



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS**

Antanas Urbonas

**ADMINISTRACINĖS PASKIRTIES PASTATO KAUNE,
PARTIZANŲ G., STATYBINIŲ KONSTRUKCIJŲ DALIES
PROJEKTAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Lekt. dr. Nerijus Adamukaitis

KAUNAS, 2016

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS
STATYBINIŲ KONSTRUKCIJŲ KATEDRA**

TVIRTINU
Katedros vedėjas
Doc. dr. Mindaugas Augonis

**ADMINISTRACINĖS PASKIRTIES PASTATO KAUNE,
PARTIZANŲ G., STATYBINIŲ KONSTRUKCIJŲ DALIES
PROJEKTAS**

Baigiamasis magistro projektas
Statyba (621J80001)

Vadovas

Lekt. dr. Nerijus Adamukaitis

Recenzentas

(parašas) dr. Andrius Surantas
(data)

Projektą atliko

(parašas) Antanas Urbonas
(data)

KAUNAS, 2016

Projektą atliko SSM-4 gr. studentas:

Antanas Urbonas

vardas, pavardė

parašas, data

Konsultantai:

Architektūrinė dalis

Gitana Šukaitytė

vardas, pavardė

parašas, data

Ekonominė dalis

Odeta Viliūnienė

vardas, pavardė

parašas, data

Grafinė dalis

Jolanta Šadauskienė

vardas, pavardė

parašas, data

Konstrucijų skaičiavimo dalis

Nerijus Adamukaitis

vardas, pavardė

parašas, data

Technologijų dalis

Marijonas Daunoravičius

vardas, pavardė

parašas, data

Darbų saugos dalis

Dalia Nizevičienė

vardas, pavardė

parašas, data

**PARENGTO BAIGIAMOJO DARBO SAVARANKIŠKUMO
PATVIRTINIMAS**

Patvirtinu, kad parengtas magistro baigiamasis darbas

Administracinės pastatų pastato Kaune, Partizanų g., statybinis konstrukcijų dalis projektas

(įrašyti pavadinimą)

- atliktas savarankiškai ir nebuvo kaip visuma pateiktas jokiame dėstomajame dalyke atsiskaityti šiame ar ankstesniuose semestruose;
- nebuvo pateiktas atsiskaityti kitame KTU fakultete arba kitoje Lietuvos aukštojoje mokykloje;
- turi visas į baigiamojo darbo literatūros sąrašą įtrauktą informacijos šaltinių nuorodas.

Antanas Uchonas

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

[Parašas]

(parašas)

Data *2016-01-06*

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS
STATYBINIŲ KONSTRUKCIJŲ KATEDRA

Baigiamasis magistro projektas

ADMINISTRACINĖS PASKIRTIES PASTATO KAUNE, PARTIZANŲ G., STATYBINIŲ
KONSTRUKCIJŲ DALIES PROJEKTAS

Antanas Urbonas

Magistro baigiamajame darbe suprojektuotos daugiaaukščio administracinės paskirties pastato laikančiosios konstrukcijos. Pastatas numatytas statyti Kaune, Partizanų g. 46B. Tai yra administracinės paskirties, ypatingas statinys, priskiriamas negyvenamųjų pastatų grupei. Konstrukcijos suprojektuotos taip, jog tenkintų šiuolaikinius funkcinius, architektūrinius - estetinius, techninius, ekonominius ir gamtosaugos reikalavimus.

Suprojektuoti du skirtingi pastato perdangos laikančiųjų konstrukcijų karkaso variantai – surenkamas ir kompozitinis ir atliktas jų ekonominis palyginimas. Pasirinktas gamybos ir montavimo požiūriu ekonomiškėsnis variantas.

Kita darbe suprojektuota konstrukