pusės padidinamas fasado elemento išsikišimas į pastato išorę, tačiau tokios tvirtinimo detalės gali atlaikyti didesnes apkrovas, bei jas paprasčiau sumontuoti statybos objekte.
- Iš perdangos viršaus – prisukant tvirtinimo detalę ant perdangos viršaus padidinamas reikiamas išlyginamojo sluoksnio storis norit paslėpti laikančiąsias konstrukcijas. Tvirtinant tokiu būdu fasado elementas yra mažiau išsikišęs į pastato išorę.
- Iš perdangos apačios – prisukant tvirtinimo detalę iš perdangos apačios padidinamas reikiamas lubų konstrukcijos storis norit paslėpti laikančiąsias konstrukcijas. Tvirtinant tokiu būdu fasado elementas yra mažiau išsikišęs į pastato išorę.

Pasirinktas montavimo būdas – iš perdangos viršaus. Naudojama tvirtinimo detalė pavaizduota 16 pav. Detalė prie perdangos tvirtinama trimis varžtais – dvi ovalios skylės skirtos reguliavimui ir viena apvali skirta galutiniam pritvirtinimui. Statybvietėje turi būti atžymėtos projektinės ašys, nuo kurių yra nurodyti kiekvieno tvirtinimo taško pririšimai ir pagal tai objekte ant perdangos ar kitų laikančių konstrukcijų atžymimos kronšteinų vietos. Kronšteinai sukami sekančios dienos elementų kiekiui sumontuoti.

6.3.3.2 Fasado elementų montavimas

Statybos objekte, ant perdangos, sumontuojamos pakabinimo detalės, kitą dieną numatytam elementų kiekiui pakabinti. Kiekvienas elementas kabinamas ant dviejų tvirtinimo kronšteinų. Gamykloje pagaminti fasado elementai iškraunami iš krovinio transporto ir išpakuojami į sandėliavimo vietą. Gamykloje pagaminti elementai supakuojami į medinio karkaso konstrukciją,

kuri apsaugo elementą nuo galimų mechaninių poveikių sandėliavimo ar transportavimo metu. Apsaugojimui nuo atmosferinių kritulių ir kitų galimų poveikių į karkasą supakuotas elementas dar papildomai apsukamas polietilenine pakavimo plėvele.

Išpakavus elementą statybos objekte automobilinio kranu kablys užkabinamas už specialiai elementų kėlimui numatytų detalių, kurios vėliau pasitarnauja, kaip papildomi fiksacijos taškai sutvirtinant vieną elementą su kitu, vertikalia kryptimi. Kranu keliant elementą į montavimo aukštį apačioje elementas prilaikomas lynų pagalba, kad vėjas jo neapsuktų. Tvirtinat elementą į projektinę padėtį reikalingi keturi montuotojai: 2 kiekvienai tvirtinimo detalei prisukti ir 2 profilių gumoms sumauti. Profilių gumos prideda elementams fiksaciją visu perimetru, taip pat užtikrina oro ir vandens sandarumą. Sumautomis guminėmis tarpinėmis elementų profiliuose sudaromos trys sandarios kameros, kurios taip pat pasitarnauja kaip termo barjeras. Patikrinus sumontuoto elemento stabilumą keliamas kitas elementas.

Projektuojamame pastate montuojami dviejų tipų elementai – 256 vienetai 2,8 m pločio ir 4,64 m aukščio tiesių, bei 16 vienetai 3,1 m pločio ir 4,64 m aukščio kampinių.

6.3.4 Darbo sąnaudų, brigados sudėties skaičiavimas

57 lentelė. Darbo sąnaudų, brigados sudėties skaičiavimas

Kodas	Darbų ir procesų pavadinimas	Darbų apimtis		Darbų žurnalas, žm. val.		Darbo sąnaudos, žm.d.	Mechanizmų darbo sąnaudos		
		Matavimo vienetas	Kiekis	Montavimo vienetui	Visam darbui		Mašinų valandos		Mašinų pamainos
							Vienetui	Visam darbui	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-	Tvirtinimo detalių sukimas prie betoninių konstrukcijų, dirbant nuo keltuvo platformos.	vnt.	512	0,4	204,8	25,6	0,36	184,32	23,04
-	Tiesių elementų montavimas	vnt.	265	4	1060	132,5	1,2	307,2	38,4
-	Kampinių elementų montavimas	vnt.	16	8	128	16	3,3	52,8	6,6

Darbų trukmė nustatoma remiantis darbo sąnaudomis:

$$t_p = \frac{S_{di}}{a \cdot b \cdot K} = \frac{174,1}{4 \cdot 2 \cdot 0,9} = 24,18 \quad (6.3.4.1)$$

Čia:

t_p – planuojama darbo trukmė žm.d.d.;

S_{di} – norminės darbo sąnaudos žm.d.d.;

a – vidutinis darbininkų skaičius grandyje;

b – grandžių skaičius;

K – brigados planuojamas darbo našumas (vieneto dalimis).

Kai statybos procese siekiama efektyviai išnaudoti statybines mašinas ar mechanizmus, reikalingas darbininkų skaičius d nustatomas taip:

$$d = \frac{S_d}{S_m \cdot K} = \frac{132,5}{38,4 \cdot 0,9} = 3,83 \rightarrow 4 \quad (6.3.4.2)$$

Čia:

S_d – norminės darbo sąnaudos žm.d.d.;

S_m – norminės darbo sąnaudos maš.,pam.;

K – brigados planuojamas darbo našumas (vieneto dalimis).

Darbininkų skaičiaus netolygumo koeficientas K_{net} apskaičiuojamas:

$$K_{net} = \frac{D_{max}}{D_{vid}} = \frac{4}{2,78} = 1,44 \quad (6.3.4.3)$$

Čia:

D_{max} – maksimalus statybos technologinį procesą atliekančių darbininkų skaičius;

D_{vid} – vidutinis darbininkų skaičius. Jos apskaičiuojamas pagal formulę:

$$D_{vid} = \frac{S_p}{T_p} = \frac{174,1}{62,73} = 2,78 \quad (6.3.4.4)$$

Čia:

S_p – planuojamų darbo sąnaudų suma;

T_p – statybos darbų planuojama trukmė.

58 lentelė. Darbo laiko ir darbininkų suvestinė

Eil. Nr.	Darbininkų skaičius	Darbo dienų skaičius	Darbų pavadinimas	Specialybė
1	1	25,6	Tvirtinimo detalių prisukimas prie gelžbetoninės perdangos	Montuotojai
2	4	33,13	Tiesių aliuminio – stiklo fasadų elementų montavimas	Mašinistas, Montuotojai
3	4	4	Kampinių aliuminio – stiklo fasadų elementų montavimas	Mašinistas, Montuotojai

7 Darbų ir gaisrinės saugos aprašymas

7.1 Darbų sauga

Stiklinimo metu reikia laikytis šių saugos reikalavimų:

- Stiklo paketo montavimo metu vyr. montuotojas stovi keltuvo porankių aukštyje vidinėje pastato dalyje, tuo tarpu likę montuotojai stovi rygelio (ant kurio montuojamas stiklo paketas aukštyje) išorinėje pastato dalyje.
- Papildomos faneros plokštės dedamos tarp keltuvo ir fasado karkaso, tam kad būtų panaikintas pavojingas tarpas tarp montuotojo ir pastato.
- . Montavimo metu, keltuvo porankiai gali būti nuimti, tam kad kranas su prikabintu stiklinimo robotu galėtų laisvai judėti.
- Keltuvo porankiai gali būti nuimti tik esant stiklo paketui pakeltam į perdangos aukštį.
- Visi montuotojai privalo dėvėti pakinktus su kritimą sustabdančiais lynais, sureguliuotais taip, kad nelestų montuotojams nutolti už toliau už perdangos.
- Visi pakinktus dėvintys darbuotojai turi būti specialiai apmokyti ir instrukuoti.
- Montavimo metu draudžiama dėvėti jokių palaidus drabužius, kuriuos gali prispausti statomas stiklo paketas, ar įtraukti besisukančios mechanizmų dalys.

8 Gaisrinė sauga

- Ilgiau veikiančio elektrinio mechanizmo elektros variklio temperatūra neturi būti aukštesnė kaip +70°C

Projektuojant pastatą išlaikomi reglamentuoti priešgaisriniai atstumai, nes 150m atstumu jokių pastatų nėra. Siekiant išvengti gaisro plitimo, numatomos techninės kompensacinės priemonės įgyvendinančios reglamentuojamą saugos lygmenį: ribojamas projektuojamo pastato atitvarų medžiagų degumas ir atsparumas ugniai. Statinio atsparumo ugniai laipsnis – I. Leidžiama statinio gaisrinio pavojingumo klasė – C0.

Išvados

1. Magistro baigiamajame darbe išnagrinėtos dvi aliuminio – stiklo fasadų rūšys: surenkamas ir elementinis fasadas. Sudaryti abiejų fasadų variantų konstrukciniai sprendimai, parinktos tvirtinimo detalės, bei detalizuota montavimo technologija, sudaryti kalendoriniai fasado sumontavimo grafikai pasirinktam statiniui – Administraciniam pastatui.

2. Magistro darbe išnagrinėta ir nustatyta, kad renkantis aliuminio-stiklo fasado sprendimą pagal teorinį reikšmingumą, didžiausią dėmesį reikia kreipti į kriterijų A2 – medžiagų kainą; pagal kompleksinį kriterijų reikšmingumą – A1 – estetiką.

3. Taikant porinio palyginimo metodą buvo apklausti 30 ekspertų. Atlikus skaičiavimus nustatyta kriterijų svarba: $q_2 > q_3 > q_1 > q_4 > q_5$ (X2 - medžiagų kaina, Eur; X3 - šilumos išsaugojimas, (W/m²·K); X1- estetika, balai; X4 - pagaminimo ir sumontavimo sudėtingumas, balai; X5 - elemento pakeitimo sudėtingumas, balai;). Patikrintas Kendalo konkordancijos koeficientas gautas 1,66 ir yra didesnis už 0,6, todėl darome išvadą, kad ekspertai sutaria ir yra vieningi.

4. Apskaičiuojant tvirtinimo detalės stiprumą nustatyta, kad susidaro didesnis ekvivalentinis įtempis, konstrukcija patiria didesnes deformacijas, bei atsargos koeficientas yra mažesnis, veikiant pirmam apkrovų deriniui. Interpretuojant rezultatus galima teigti, kad detalė suprojektuota teisingai, kadangi maksimalus ekvivalentinis įtempis yra 118 MPa, tuo tarpu maksimalus leidžiamas įtempis 6061-T6 klasės aliuminio lydiniui nepasiekiant plastinių deformacijų – 276 MPa. Santykinai gaunamas atsargos koeficientas $\mu = 276/118 = 2,32$. Poslinkiai, neįvertinant fasado elemento savojo standumo yra 2,9 mm. Atskirai išskirstytos deformacijos pasiskirstytų: x ašies kryptimi (ašis lygiagreti fasado elementų statramstį ir detalę jungiančių varžtų ašiai) – 0,13 mm. Tvirtinimo plokštelės („ausys“) yra stumiamos viena nuo kitos. Deformacija y ašies kryptimi (ašis kryptimi vertikaliai žemyn) – 2,4 mm. Plokštelės nuo savojo svorio tempiamos žemyn. Deformacija z ašies kryptimi (ašis statmena fasado elemento plokštumai) – 1,75 mm. Laikoma, kad tokio tipo fasadui tvirtinimo detalė suprojektuota tinkamai.

5. Sudarant surenkamo ir elementinio fasadų montavimo technologines korteles gauta, kad 856,4 m² ploto surenkamo fasado dalį pirmame aukšte, 6 montuotojų brigada įrengtų per 64 darbo dienas (100 m² fasado per 7,4 dienas). Tuo tuo tarpu 3750 m² ploto elementinio fasado dalį likusiuose aukštuose, tą pačių 6 montuotojų brigada įrengtų per 34 darbo dienas (100 m² fasado per 1,1 dieną). Naudojant elementinį fasado tipą konkrečiam projekte gaunamas iki 7 kartų didesnis montuotojų išdirbis lyginant reikalingo dienų skaičių 100 m² fasado uždengti, nes smulkūs ir daug laiko užimantys procesai iš statybos objekto perkeliama į gamyklos cechą, kur gamybos procesas optimizuojamas ir žymiai našesnis. Naudojant elementinio tipo fasadą, montuotojų atliekami procesai statybos objekte sumažinami iki minimumo.

Literatūros sąrašas

1. QUIROUETTE, R. Glass and aluminum curtain wall systems; Waterloo 2016.
2. JUOZAITIS M. Fasadinių aliuminio – stiklo konstrukcijų ypatybės; Vilnius 2011.
3. TING, Raymond. Evolution of curtain wall design against water infiltration. Metal Architecture. Pittsburgh, 1997.
4. SCHWARTZ, T. Glass and metal curtain-wall fundamentals. APT bulletin, 20015.
FRIBLICK, F. Development of an integrated façade system to improve the high-rise building process. Proceedings of the 17th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC 17), Taipei, Taiwan. 2009.
5. ZAVADSKAS, E. K. Statybos procesų technologija. Vilnius “Technika” 2008;
6. DAUNORAVIČIUS, M. Statybos technologinių procesų projektavimas. Kaunas “Technologija” 2010.
7. Schüco FW50+ aliuminio profilių sistemos katalogas. 2016
8. Reynaers CW50 aliuminio profilių sistemos katalogas. 2016
9. LR statybos įstatymas (Žin., 1996, Nr. 32-788; 2017) [žiūrėta 2016-11-04] Prieiga per:
<https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.F31E79DEC55D/ISMIpMDXHb>
10. STR 1.01.06:2013 „Ypatingi statiniai“. [žiūrėta 2016-11-04] Prieiga per:
<https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.26F602F9D89C/XCLtCPPQxk>
11. STR 2.01.01(3):1999 „Esminiai statinio reikalavimai. Higiena, sveikata, aplinkos apsauga“
[žiūrėta 2016-11-04] Prieiga per:
<https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.19AD91BDE89C/fyGLhcgtUt>
12. STR 2.02.02:2004 „Visuomeninės paskirties statiniai“ [žiūrėta 2016-11-04] Prieiga per:
<https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.B7AFE0723734>
13. STR 2.03.01:2001 „Statiniai ir teritorijos. Reikalavimai žmonių su negalia reikmėms“
[žiūrėta 2016-11-04] Prieiga per:
<https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.3C24C4CAE7B1>
14. STR 2.05.03:2003 „Statybinių konstrukcijų projektavimo pagrindai“. [žiūrėta 2016-11-04]
Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.EB554E4C6BFA>
15. ST 121895674.205.20.03.01:2015 „Fasadų įrengimo darbai“. Lietuvos statybininkų asociacija. Vilnius, 2015.
16. EN 1990: Eurocode: Basis of Structural Design
17. EN 1991-1-1: Eurocode 1: Actions on structures
18. EN 1999-1-1: Eurocode 9: Design of aluminium structures

Priedai

1 Priedas

Surenkamo aliuminio – stiklo fasado lokalinė sąmata

LOKALINĖ SĄMATA

Sudaryta
pagal
2016.10
kainas

Statinių grupė 7 Fasadas

Statinys 1 Fasadas

Žiniaraštis 1 Lokaline

2016.04.27

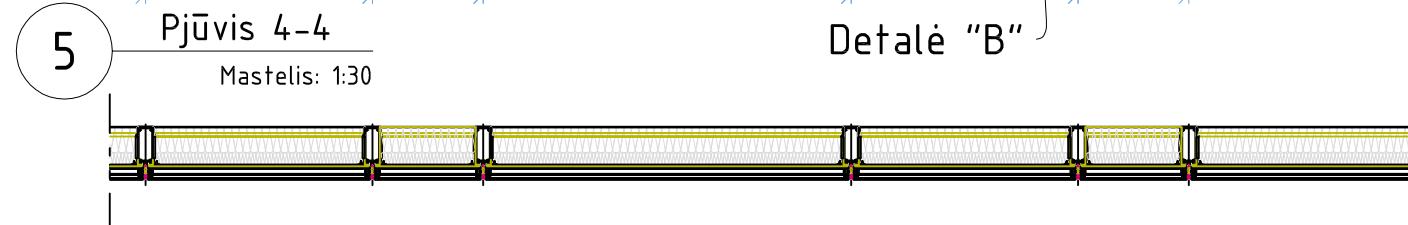
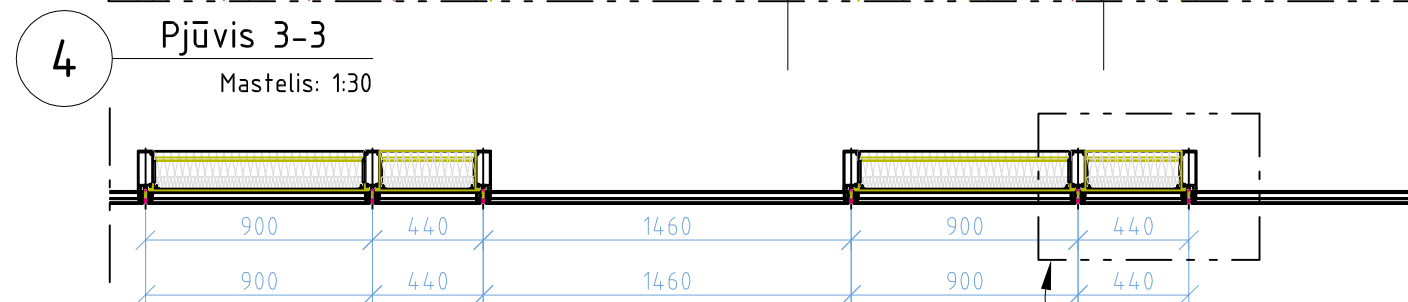
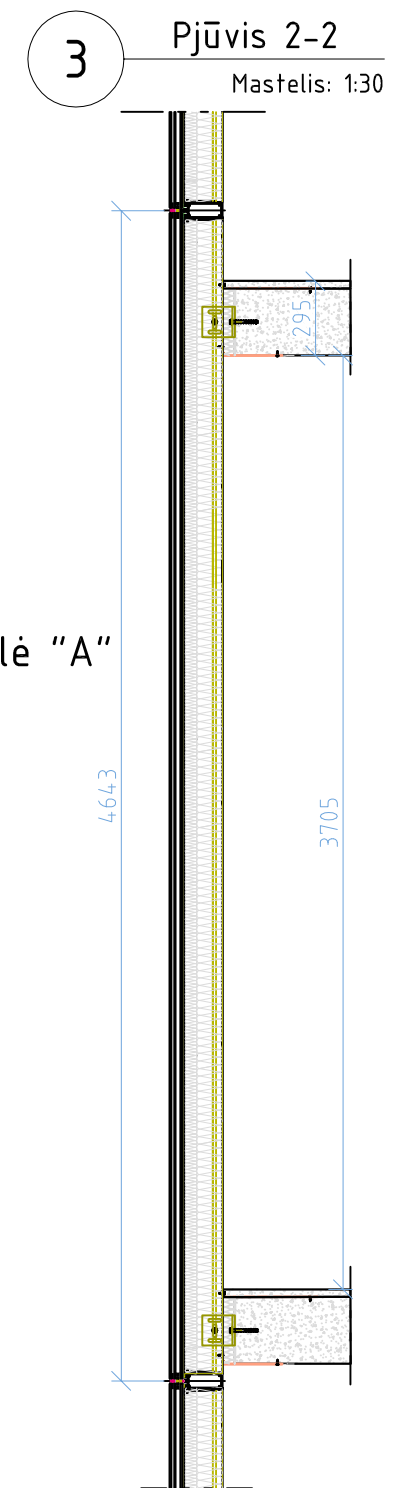
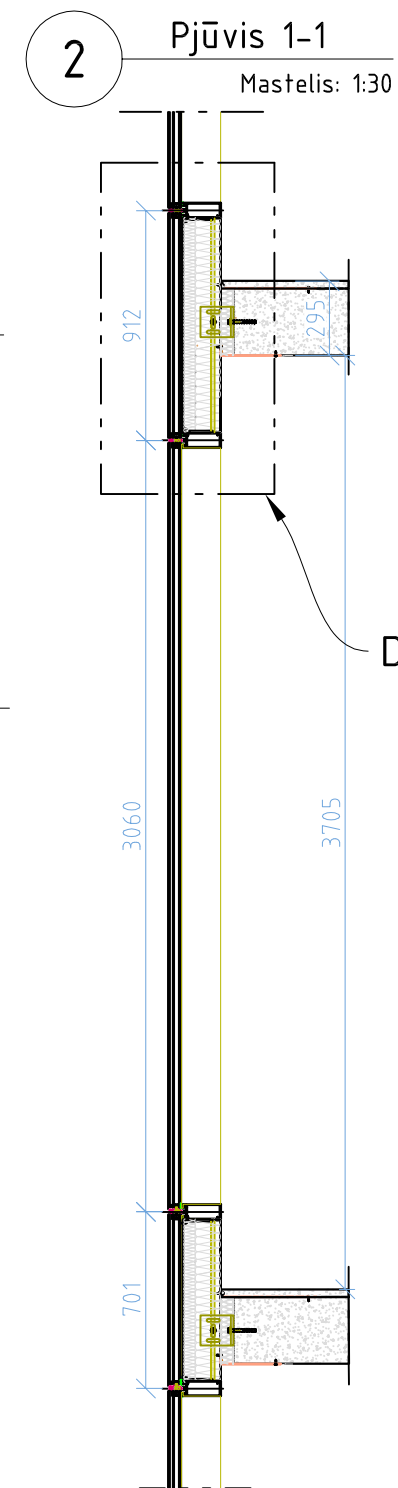
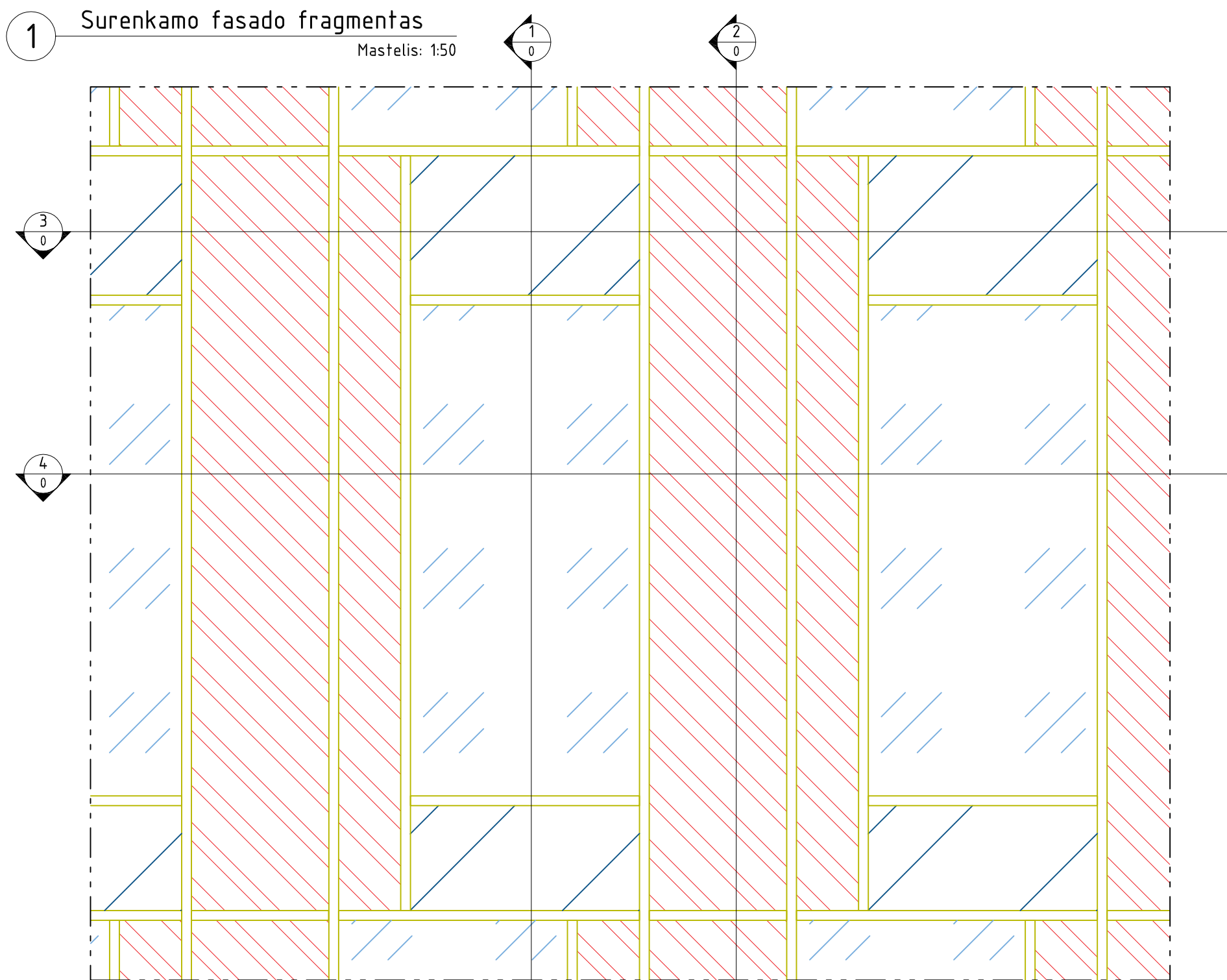
Suma žiniaraščiui 491388.26 EUR

Sąm. eil.	Darbų ir išlaidų aprašymai	Mato vnt	Norma	Kiekis	Kaina EUR	Iš viso EUR
1	Administracinis					
1 N2P-0501		m		672,0		
	Aliuminio-stiklo fasadų (apdarinių sienų) karkasų (rėmų) iš aliuminio profilių montavimas, dirbant nuo keltuvo platformos, tvirtinant prie betoninių konstrukcijų					
	Darbo sąn. kateg. 4.5	žm.val.	0,6	403,2	5,55	2237,76
92778	Fasadinių vitrinų aliuminio profiliai	m	1,01	678,72	6,7	4547,42
120221	Inkariniai varžtai	vnt	0,5	336,0	0,54	181,44
261018	Tvirtinimo detalės	kg	5,16232	3469,08	1,93	6695,32
261218	Savisriegiai sraigtai (metalui)	vnt	0,305915	205,57	0,06	12,33
489003	Keltuvas	maš.val	0,2	134,4	3,49	469,06
489131	Kranas	maš.val	0,02	13,44	22,61	303,88
489244	Smulkūs mechanizmai su el. varikliu	maš.val	0,36	241,92	0,47	113,7
N2P-0501	Darbo užm. 2237,76 Medžiagos	11436,52	Mechanizmai	886,64	Iš viso	14560,92
2 N2P-0503		m2		856,4		
	Aliuminio-stiklo fasadų (apdarinių sienų) rėmin. konstr.stiklinimas,tvirtinant profiliais,dirbant nuo keltuvo platformos, kai stiklo paketo plotas daugiau 2 m2					
	Darbo sąn. kateg. 4.5	žm.val.	2,1	1798,44	5,55	9981,34
261136	Sandarinimo profiliai	m	1,01	864,96	0,46	397,88
261218	Savisriegiai sraigtai (metalui)	vnt	8,0	6851,2	0,06	411,07
261368	Sandarinimo tarpikliai	m	1,01	864,96	0,36	311,39
590098	Stiklo paketai	m2	1,0	856,4	20,12	17230,77
489003	Keltuvas	maš.val	0,7	599,48	3,49	2092,19
489131	Kranas	maš.val	0,25	214,1	22,61	4840,8
489244	Smulkūs mechanizmai su el. varikliu	maš.val	0,41	351,12	0,47	165,03

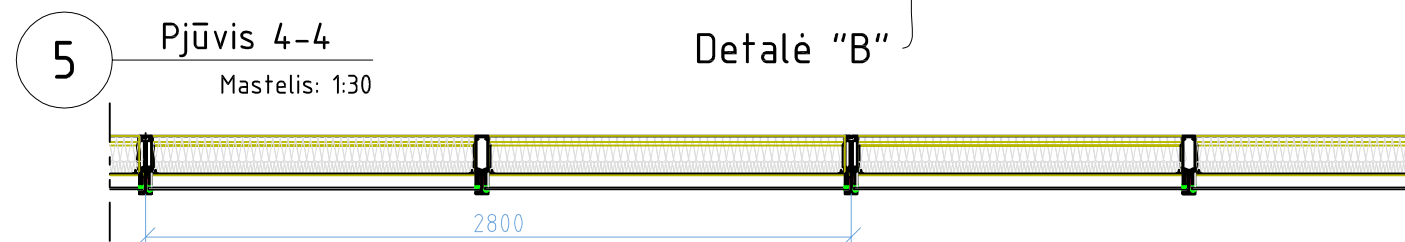
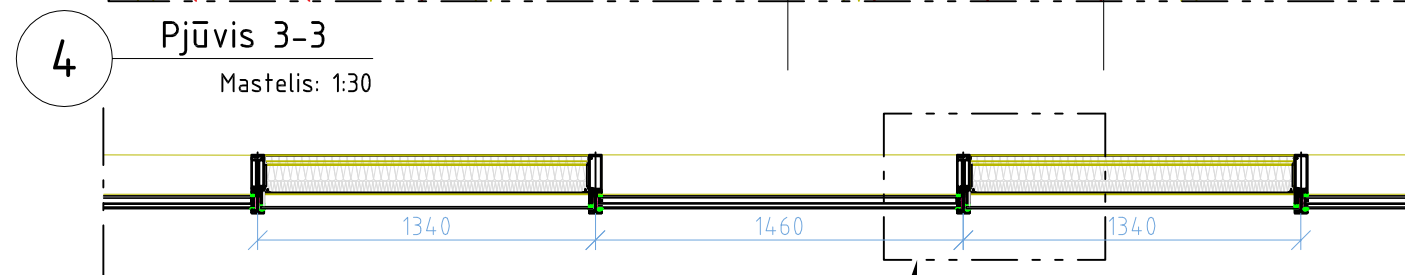
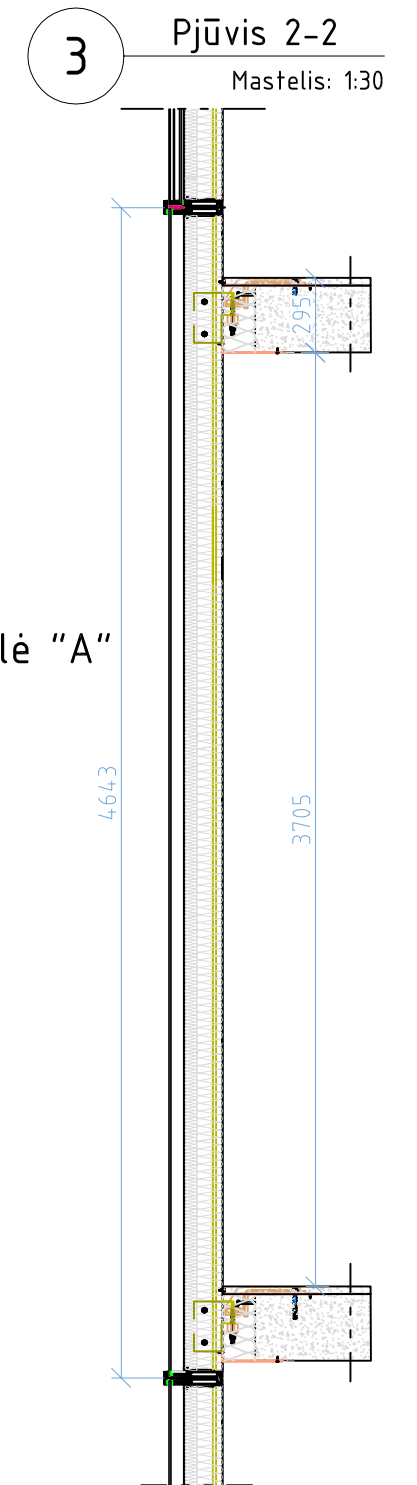
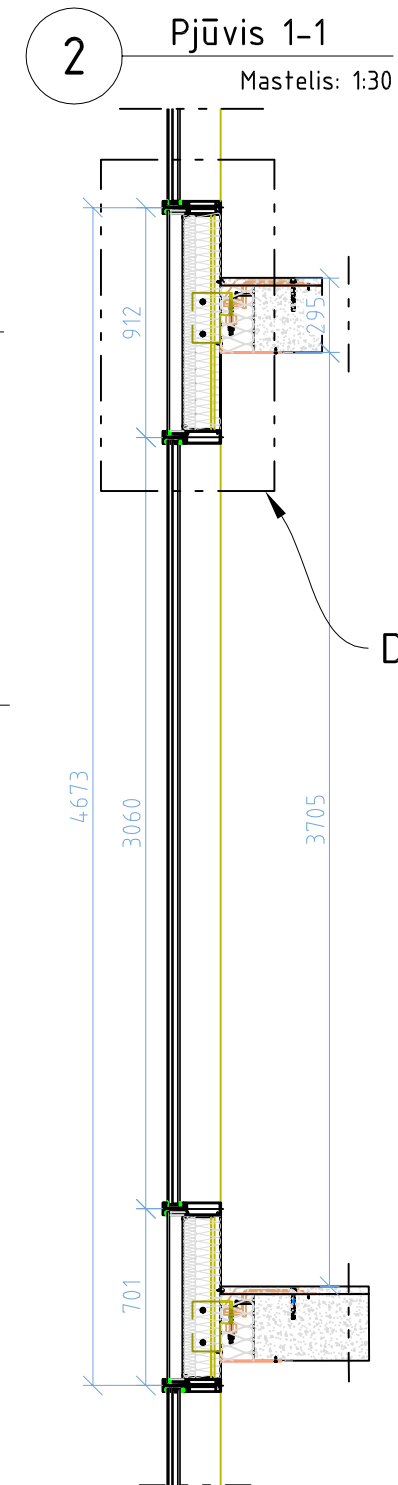
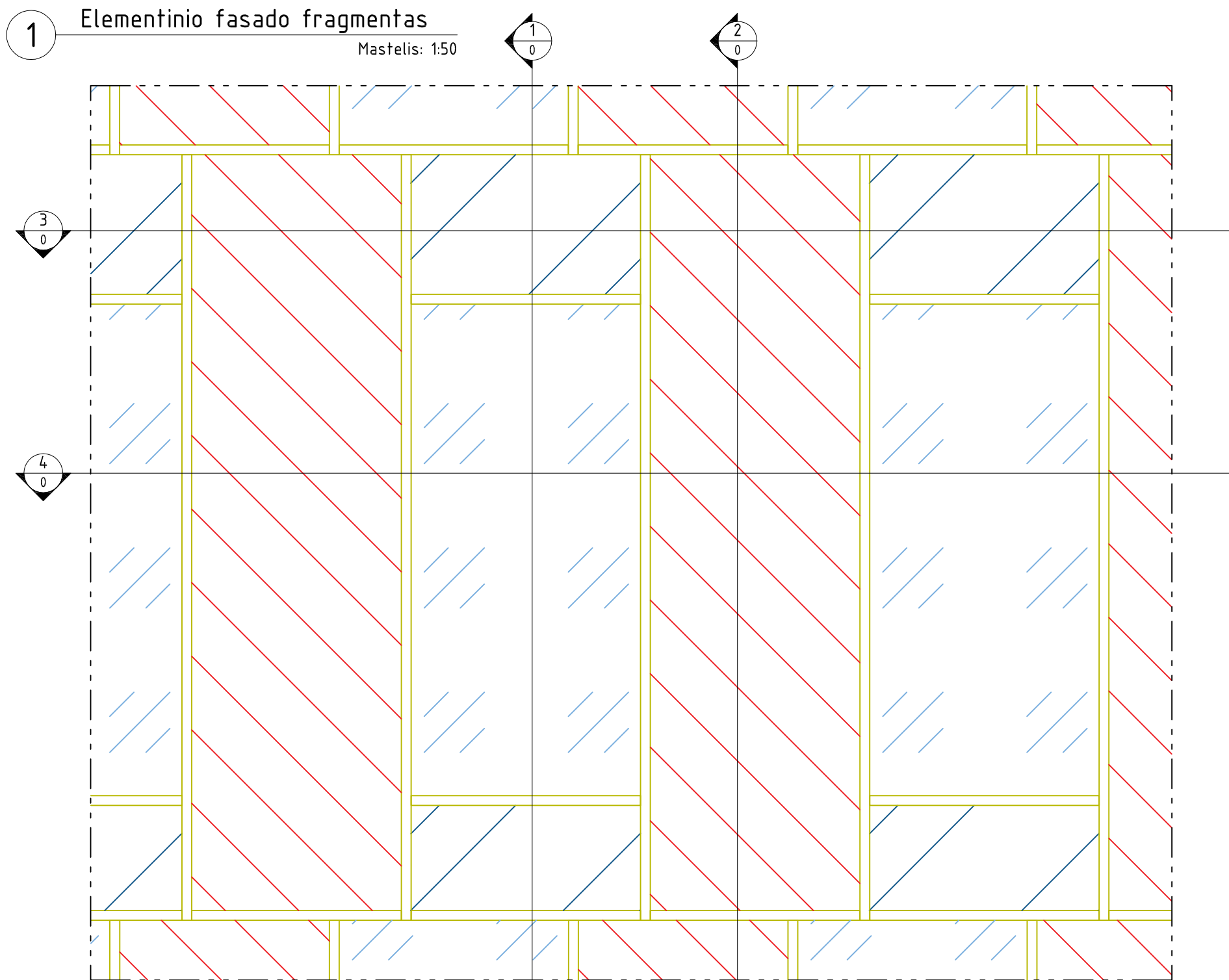
N2P-0503	Darbo užm. 9981,34	Medžiagos	28332,45	Mechanizmai	7098,01	Iš viso	35430,47
3 N2P-0505			m		162,02		
	Stiklo paketų sandūrų hermetizavimas , dirbant nuo keltuvo platformos, kai sandūros vertikalios						
	Darbo sąn. kateg. 4.0		žm.val.	0,23	37,26	5,39	200,86
230432	Hermetikas		l	0,4	64,81	4,77	309,13
489003	Keltuvas		maš.val	0,11	17,82	3,49	62,2
N2P-0505	Darbo užm. 200,86	Medžiagos	309,13	Mechanizmai	62,2	Iš viso	572,19
4 N2P-0505			m		497,73		
	Stiklo paketų sandūrų hermetizavimas , dirbant nuo keltuvo platformos, kai sandūros horizontalios						
	Darbo sąn. kateg. 4.0		žm.val.	0,21	104,52	5,39	563,38
230432	Hermetikas		l	0,4	199,09	4,77	949,67
489003	Keltuvas		maš.val	0,1	49,77	3,49	173,71
N2P-0505	Darbo užm. 563,38	Medžiagos	949,67	Mechanizmai	173,71	Iš viso	1686,76
Iš viso skyriuje	1 Darbo užm. 12983,34	Medžiagos	41027,77	Mechanizmai	8220,56	Iš viso	52250,33
Viso žiniaraštyje	1 Darbo užm. 12983,34	Medžiagos	41027,77	Mechanizmai	8220,56	Iš viso	52250,33
	Papildomų medžiagų vertė	3.00%			1231		
	Papildomų mechanizmų vertė	3.00%				247	
	Sezoniniai darbai	15.00% (0)					
	Specifiniai darbai	17.00%					
	Papildomas darbo užmokestis (12983,34)	8.00%		1039			
	Viso:			14022	42259	8467	64748
	Soc.draudimo išlaidos 31.00%(12983,34+1039)			4347			
	Statinio statybos išlaidos		Viso:	18369	42259	8467	69095
	Statyb vietės išlaidos	9.00%					6219
	Iš viso tiesioginės išlaidos						75313
	Pridėtinės išlaidos 30.00%(12983,34+1039)						4207
	Pelnas	10.00%(75313+4207)					36919
	Iš viso netiesioginės išlaidos						7952
					Bendra vertė be PVM		83265
	Pridėtinės vertės mokestis	21.00%					17485,67
					Bendra vertė su PVM		100750,76

Sudarė : Aidas Bobyrius

Surenkamo ir elementinio aliuminio – stiklo fasado fragmento vaizdas,
pjūviai, detalės

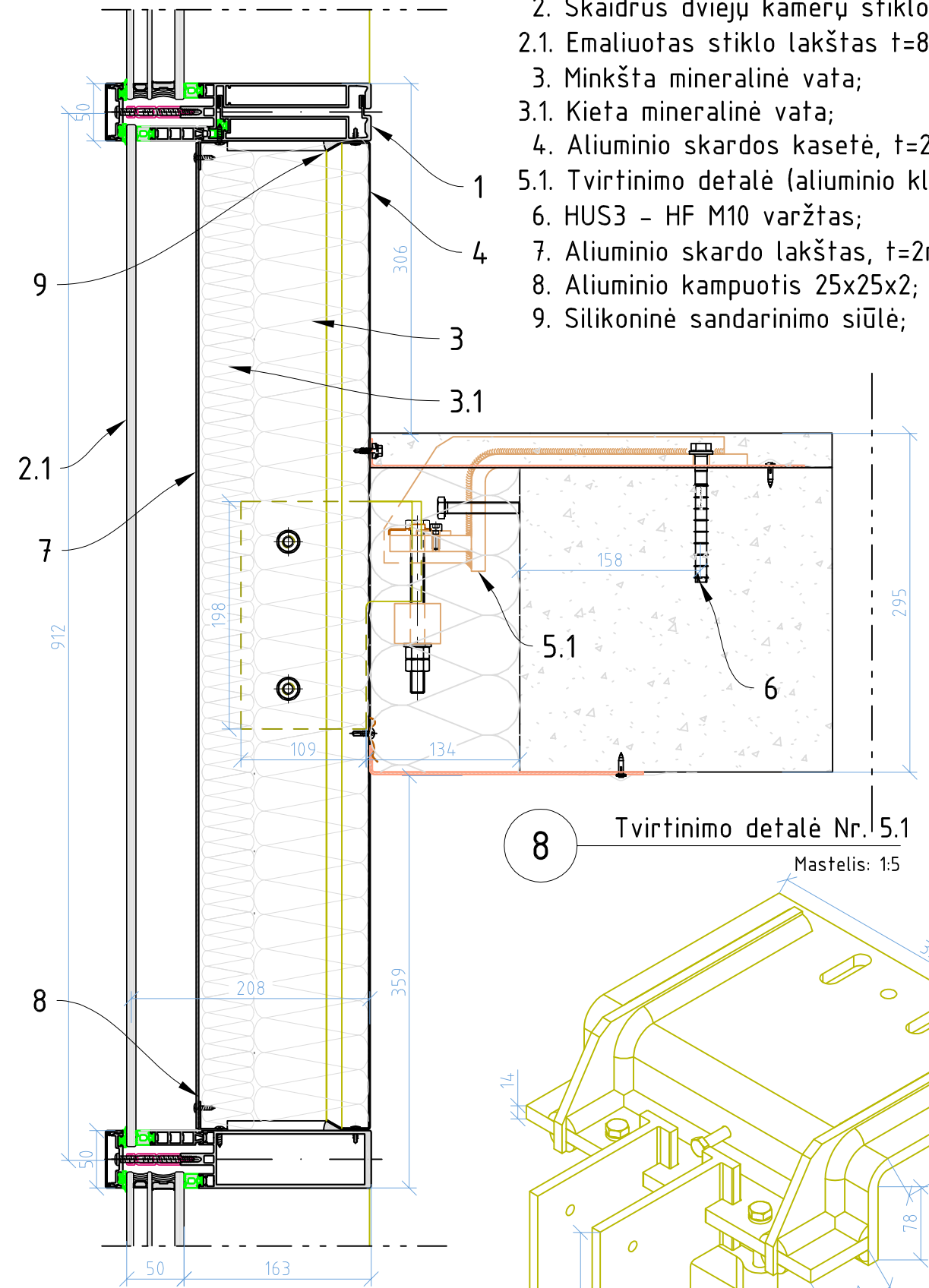


Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas		Magistro baigiamasis darbas	
SSM-5	Studentas A.Bobyrius	2017-01-17	Aliuminio - stiklo fasado konstrukcijų montavimo technologijų tyrimas	
Pr.etapas	Statybos technologijų katedra LT- 51367 Studentų 48, Kaunas		Surenkamo fasado fragmentas, Pjūvis 1-1, Pjūvis 2-2, Pjūvis 3-3, Pjūvis 4-4	Laida 0
MBD			2017-MBD-ST	Lapas Lapų 1 4



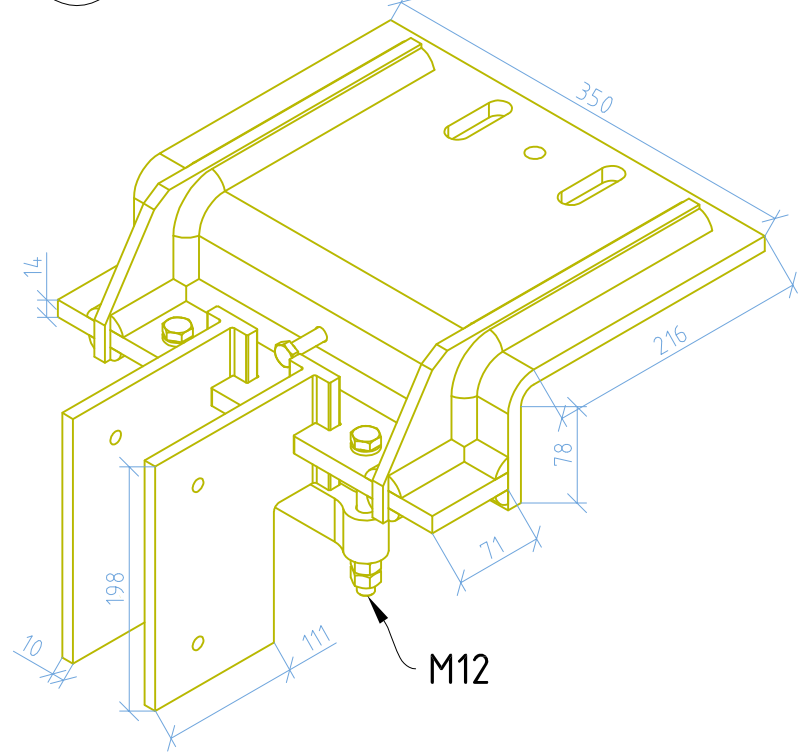
Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas		Magistro baigiamasis darbas	
SSM-5	Studentas A.Bobyrius	2017-01-17	Aliuminio – stiklo fasado konstrukcijų montavimo technologijų tyrimas	
Pr.etapas	Statybos technologijų katedra LT- 51367 Studentų 48, Kaunas		Elementinio fasado fragmentas, Pjūvis 1-1, Pjūvis 2-2, Pjūvis 3-3, Pjūvis 4-4	Laida 0
MBD	2017-MBD-ST		Lapas 3	Lapų 4

6 Detalė "A"
Mastelis: 1:5

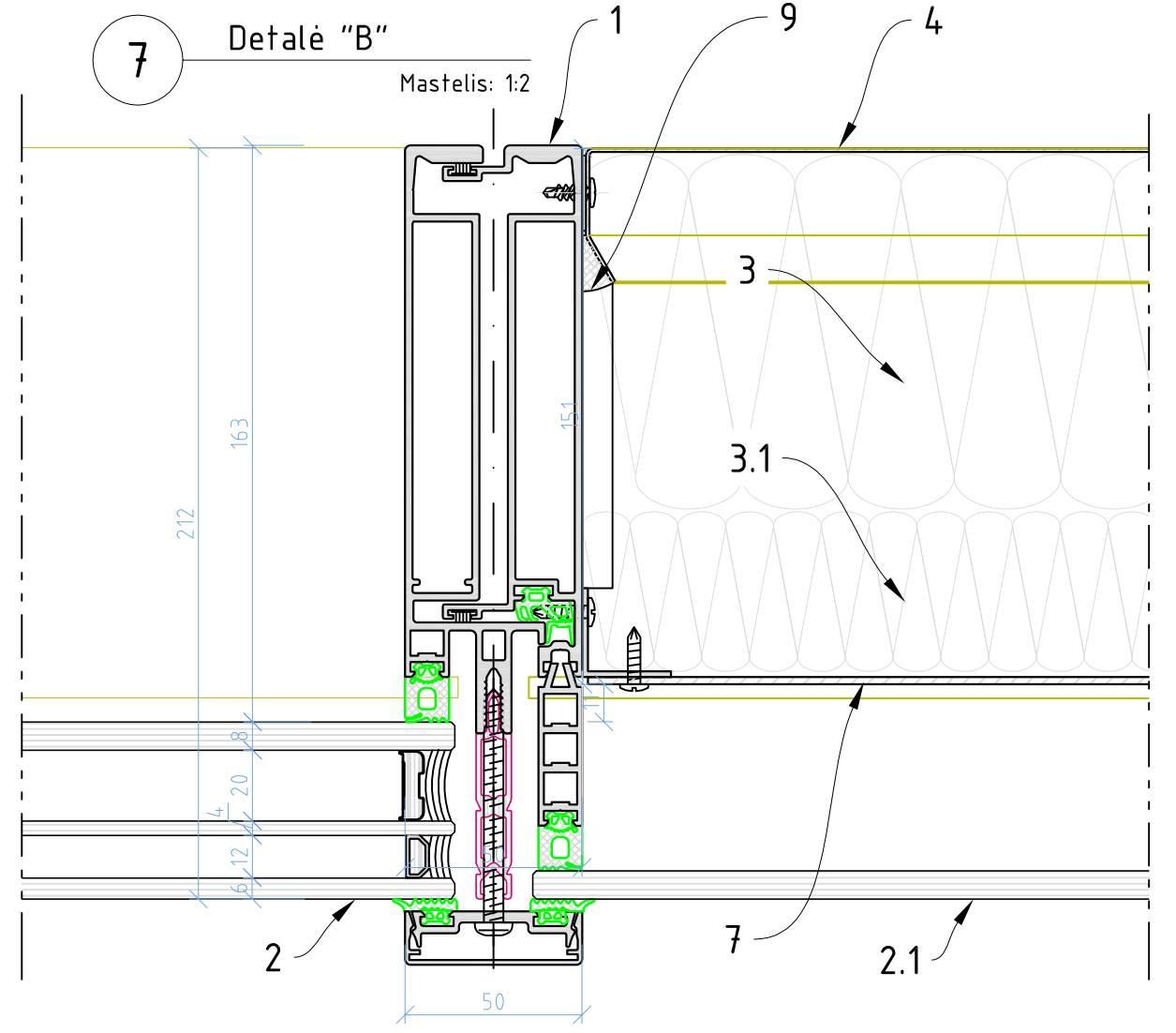


- Medžiagų sąrašas:
1. Aliuminio profilių sistema;
 2. Skaidrus dviejų kamerų stiklo paketas 6/12/4/20/8;
 - 2.1. Emaliuotas stiklo lakštas t=8mm;
 3. Minkšta mineralinė vata;
 - 3.1. Kietą mineralinė vata;
 4. Aliuminio skardos kasetė, t=2mm;
 - 5.1. Tvirtinimo detalė (aliuminio klasė- 6061);
 6. HUS3 - HF M10 varžtas;
 7. Aliuminio skardo lakštas, t=2mm;
 8. Aliuminio kampuočiai 25x25x2;
 9. Silikoninė sandarinimo siūlė;

8 Tvirtinimo detalė Nr. 5.1
Mastelis: 1:5



7 Detalė "B"
Mastelis: 1:2



Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas		Magistro baigiamasis darbas	
SSM-5	Studentas A.Bobyrius	2017-01-17	Aliuminio - stiklo fasado konstrukcijų montavimo technologijų tyrimas	
Pr.etapas	Statybos technologijų katedra LT- 51367 Studentų 48, Kaunas		Detalė "A", Detalė "B", Tvirtinimo detalė Nr. 5.1	Laida 0
MBD			2017-MBD-ST	Lapas Lapų 4 4

Ekspertų apklausos anketa

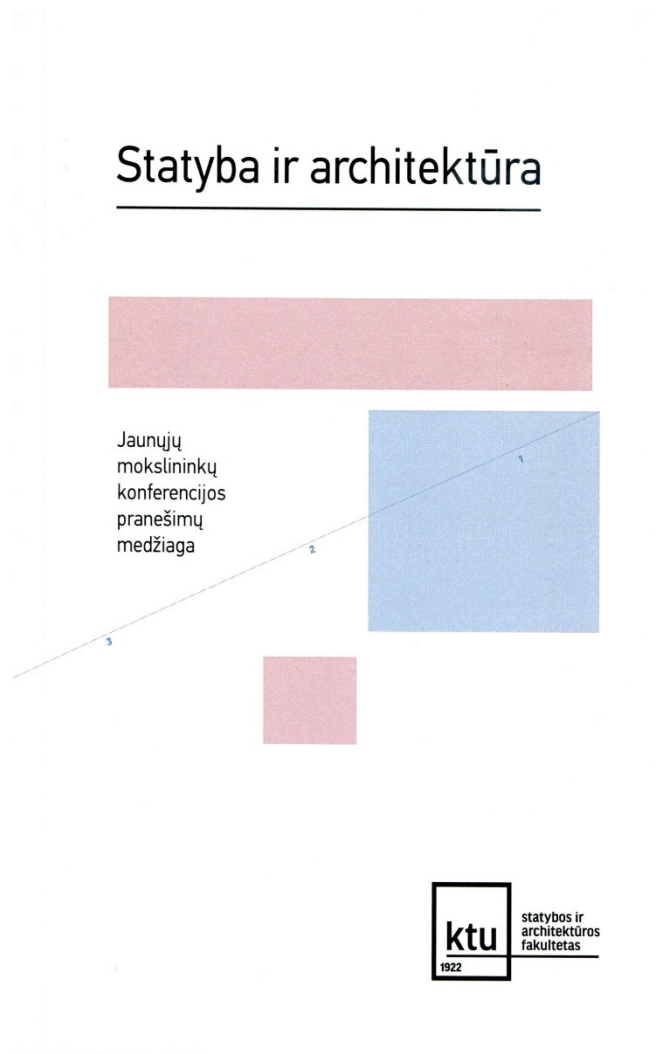
Apklausos anketa

(Vardas Pavardė)

Visi variantai palyginami tarpusavyje poromis. Jei teigiama, kad pirmasis variantas yra geresnis už antrąjį variantą, tai pirmajam suteikiamas „1“, o antrajam – „0“.

Kriterijaus pavadinimas	Balai (pažymėti X)				
	X1 - estetika, balai;	X2 - medžiagų kaina, Eur;	X3 - šilumos išsaugojimas, $W/(m^2 \cdot K)$;	X4 - pagaminimo ir sumontavimo sudėtingumas, balai;	X5 - elemento pakeitimo sudėtingumas garantiniu periodu, balai;
X1- estetika, balai;					
X2 - medžiagų kaina, Eur;					
X3 - šilumos išsaugojimas, $W/(m^2 \cdot K)$;					
X4 - pagaminimo ir sumontavimo sudėtingumas, balai;					
X5 - elemento pakeitimo sudėtingumas garantiniu periodu, balai;					

Publikacija iš mokslinės konferencijos "Statyba ir architektūra"



ISSN 2345-0959

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
Statybos ir architektūros fakultetas

STATYBA IR ARCHITEKTŪRA

**Jaunųjų mokslininkų konferencijos
pranešimų medžiaga**

Konferencijos organizacinis komitetas:

Pirmininkas prof. Kęstutis Zaleckis
Sekretorė doc. Aušra Mlinkauskienė

Nariai:

Prof. Tadas Ždankus
Prof. Mindaugas Daukšys
Prof. Vitoldas Vaitkevičius
Doc. Mindaugas Augonis
Doc. Indrė Gražulevičiūtė-Vilėniškė
Lekt. Laura Jankauskaitė-Jurevičienė
Lekt. Jurga Vitkuvienė

Konferenciją organizuoja
Kauno technologijos universiteto, Statybos ir architektūros fakultetas

Autorių kalba netaisyta

Kaunas-2016

©Kauno technologijos universitetas 2016

TURINYS

STATYBOS PROJEKTŲ VYKDYMAS TAIKANT BIM TECHNOLOGIJAS ABROMAS SVAJŪNAS, APANAČIENĖ RASA	5
STATYBĄ REGLAMENTUOJANČIŲ IR STATYBĄ LEIDŽIANČIŲ DOKUMENTŲ IŠDAVIMO TVARKA LIETUVOJE, NIGERIOJE IR LIBANE AL DAHABI AHMAD, OSUNKWO JOHNSON, KLUMBYTĖ EGLĖ, VILIŪNIENĖ ODETA	12
COR-TEN PLIENO PANAUDOJIMO STATYBOS SEKTORIJE GALIMYBĖS BITAUTAITĖ EVELINA, DAUKŠYS MINDAUGAS	17
ALUMINIO-STIKLO PASTATŲ KONSTRUKCIJŲ PANAUDOJIMO GALIMYBĖS BOBYRIUS AIDAS, MINIOTAITĖ RŪTA	25
BETONO MIŠINIO PRISTATYMO Į STATYBOS AIKŠTELĘ OPTIMIZAVIMAS DABRIŠIUS JUSTINAS, DAUKŠYS MINDAUGAS	31
ARCHITEKTŪRINIAI SPRENDIMAI ŽMONĖMS, TURINTIEMS AUTIZMO SUTRIKIMĄ GOROKHOV MYKOLA	38
TECHNOGENINIŲ ATLIEKŲ PANAUDOJIMAS AKYTO AUTOKLAVINIO BETONO TECHNOLOGIJOJE PAKALNIS DOVYDAS, SASNAUSKAS VYTAUTAS, VAČIUKYNIENĖ DANUTĖ	42
BIM PANAUDOJIMO GALIMYBĖS SUDĖTINGŲ STATYBOS PROJEKTŲ MONITORINGUI REALIU LAIKU PARTHIBAN SIDDESHWARAN, ARUN KISHORE TALLURU RAMAKRISHNAN	47

ALUMINIO-STIKLO PASTATŲ KONSTRUKCIJŲ PANAUDOJIMO GALIMYBĖS

POSSIBILITIES IN USE OF ALU-GLASS STRUCTURES

Aidas Bobyrius, Rūta Miniotaitė

Kauno technologijos universitetas

Abstract. More and more impressive buildings with alu-glass facades are being built recently. Alu-glass facades are increasingly being used in pursuance of having more natural light inside of the building. This article presents the results of the evaluation of aluminium glass facades installation of alternative solutions.

Įvadas

Pastaruju metu vis daugiau statoma išraiškingos formos pastatų su stiklinėmis plokštumomis. Kad į pastatus patektų kuo daugiau natūralios šviesos vis dažniau naudojami stiklo-aluminio fasadai. Nepaisant šiuolaikinių pastatų formų įvairovės, daugumą jų sudaro tie patys pagrindiniai konstrukcijos elementai, kiekvienas iš kurių atlieka tam tikras funkcijas.

Atitvariniai konstrukcijų elementai - skirstantys namą į atskirus kambarius ir erdves ir atliekantys šilumos ir garso izoliacijos funkciją, o taip pat saugantys nuo aplinkos poveikio.

Fasado karkasas įrengiamas iš aluminiu profilių. Aluminiu profiliai yra lengvi ir pakankamai stiprūs, kad atlaikytų fasadą veikiančias apkrovas (vėjo, savojo svorio). Gaminami ekstruzijos būdu jie gali įgauti bet kokią skerspjūvio formą, yra atsparūs korozijai, ilgaamžiški [1]. Tai yra pagrindiniai aluminiu konstrukcijų privalumai. Kita teigiama savybė – paprastas aluminiu elementu jungimas. Tai leidžia atskirus elementus ir jų dalis, pagamintas gamykloje, nesunkiai sujungti statybvietėje. Atsižvelgiant į jungimo būdą, jos gali būti lengvai demontuojamos. Tai labai svarbu rekonstruojant pastatus.

Be minėtų pranašumų, aluminiu konstrukcijos turi ir neigiamų savybių. Didelis šilumos laidumo koeficientas, o to pasekoje ir didelis šiluminis plėtimasis. Sąlyginai didelė žaliavos kaina.

Pastato fasado įrengimo alternatyvių sprendimų vertinimas

Nagrinėjami penki galimi pastato aluminiu-stiklo fasado įrengimo variantai:

- visos laikančios konstrukcijos aluminiu, o karkaso angos įstiklintos (A₁);

- visos laikančios konstrukcijos aluminiu, 50 proc. karkaso angos įstiklintos, o kita dalis – neskaidrus užpildas su apskardinimu (A₂);
- visos laikančios konstrukcijos aluminiu, 50 proc. karkaso angos įstiklintos, o kita dalis – neskaidrus užpildas su akmens apdaila (A₃);
- visos laikančios konstrukcijos aluminiu, 20 proc. karkaso angos įstiklintos, o kita dalis – neskaidrus užpildas su apskardinimu (A₄);
- visos laikančios konstrukcijos aluminiu, 20 proc. karkaso angos įstiklintos, o kita dalis – neskaidrus užpildas su akmens apdaila (A₅).

Parinkti 5 kriterijai, pagal kuriuos bus išrinktas racionalus pastato fasado įrengimo variantas:

- K-1 estetika, balai;
- K-2 medžiagų kaina, Eur;
- K-3 šilumos išsaugojimas, (W/m²·K);
- K-4 pagaminimo ir sumontavimo sudėtingumas, balai;
- K-5 elemento pakeitimo sudėtingumas garantiniu periodu, balai.

Vertinimo kriterijų reikšmingumo nustatymas

Pradiniai alternatyvių sprendimų duomenys pateikti 1 lentelėje. Atliekant matricos normalizavimą gaunama normalizuota matrica, kurioje visi elementai nedimensiniai dydžiai (2 lentelė).

1 lentelė. Pradiniai alternatyvių projektinių sprendimų duomenys

Kriterijai	Estetika, balais	Medžiagų kaina, Eur	Šilumos išsaugojimas, (W/m ² ·K)	Pagaminimo ir sumontavimo sudėtingumas, balai	Elemento pakeitimo sudėtingumas garantiniu periodu, balai
A ₁	10	315,68	0,72	7	4
A ₂	8	284,87	0,65	6	6
A ₃	10	434,60	0,68	8	9
A ₄	7	237,66	0,52	5	7
A ₅	9	692,31	0,56	10	10
Suma	44	1965,12	3,13	36	36
Optimalus	MIN	MIN	MAX	MIN	MIN

2 lentelė. Normalizuota matrica

Kriterijai	Estetika, balais	Medžiagų kaina, Eur	Šilumos išsaugojimas, (W/m ² ·K)	Pagaminimo ir sumontavimo sudėtingumas, balai	Elemento pakeitimo sudėtingumas garantiniu periodu, balai
Alternatyvūs sprendimai					
A ₁	0,227	0,161	0,230	0,194	0,111
A ₂	0,182	0,145	0,208	0,167	0,167
A ₃	0,227	0,221	0,217	0,222	0,25
A ₄	0,159	0,121	0,166	0,139	0,194
A ₅	0,205	0,352	0,179	0,278	0,278

Entropijos lygis kinta intervale [0;1] ir pateikti 3 lentelėje.

3 lentelė. Entropijos lygis

Kriterijai	Estetika, balais	Medžiagų kaina, Eur	Šilumos išsaugojimas, (W/m ² ·K)	Pagaminimo ir sumontavimo sudėtingumas, balai	Elemento pakeitimo sudėtingumas garantiniu periodu, balai
Entropija					
E _j	0,8932	0,8542	0,8942	0,8825	0,8726

Nustatomas kriterijų kitimo lygis (4 lentelė).

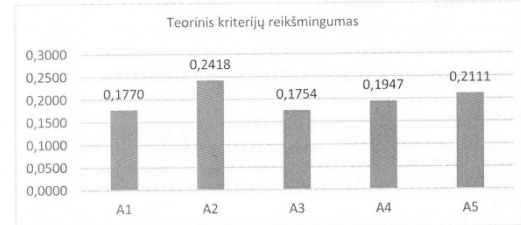
4 lentelė. Kriterijų kitimo lygiai

Kriterijai	Estetika, balais	Medžiagų kaina, Eur	Šilumos išsaugojimas, (W/m ² ·K)	Pagaminimo ir sumontavimo sudėtingumas, balai	Elemento pakeitimo sudėtingumas garantiniu periodu, balai
Entropija					
d _j	0,1068	0,1458	0,1058	0,1175	0,1274

Visi kriterijai vienodai yra svarbūs. Teorinis kriterijų reikšmingumas pateiktas 5 lentelėje ir stulpelinėje diagramoje (1 pav.).

5 lentelė. Teorinis kriterijų reikšmingumas

Kriterijai	Estetika, balais	Medžiagų kaina, Eur	Šilumos išsaugojimas, (W/m ² ·K)	Pagaminimo ir sumontavimo sudėtingumas, balai	Elemento pakeitimo sudėtingumas garantiniu periodu, balai
Entropija					
q ₍₀₎	0,1770	0,2418	0,1754	0,1947	0,2111

**1 pav.** Teorinis kriterijų reikšmingumas

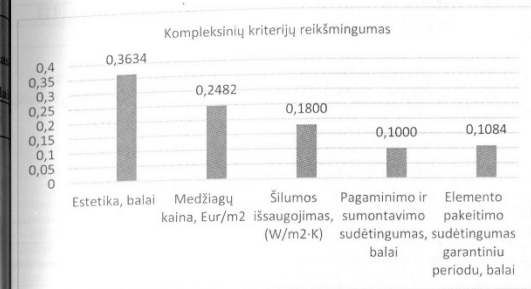
Vertinamo kriterijų reikšmingumo nustatymas, taikant ekspertinį porinio palyginimo metodą.

6 lentelė. Subjektyvus kriterijų reikšmingumas

Estetika, balais	Medžiagų kaina, Eur	Šilumos išsaugojimas, (W/m ² ·K)	Pagaminimo ir sumontavimo sudėtingumas, balai	Elemento pakeitimo sudėtingumas garantiniu periodu, balai	Σ
0,4	0,2	0,2	0,1	0,1	1

7 lentelė. Kompleksinis kriterijų reikšmingumas

Kriterijai	Estetika, balais	Medžiagų kaina, Eur	Šilumos išsaugojimas, (W/m ² ·K)	Pagaminimo ir sumontavimo sudėtingumas, balai	Elemento pakeitimo sudėtingumas garantiniu periodu, balai
Reikšmingumas					
q ₍₀₎	0,3634	0,2482	0,1800	0,1000	0,1084

**2 pav.** Kompleksinis kriterijų reikšmingumas**Pastato fasado efektyvaus sprendimo nustatymas taikant kriterijų porinio palyginimo metodą**

Nustatoma fasado įrengimo darbų prioritetų eilutė ir reikšmingumas, taikant ekspertinį porinio palyginimo metodą bei patikrinamas Kendalo konkordancijos koeficientas.

Visi variantai palyginami tarpusavyje poromis. Jei teigiama, kad variantas x_i yra geresnis už variantą x_j, tai suteikiamas „1“, o x_j – „0“. Kiekvieno eksperto palyginimo duomenis surašome į porinio palyginimo matricas. Suminė porinio palyginimo matrica pateikta 7-oje lentelėje.

- X1 - estetika, balai;
- X2 - medžiagų kaina, Eur;
- X3 - šilumos išsaugojimas, (W/m²·K);
- X4 - pagaminimo ir sumontavimo sudėtingumas, balai;
- X5 - elemento pakeitimo sudėtingumas garantiniu periodu, balai;

8 lentelė. Suminė porinio palyginimo matrica

Priežastys	X1	X2	X3	X4	X5	Si	qi	Prioritetų eilutė
X1	-	6	9	4	13	32	0,162	3
X2	13	-	20	20	19	72	0,364	1
X3	10	0	-	20	17	47	0,237	2

X4	16	0	0	-	15	31	0,157	4
X5	7	1	3	5	-	16	0,081	5
					$\Sigma=$	198	1,0	

Kuo S_i reikšmė didesnė tuo variantas efektyvesnis arba kriterijų reikšmingesnis.

Prioritetų eilutė: $q_2 > q_3 > q_1 > q_4 > q_5$:

čia: q_i – subjektyvus kriterijų reikšmingumas.

Suminė pertvarkyta porinio palyginimo matrica pateikta 9-oje lentelėje.

9 lentelė. Suminė pertvarkyta porinio palyginimo matrica

Priežastys	X2	X3	X1	X4	X5
X2	-	20	13	20	19
X3	0	-	10	20	17
X1	6	9	-	4	13
X4	0	0	16	-	15
X5	1	3	7	5	-

Taikant porinio palyginimo metodą buvo apklausti 30 ekspertų. 10-ties iš nuomonės smarkiai išsiskyrė iš kitų, buvo atmetos ir skaičiavimams naudojami tik 20 ekspertų nuomonės.

Išvados

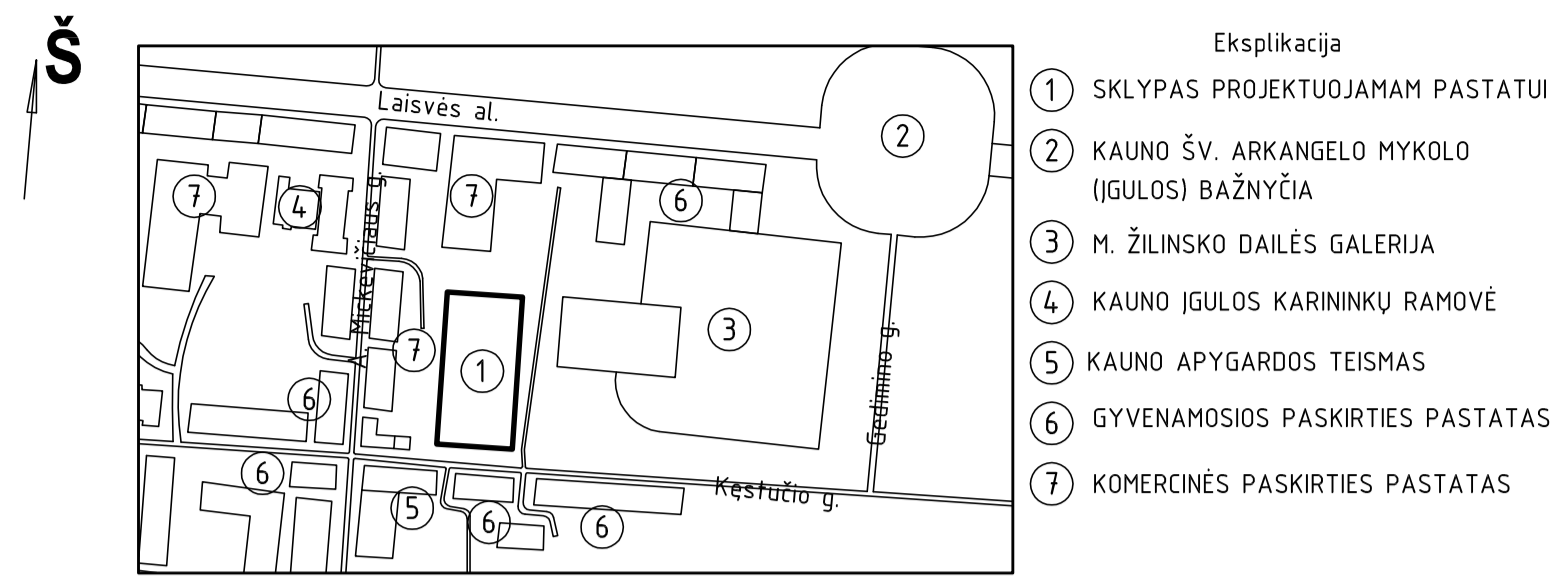
Renkantis aliuminio-stiklo fasado sprendimą pagal teorinį reikšmingumą didžiausią dėmesį reikia kreipti į kriterijų A_2 - medžiagų kainą; pagal kompleksinių kriterijų reikšmingumą - A_1 - estetiką.

Atlikus skaičiavimus naudojant 20-ties ekspertų nuomonę, nustatyta kriterijų svarba: $q_2 > q_3 > q_1 > q_4 > q_5$ (X_2 - medžiagų kaina, Eur; X_3 - šilumos išsaugojimo koeficientas ($W/m^2 \cdot K$); X_1 - estetika, balai; X_4 - pagaminimo ir sumontavimo sudėtingumas, balai; X_5 - elemento pakeitimo sudėtingumas garantiniu periodu, balai). Patikrintas Kendalo konkordancijos koeficientas gautas 1,66 ir yra didesnis už 0, todėl darome išvadą, kad ekspertai sutaria ir yra vieningi.

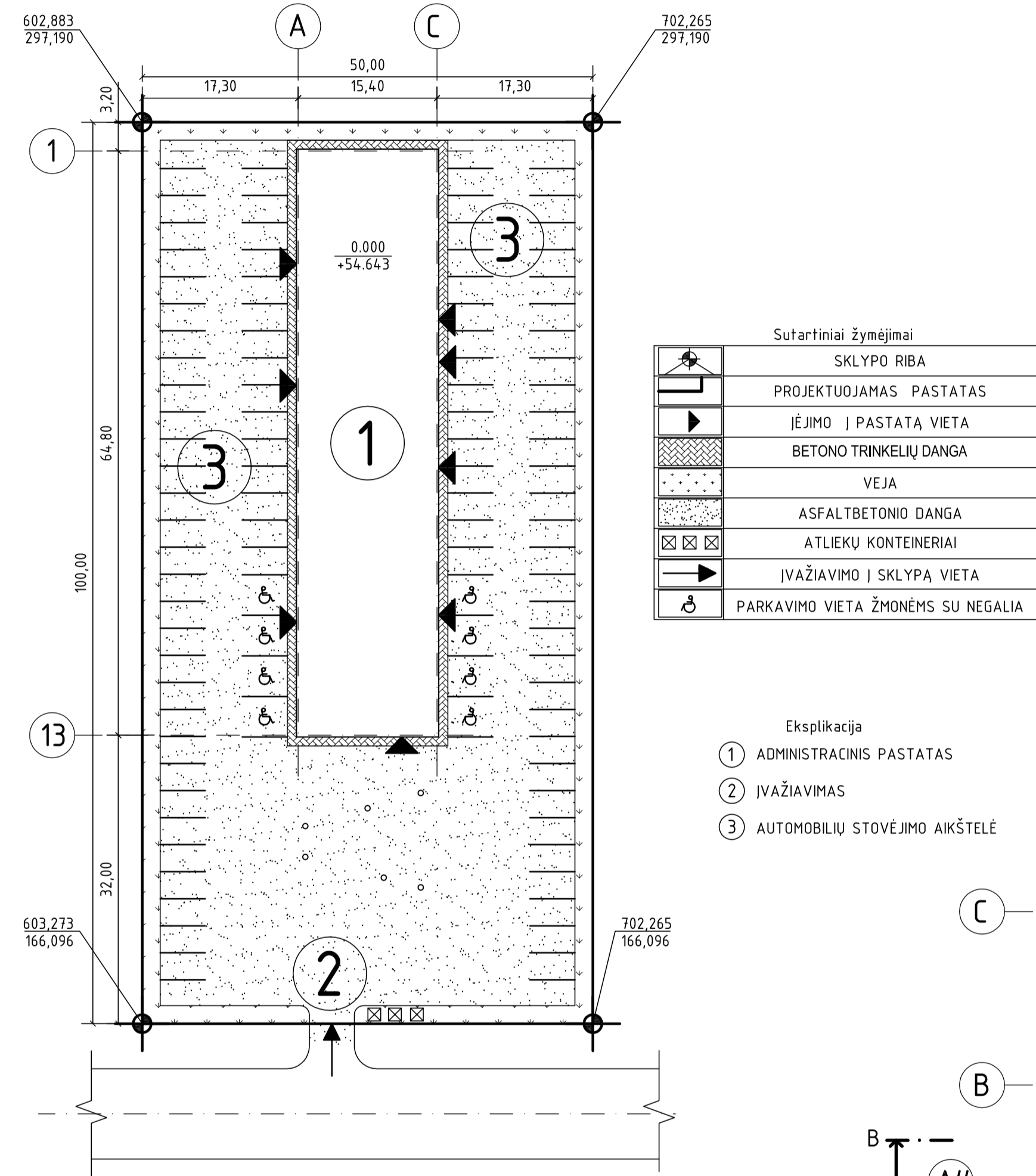
Literatūra

Saide, P. Theoretical Manual for COSMOS/M.-Santa Monica, California: Structural Research and Analysis Corporation, 1993.

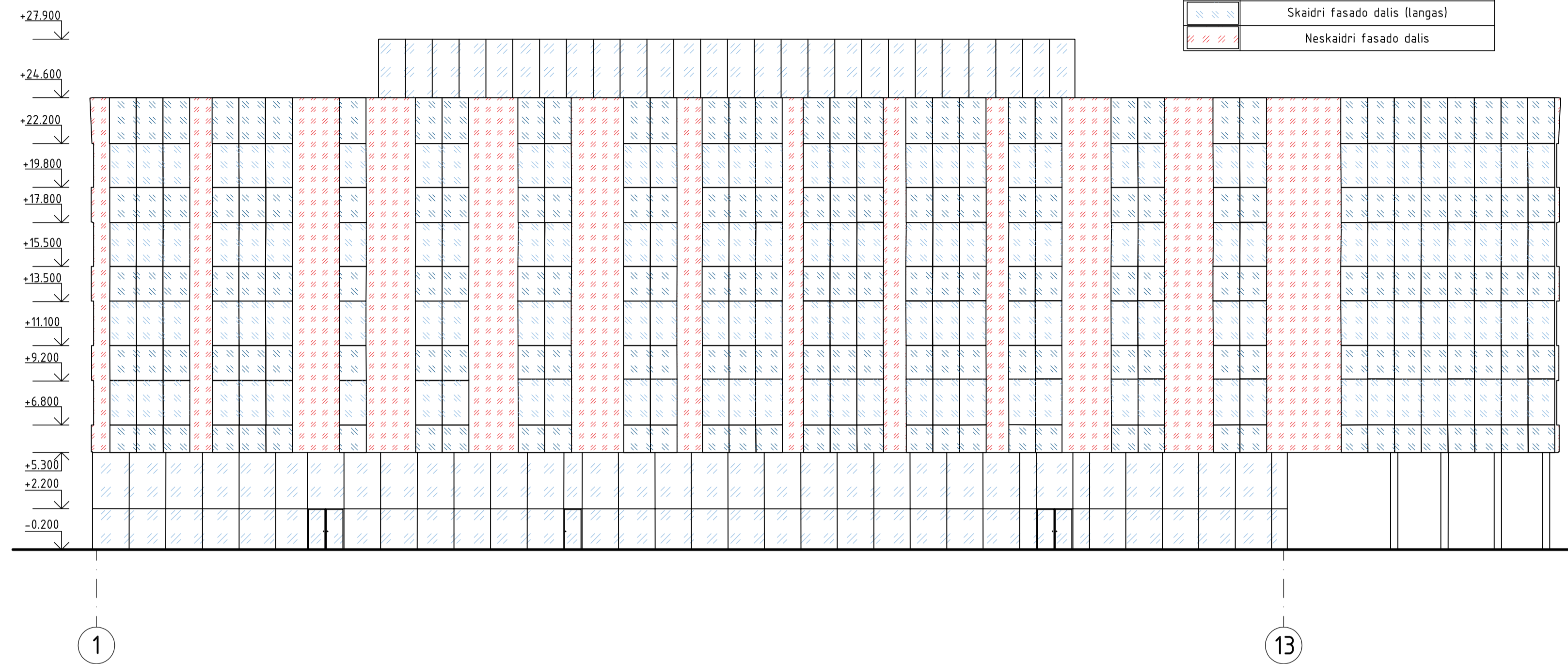
SITUACIJOS PLANAS MASTELIS 1:5000



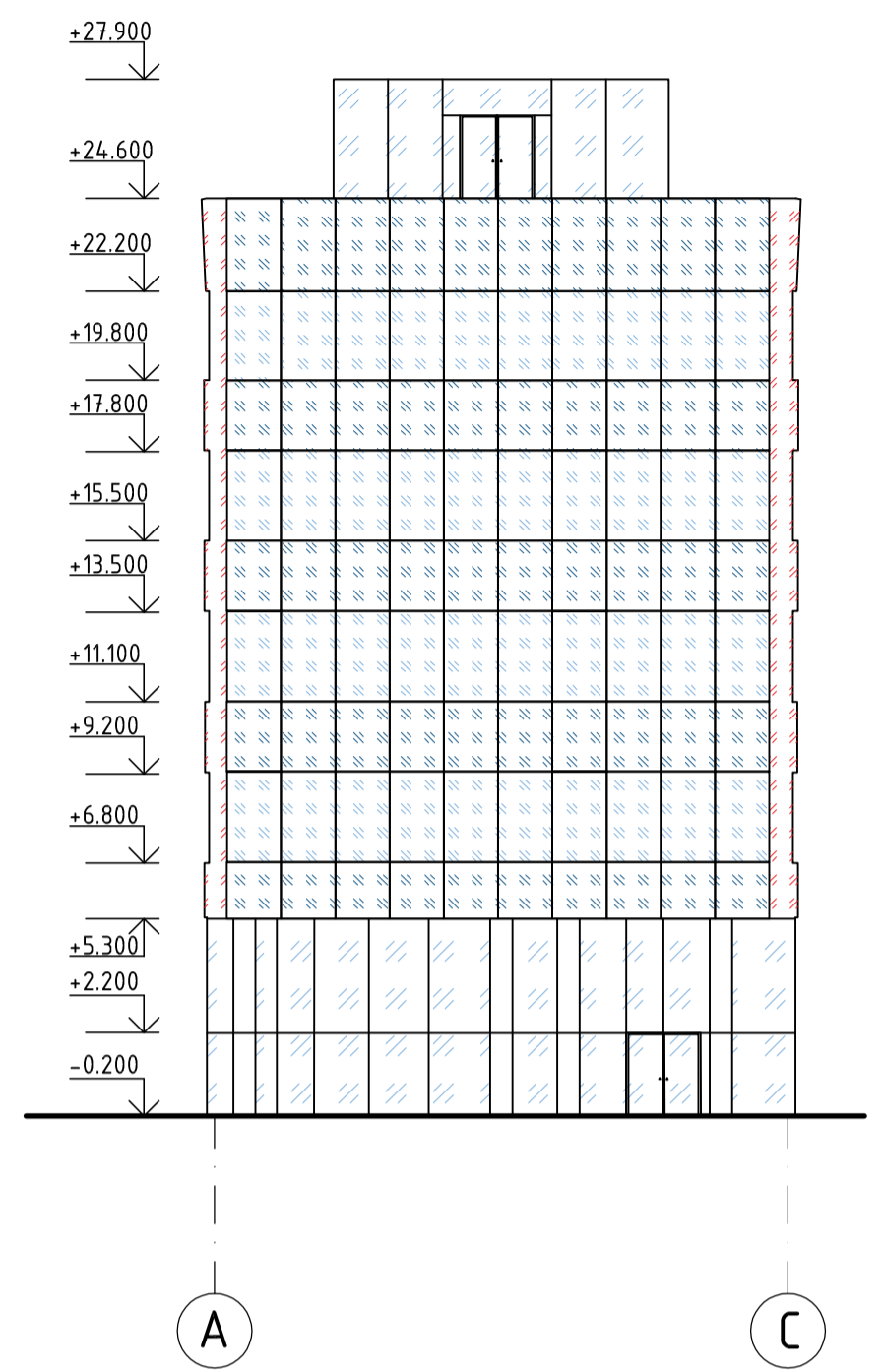
SKLYPO PLANAS MASTELIS 1:500



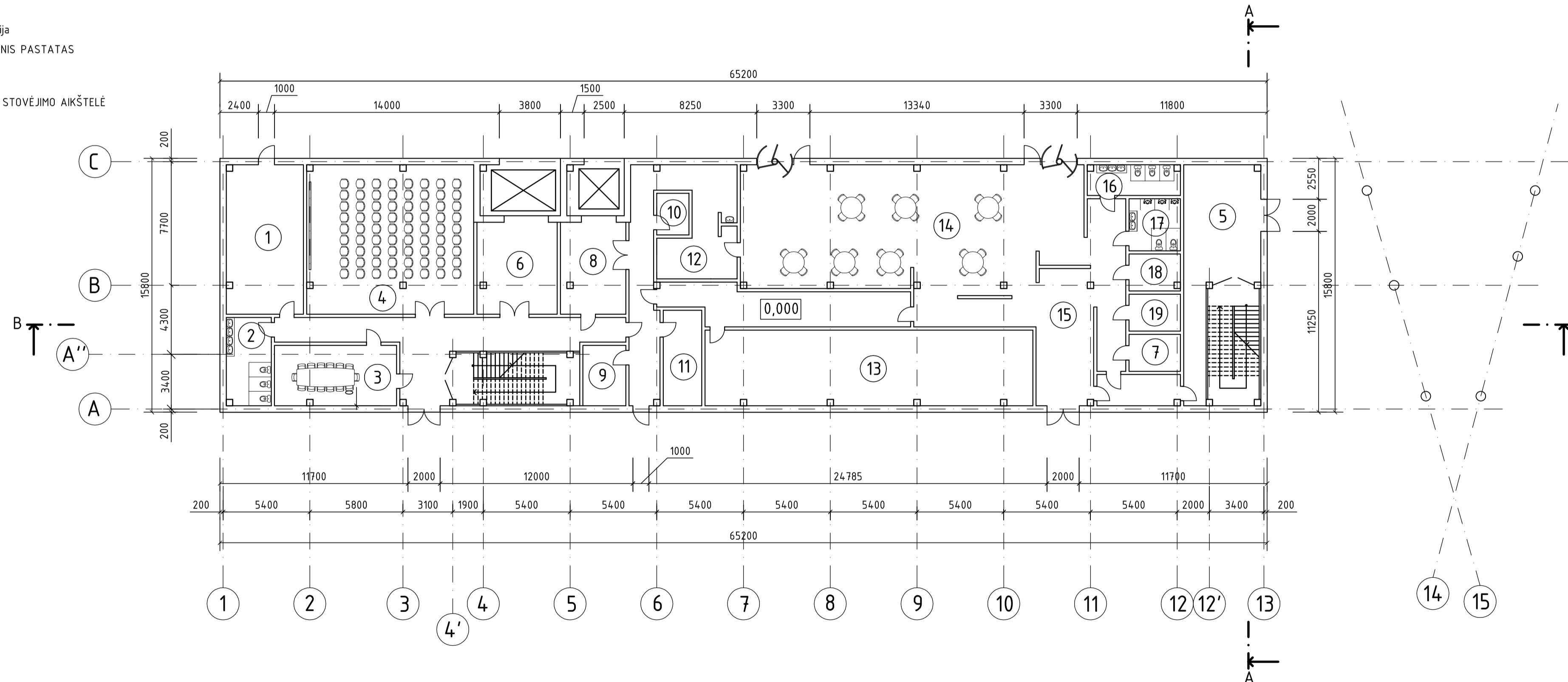
FASADAS 1-13 MASTELIS 1:200



FASADAS A-C MASTELIS 1:200



PIRMO AUKŠTO PLANAS MASTELIS 1:200



Pirmo aukšto patalpų eksplikacija

Eil. Nr.	Pavadinimas	Kiekis, m ²
1	Kahtinė	44,64
2	WC	15,40
3	Konferencijų salė	38,57
4	Konferencijų salė	96,72
5	Pagalbinė patalpa	15,38
6	Sandėlis	28,63
7	Pagalbinė patalpa	11,29
8	Pagalbinė patalpa	23,32
9	Pagalbinė patalpa	13,82
10	Šaldytuvas	5,17
11	Pagalbinė patalpa	14,28
12	Virtuvė	28,59
13	Archyvas	96,17
14	Kavinė	163,35
15	Koridorius	19,91
16	WC	11,09
17	WC	10,37
18	Pagalbinė patalpa	7,36
19	Pagalbinė patalpa	7,36
20	Pagalbinė patalpa	7,36
21	Informacija	36,45
22	Laiptinė	17,75
Iš viso:		712,98

Bendrieji statinio rodikliai

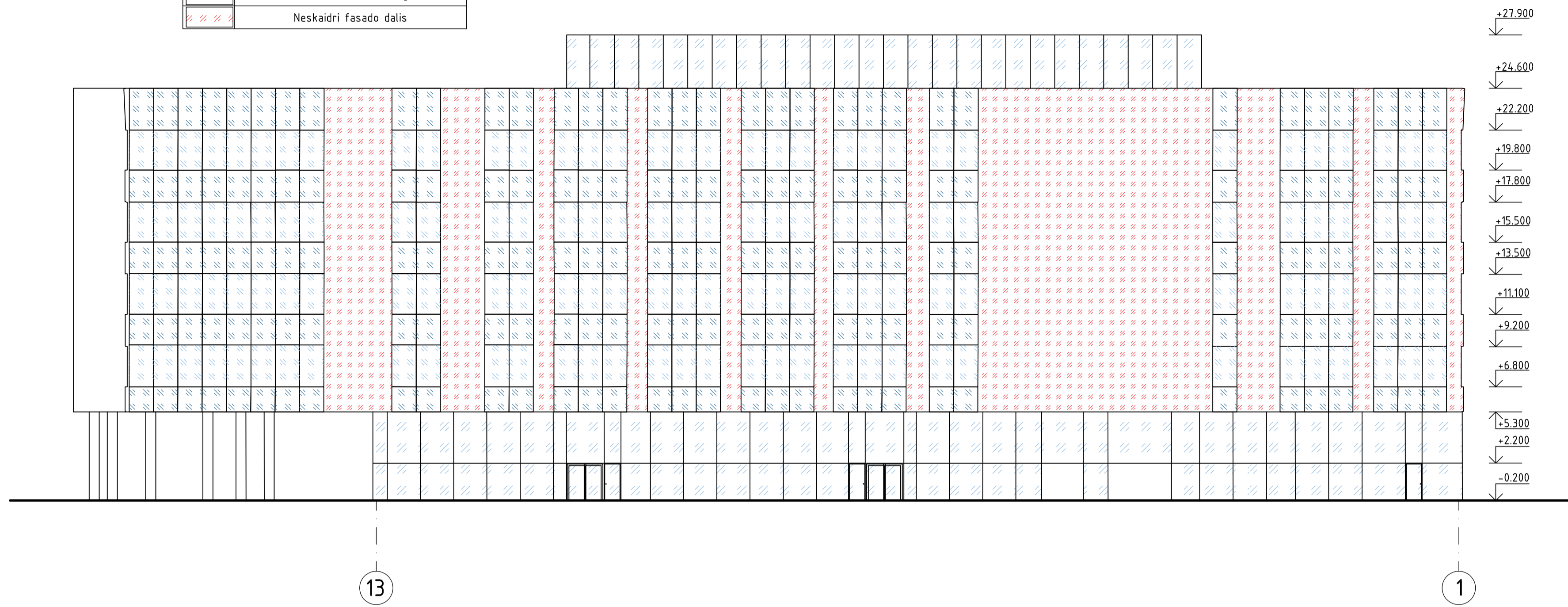
I. SKLYPAS		
Pavadinimas	Matavimo vienetas	Kiekis
1. Sklypo plotas	m ²	5000
2. Sklypo užstatymo intensyvumas	%	103
3. Sklypo užstatymo tankumas	%	20,6
4. Apželdintas plotas	m ²	561
II. PASTATAI		
1. Negyvenamieji pastatai		
1.1. Bendrasis plotas	m ²	5150
1.1.1. Pagrindinis	m ²	4273
1.1.2. Pagalbinis	m ²	877
1.2. Pastato tūris	m ³	151925
1.3. Aukštų skaičius	vnt.	5
1.4. Pastato aukštis	m	27,9
1.5. Energinio naudingumo klasė	-	A

Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis darbas	
SSM-5	Studentas A.Bobyrius	Aluminio - stiklo fasado konstrukcijų montavimo technologijų tyrimas	
	Vadovas R.Miniofaite		
	Konsult. G.Šukaitytė		
	Konsult. V.Paukštys		
Pr. etapas	Statybos technologijų katedra LT- 51367 Studentų 48, Kaunas	Situacijos planas, Sklypo planas, Fasadas 1-13, Fasadas A-C, Pirmo aukšto planas	
MBD		2017-MBD-ST	
		Laida	Lapas
		0	6

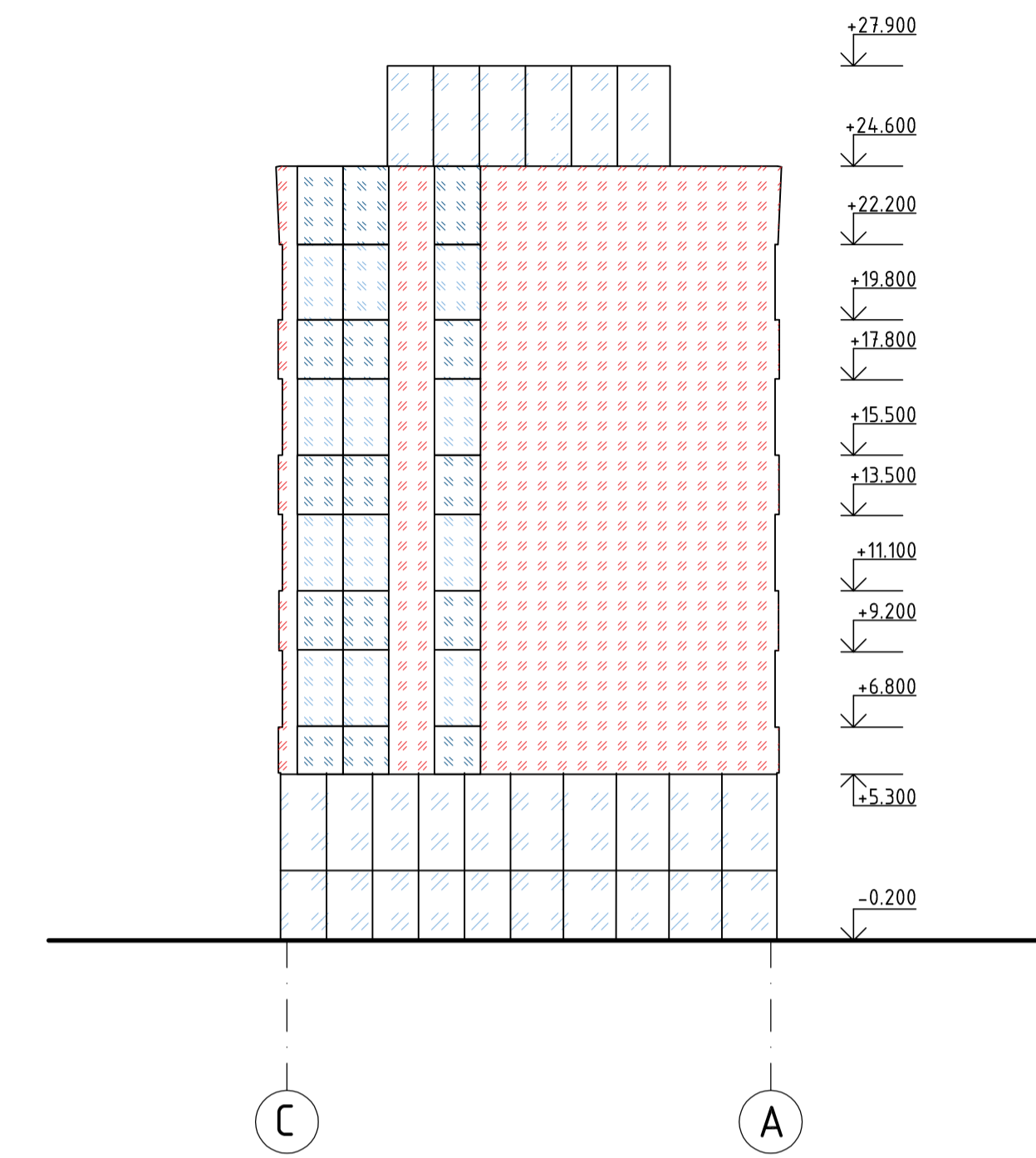
FASADAS 13-1 MASTELIS 1:200

Sutartiniai žymėjimai

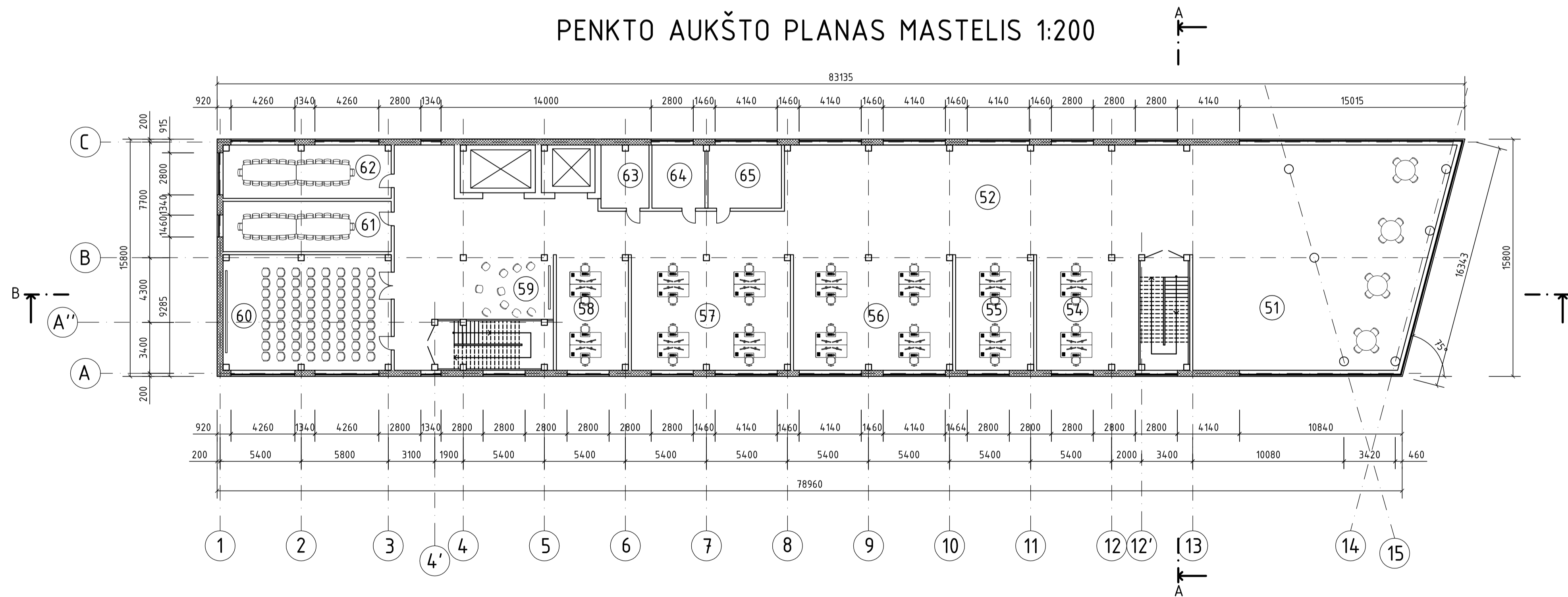
	Skaidrios dalies imitacija
	Skaidri fasado dalis (langas)
	Neskaidri fasado dalis



FASADAS C-A MASTELIS 1:200



PENKTO AUKŠTO PLANAS MASTELIS 1:200

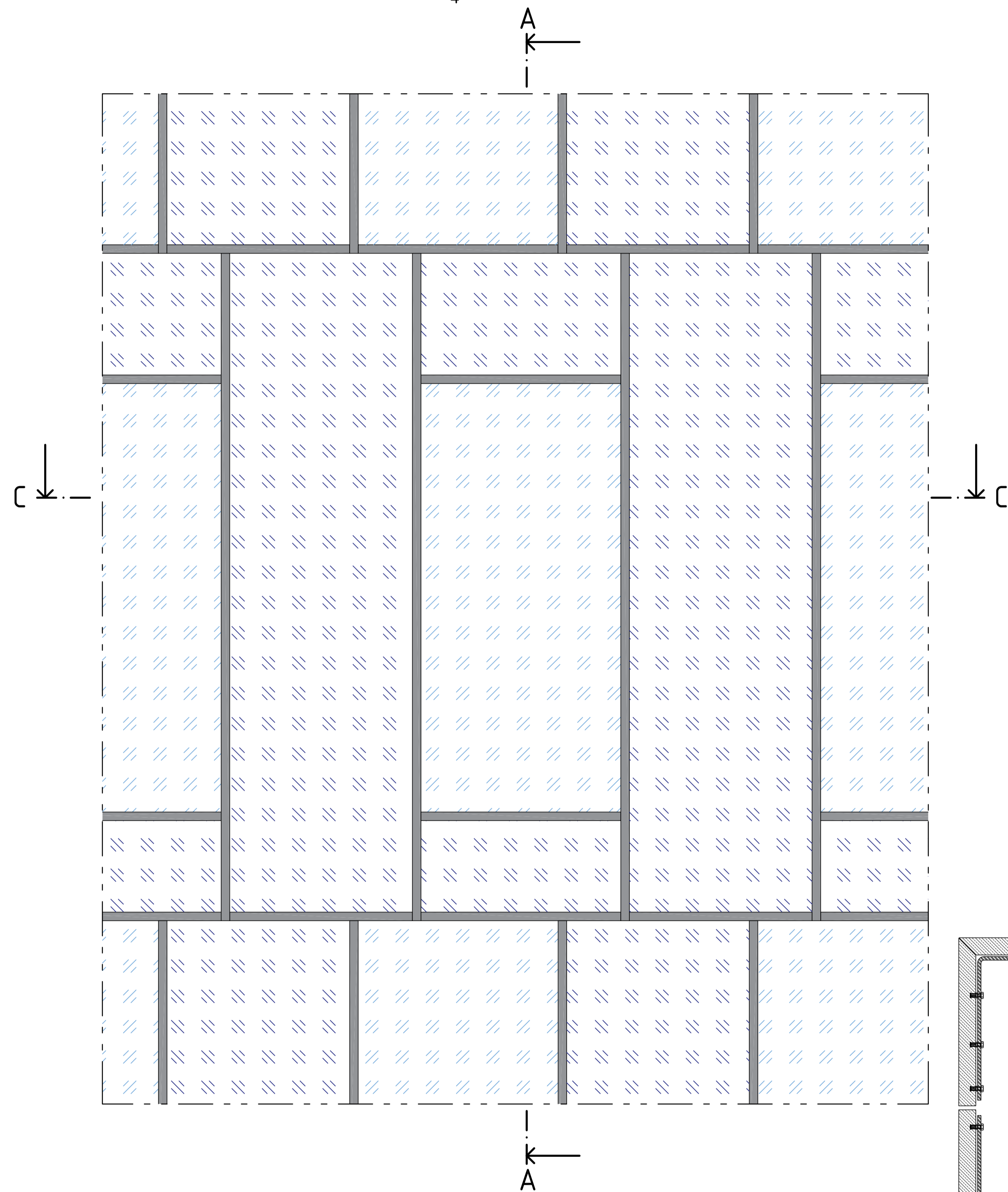


Penkto aukšto patalpų eksplikacija

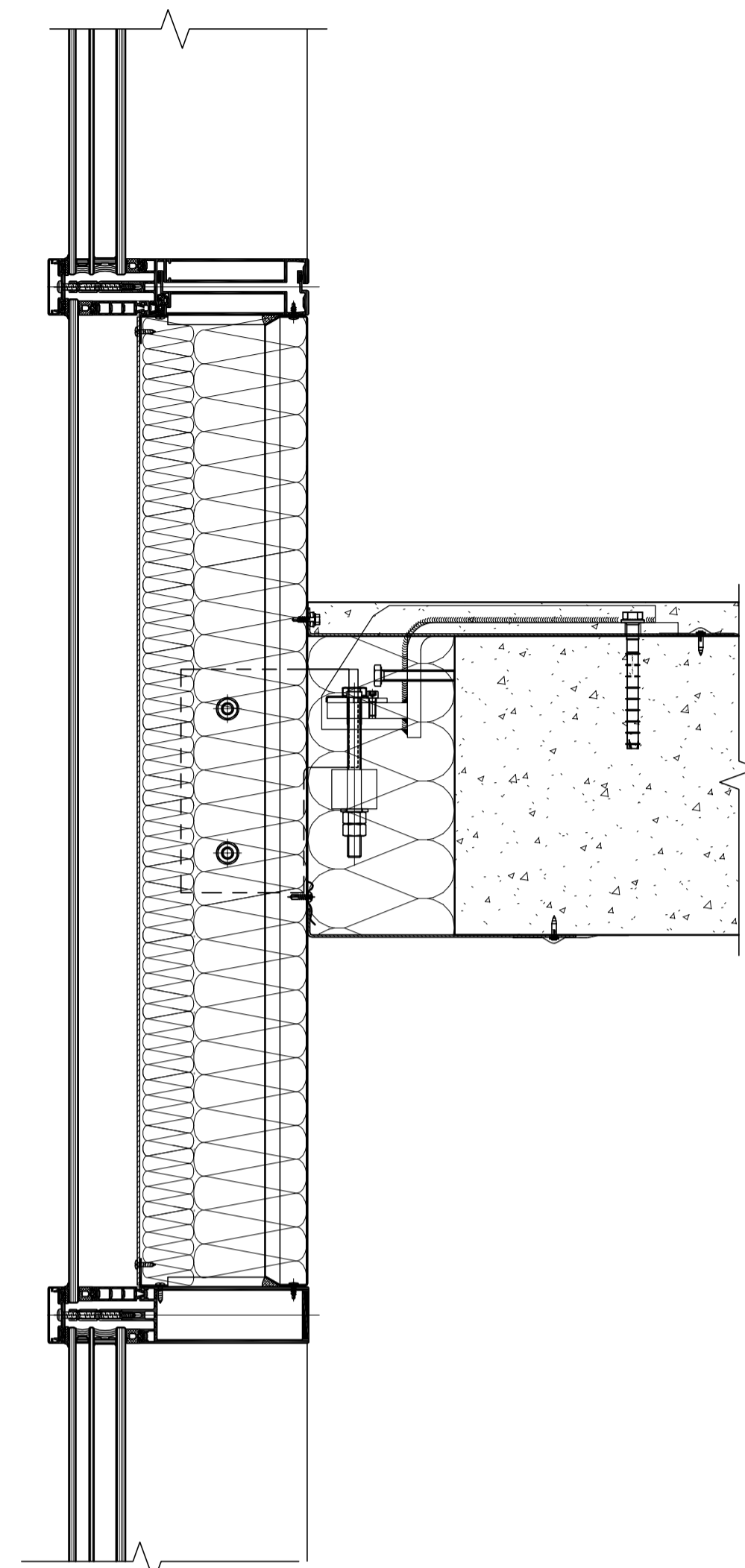
Eil. Nr.	Pavadinimas	Kiekis, m ²
51	Poilsio erdvė	234,50
52	Ekspozicijų salė	198,60
53	Laiptinė	22,56
54	Patalpa	40,04
55	Patalpa	40,04
56	Patalpa	81,62
57	Patalpa	81,62
58	Patalpa	44,66
59	Poilsio erdvė	40,04
60	Konferencijų salė	95,21
61	Konferencijų salė	44,42
62	Konferencijų salė	43,89
63	Pagalbinė patalpa	13,46
64	Pagalbinė patalpa	15,80
65	Pagalbinė patalpa	20,57
Iš viso:		1028,5

Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis darbas	
SSM-5	Studentas A.Bobyrius	2017-01-05	Aluminio – stiklo fasado konstrukcijų montavimo technologijų tyrimas
	Vadovas R.Miniofaitė	2017-01-05	
	Konsult. G.Šukaitytė	2017-01-05	
	Konsult. V.Paukštys	2017-01-05	
Pr. etapas	Statybos technologijų katedra LT- 51367 Studentų 48, Kaunas	2017-MBD-ST	Laida 0
MBD			Lapas Lapų 2 6

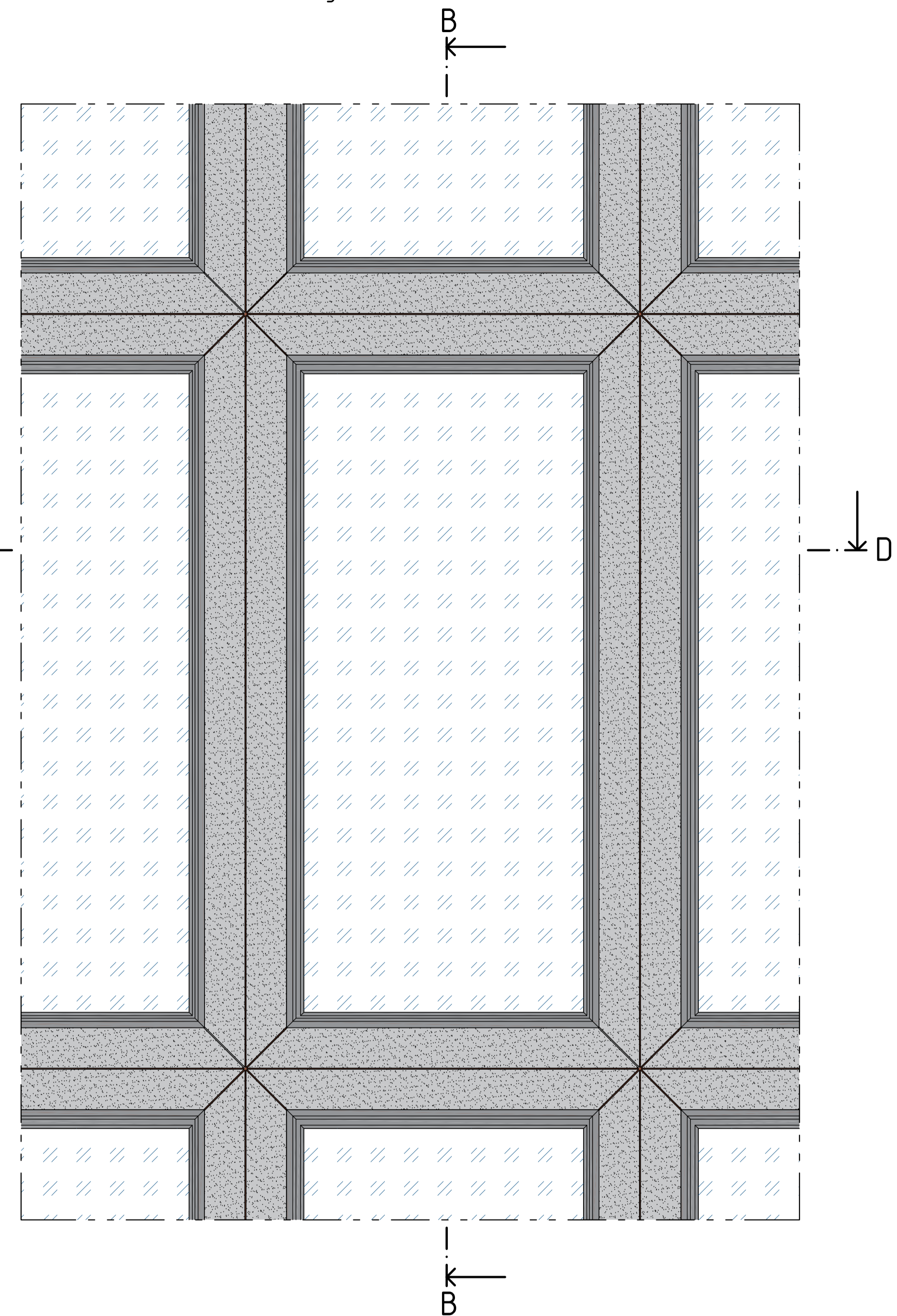
ALTERNATYVOS A₄ FRAGMENTAS MASTELIS 1:20



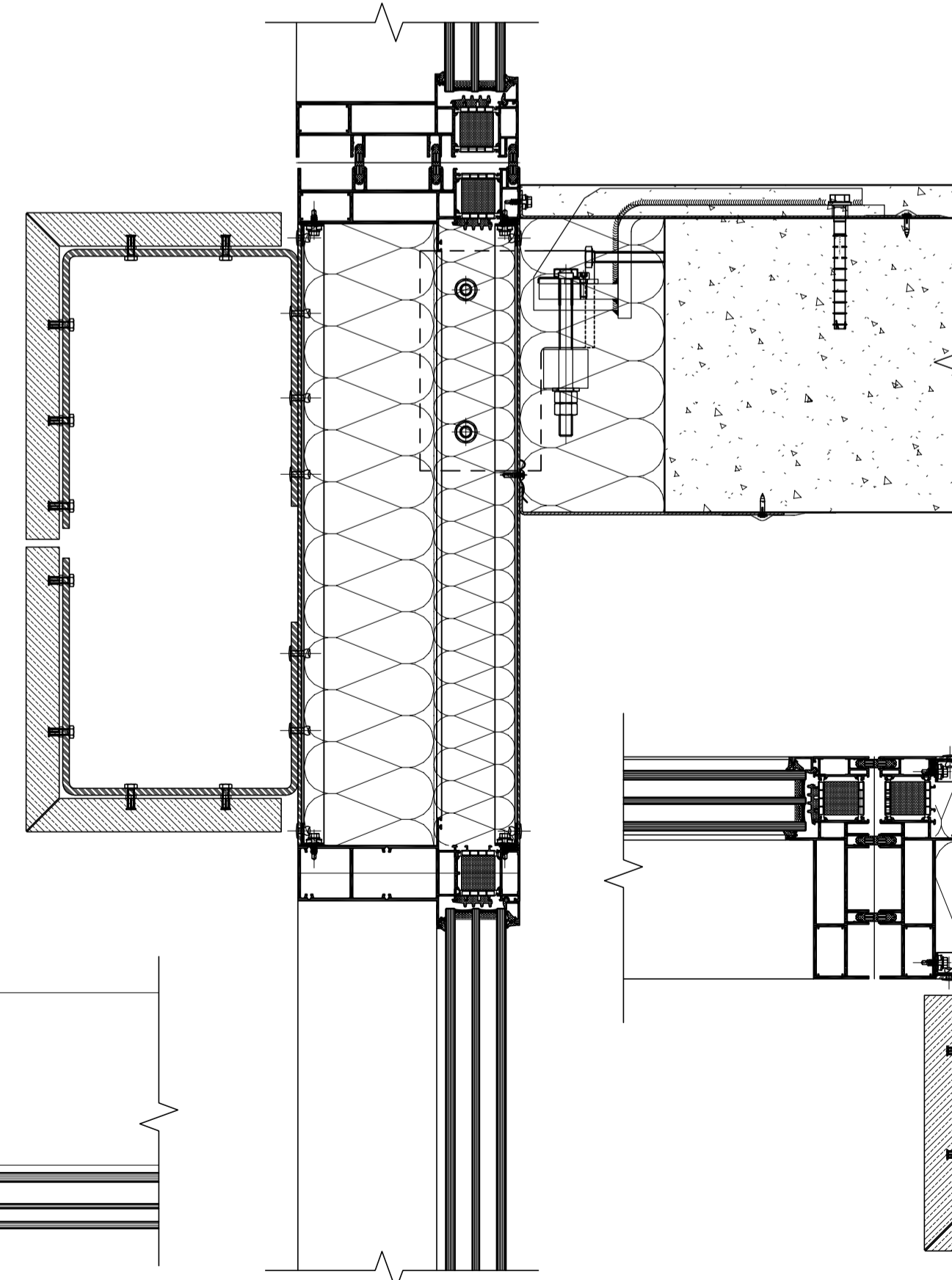
PJŪVIS A-A MASTELIS 1:5



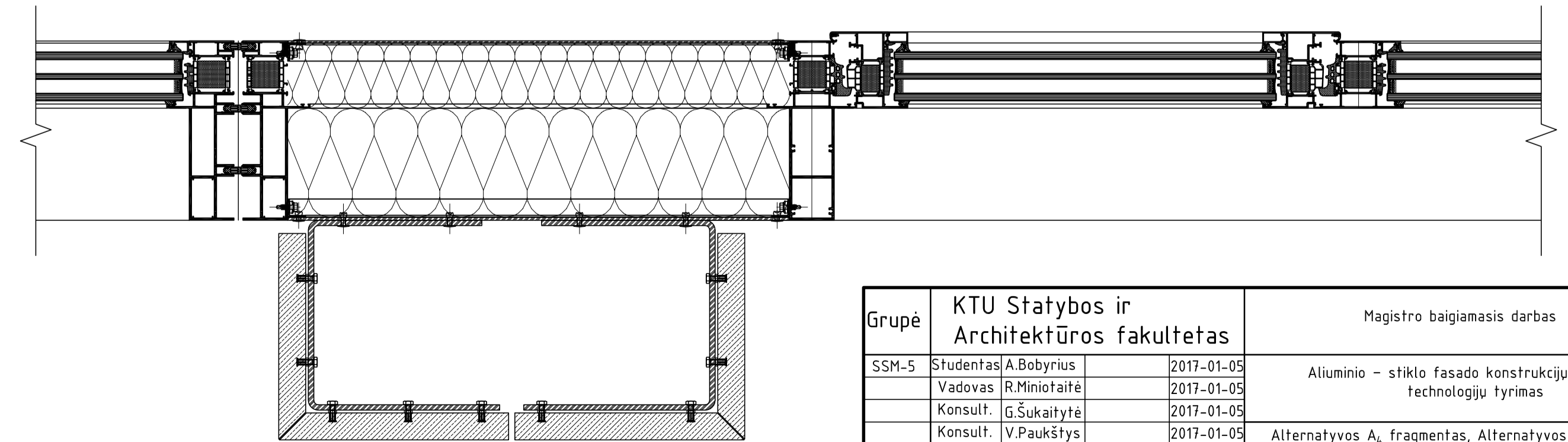
ALTERNATYVOS A₅ FRAGMENTAS MASTELIS 1:20



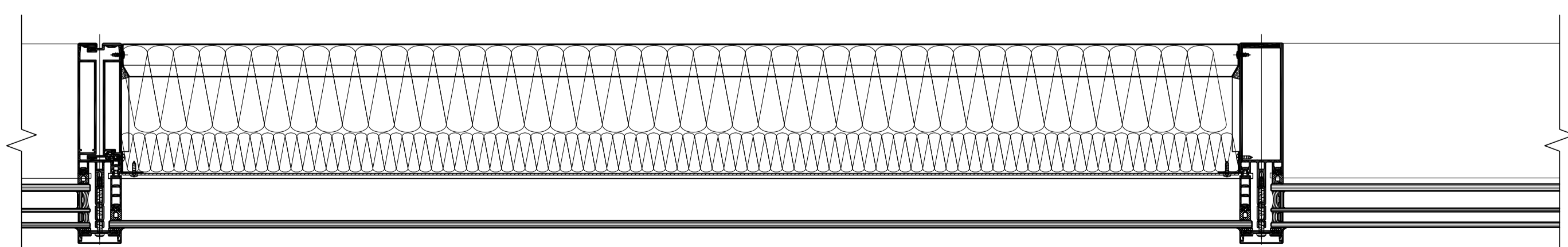
PJŪVIS B-B MASTELIS 1:5



PJŪVIS D-D MASTELIS 1:5

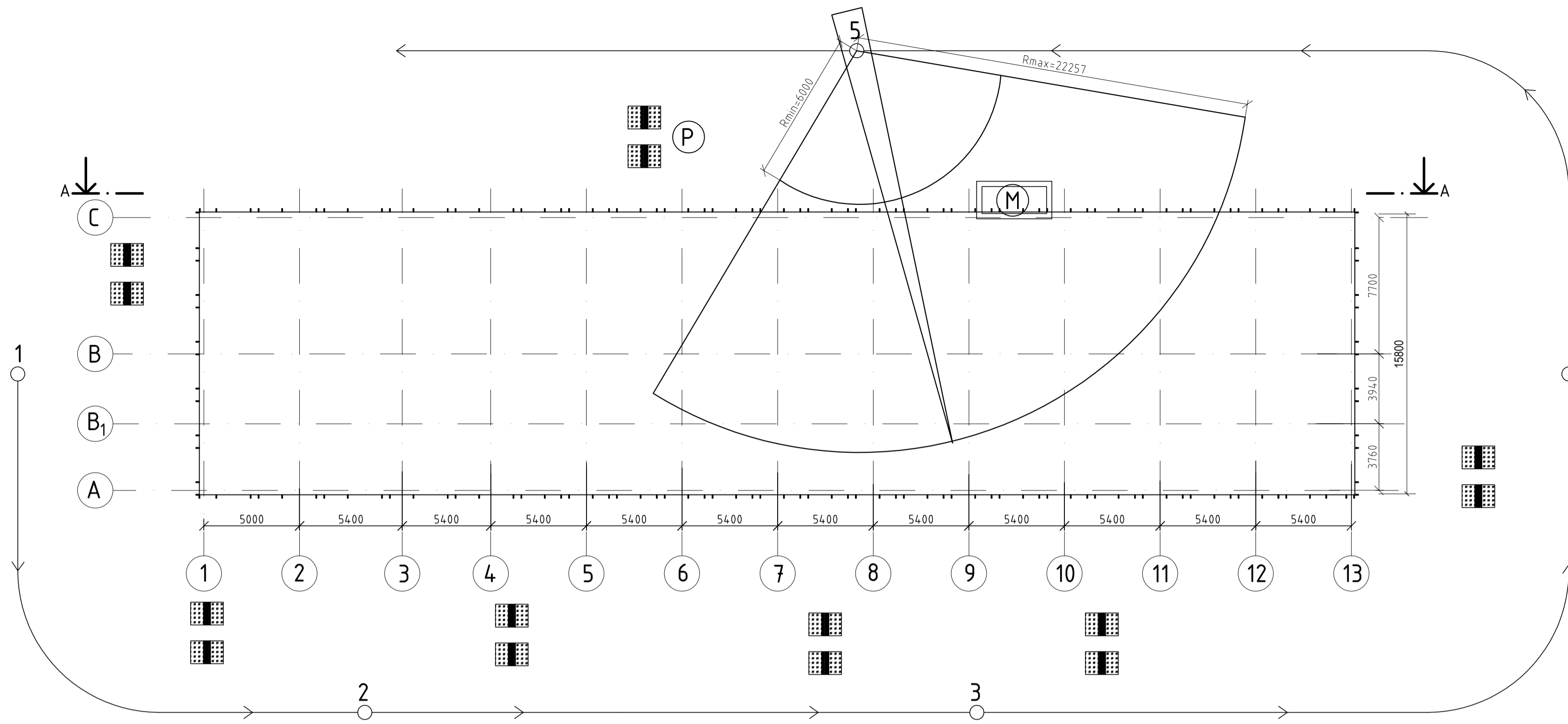


PJŪVIS C-C MASTELIS 1:5



Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis darbas
SSM-5	Studentas A. Bobyrius	2017-01-05
	Vadovas R. Miniofaite	2017-01-05
	Konsult. G. Šukaitytė	2017-01-05
	Konsult. V. Paukštys	2017-01-05
		Aluminiu - stiklo fasado konstrukcijų montavimo technologijų tyrimas
		Alternatyvos A ₄ fragmentas, Alternatyvos A ₅ fragmentas, Pjūvis A-A, Pjūvis B-B, Pjūvis C-C, Pjūvis D-D
Pr. etapas	Statybos technologijų katedra LT- 51367 Studentų 48, Kaunas	2017-MBD-ST
MBD		Laido 0 Lapas 4 Lapu 6

SURENKAMO ALIUMINIO - STIKLO FASADO MONTAVIMO SCHEMA



Sutartiniai žymėjimai

- Atvira sandėliavimo aikštelė
- Montuotojai
- Krano judėjimo kryptis ir sustojimo vietos
- Prikabinėtojas

Stiklinimo darbų leistinieji nuokrypiai

Nuokrypio pavadinimas	Leistinieji nuokrypiai, mm
Stiklo paketo pagaminimo tikslumas	±1mm
Sumuoto stiklo paketo jlinkis	12mm arba L/300
Stiklo užlaida	±2
Nuokrypiai nuo horizontales arba vertikales per visą fasado plokštumą	±2
Atskiros angos angokraščių nuokrypiai nuo horizontales arba vertikales	±3

KALENDORINIS STIKLINIMO DARBŲ VYKDYMO GRAFIKAS

Eil. Nr.	Darbo pavadinimas	Darbo apimtis		Darbo sąnaudos, žm. d.		Mechanizmai		Darbininkai			Darbo atlikimo trukmė	Normų įvykdymas, %	2017																																																	
		Mat. vnt.	Kiekis	Norminis	Planuojamas	Pavadinimas	Darbo sąnaudos, maš. pam.	Specialybė	Skaičius pamainoje	Pamainų skaičius			Norminė	Planuojama	Gegužė							Birželis							Liepa																																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
III. ANTŽEMINIŲ DARBŲ CIKLAS																																																														
1.	Karkaso montavimas	m	672	50,4	4,8	Kranas, žirklinis keltuvas	30,24	Montuotojai Pagalbinis	2 1	1	12,6	12	105																																																	
2.	Stiklinimo darbai	m ²	858,03	225,25	224	Kranas, žirklinis keltuvas	78,3	Montuotojai Pagalbinis Mašinistas	2 1 1	1	56,31	56	101																																																	
IV. APDAILOS DARBŲ CIKLAS																																																														
3.	Stiklo paketu sandūru hermetizavimas, dirbant nuo keltuvo platformos.	m	659,75	18,14	18	Žirklinis keltuvas	8,25	Montuotojai	2	1	9,07	9	101																																																	
				ΣQp	290					Σt	77,98																																																			

Medžiagų poreikis

Eil. Nr.	Medžiagos Pavadinimas	Matavimo vnt.	Kiekis
1	Fiksavimo detalės	vnt.	208
2	Savisiugiai sraigčiai (metalu)	vnt.	416
3	Sandaravimo tarpikliai	m	660
4	Stiklo paketai	m ²	858
5	Hermetikas	l	343,2

Naudojami įrankiai

Eil. Nr.	Pavadinimas	Kiekis
1	Šalmai	10
2	Lazeris	2
3	Ruletė, metras	20
4	Grąžtas	4
5	Gulstiuokas	10
6	Guminis plaktukas	10
7	Pirštines	20
8	Peliukai	20
9	Silikono pistoletas	20

Technologinės kortelės pritaikymo sritis

Technologinė kortelė skirta stiklo montavimo darbams. Bendras stiklo montavimo plotas - 856,4 m². Montavimo darbus numatomas atlikti automobiliu kranu PPM ATT400. Montavimo procesas susideda iš kelių etapų: vietų tvirtinimo detalės nuėmimo, tvirtinimo detalių prisukimo prie gelžbetonio pastato karkaso, aliuminio karkaso montavimo ir paruošimo, stiklo paketo prikabinimas ir padėdavimas į darbo vietą, nukreipimas į projekcinę padėtį, tvirtinimas, sandarinimas. Stiklinimo darbuose dalyvauja viena brigada, 4 žmonių. Darbai vykdomi viena pamaina. Procesas užtruks 63 dienas.

Darbų kokybės reikalavimai

Naudojamų statybinių medžiagų, gaminių, įrenginių kokybę turi atitikti standartų reikalavimus ir projekte numatyta statinio kokybės lygį. Į statybvietę pristatomi gaminiai, medžiagos, įrenginiai turi būti tinkamai įpakuojami, kraunami, gabenami, iškraunami bei laikomi. Darbininkai vykdydami įvairius darbus privalo naudoti numatytas medžiagas, gaminius, įrankius. Būtiną sąlyga - kokybiškai atlikti darbus. Darbo kokybę vertinama lyginant darbo metu padarytus nuokrypius su leidžiamais nuokrypiais nurodytais norminiuose dokumentuose. Būtiną nuotaikinę atliekamu darbų kontrle. Statybos stadijoje tikrinant statybos ir montavimo darbų kokybę defektai ar trūkumai pažeidimai nustatomi tokiais būdais ir metodais: Vizualiai - kai galima matyti atliktų statybos procesų, konstrukcijų, astato dalių padėtį neanalizuojamos jų techninės charakteristikos bei neatliekami konstrukcijų ir medžiagų fizikiniai bei mechaniniai bandymai. Tiesinių parametru matavimas - kai sumontuotos konstrukcijos, pastato dalys tikrinamos geodeziniais prietaisais (nivele, teodolitu), matuojamos rulete ir pan.

Darbų saugos reikalavimai

Montuotojams draudžiama pereiti nuo vienos konstrukcijos ant kitos be tam skirtų kopėčių, perėjimo tiltelių ar lipynių su aptvarais. Draudžiama dirbti aukštyje atvirose vietose, kai vėjo greitis 15m/s ar didesnis, plikšalos, liūdros, perkūnijos, rūko ar blogo matomumo darbo vietose metu. Po pakeltais montuojamų konstrukcijų elementais ar įrenginiais žmonėms būti draudžiama. Pastatius (sumontavus) į projekcinę padėtį konstrukcijas ar jų elementus, jas būtina patikrinti įtvirtinti. Atkabinėti kėlimo priemonėmis pakeltas konstrukcijas leidžiama tik juos patikimai įtvirtinus. Pertraukų darbe metu pakeltus kabančius ant krano kablo krovinius draudžiama. Visi asmenys, esantys statybvietėje, privalo dėvėti apsauginius šalvus.

Techniniai-Ekonominiai rodikliai

Rodiklio pavadinimas	Matavimo vnt.	Rodiklio dydis	
		Norminis	Planuojamas
1	2	3	4
Montavimo darbu kiekis	m ²	856,4	857
Montavimo darbu sąnaudos	žm.d.	239,79	290
Montuotojų išdirbis	m ² /žm.d.	3,57	2,96
Laiko norma	žm.d./m ²	0,28	0,34
Darbo trukmė	d.	77,98	77
Darbo našumas	%	100	101

Mechanizmų techninės charakteristikos

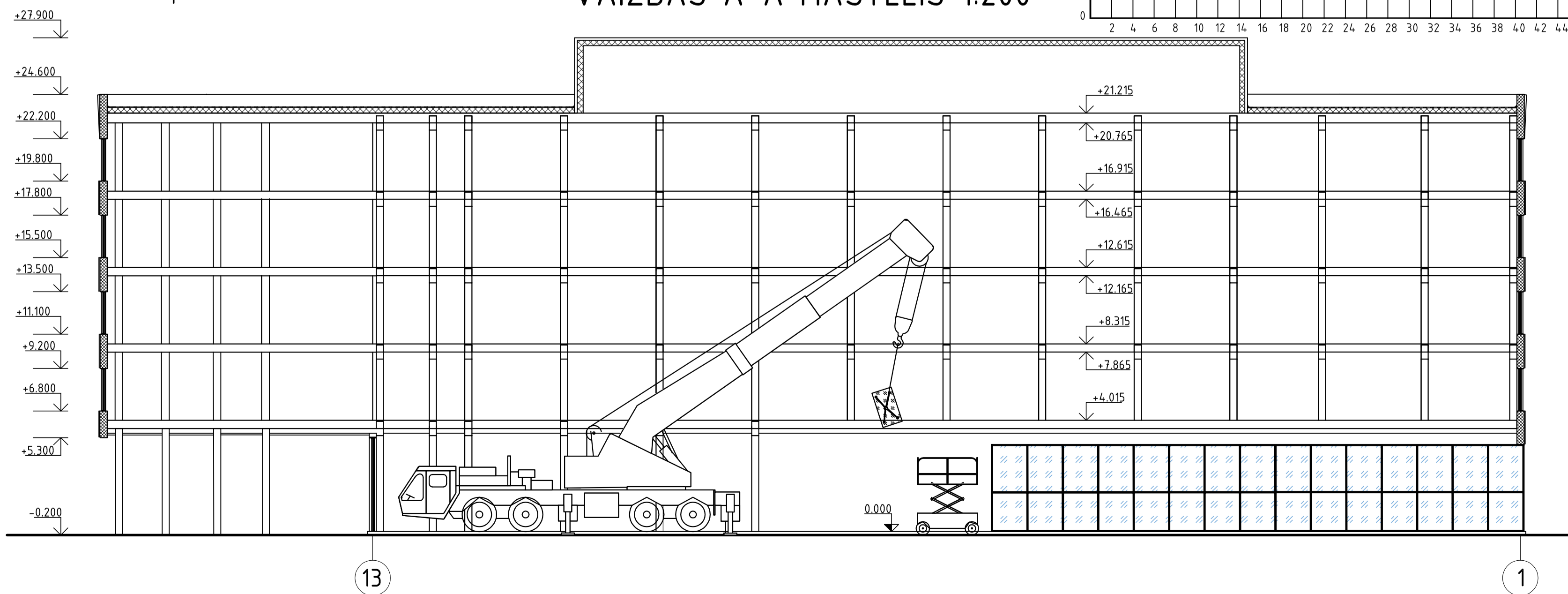
Eil. Nr.	Pavadinimas	Rodiklis	Kiekis	Mechanizmu skaičius, vnt.
1	Kranas PPM ATT 4000	Keliamoji galia Štrėlės ilgis	35t 31,6m	1
2	Žirklinis keltuvas Haulotte HA24DX	Darbinis aukštis Darbo aikštelės plotas	22m 4,77m ²	1

$$N_{vid} = \frac{\sum Qp}{T} = \frac{290}{63} = 4,6$$

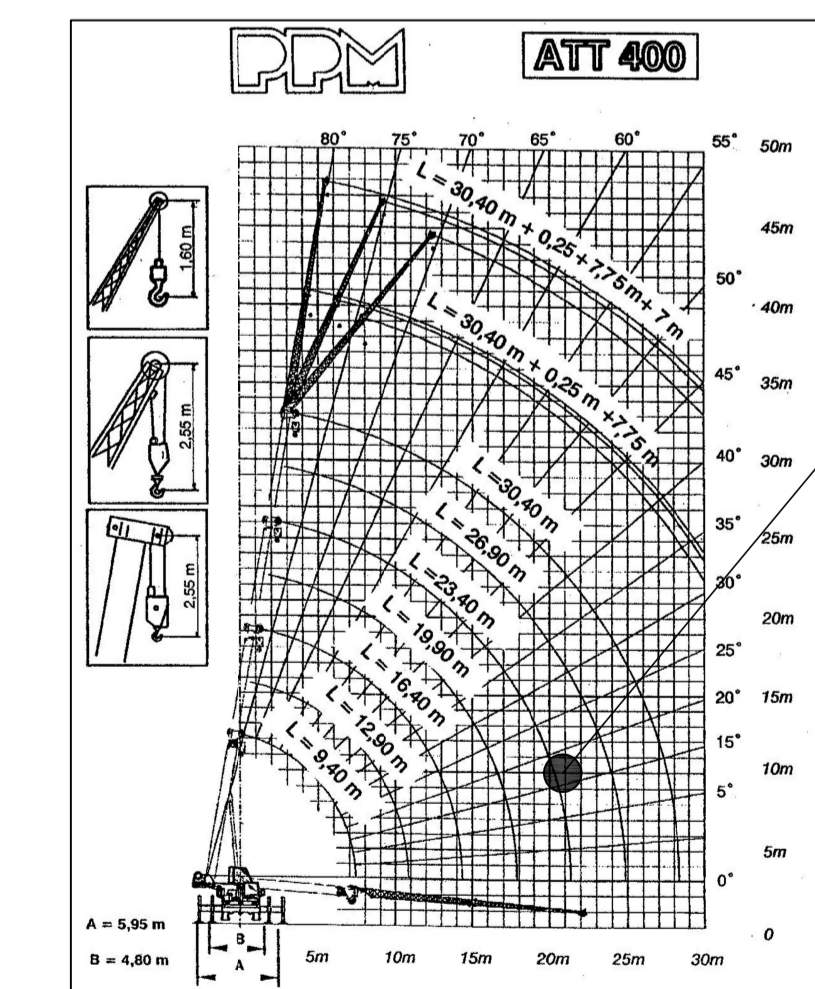
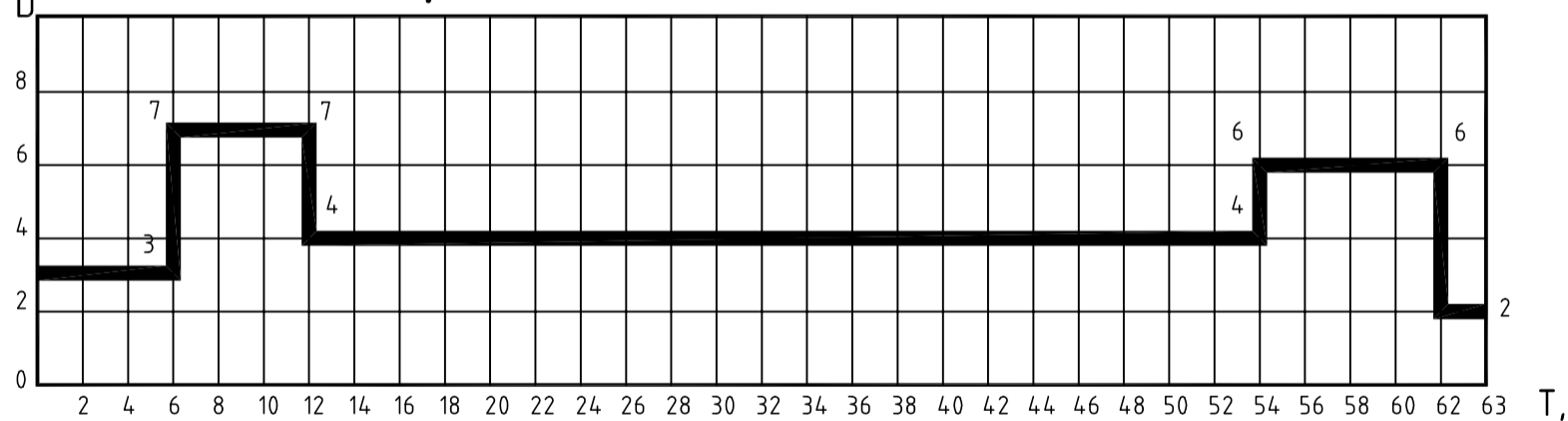
$$K_1 = \frac{N_{max}}{N_{vid}} = \frac{4}{4,6} = 0,87 \leq 1,7$$

$$K_2 = \frac{\sum t}{T_p} = \frac{77}{86,5} = 0,89 \leq 1$$

VAIZDAS A-A MASTELIS 1:200



DARBININKŲ POREIKIO GRAFIKAS GRAFIKAS



Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis darbas
SSM-5	Studentas A.Bobyrius Vadovas R.Miniofaite Konsult. G.Šukaiytė Konsult. V.Paukštys	2017-01-05 2017-01-05 2017-01-05 2017-01-05
Pr. etapas	Statybos technologijų katedra LT- 51367 Studentų 48, Kaunas	Aliuminio - stiklo fasado konstrukcijų montavimo technologijų tyrimas Surenkamo aliuminio - stiklo fasado montavimo technologinė kortelė
MBD		Laida 0 Lapas 5 Lapu 6
		2017-MBD-ST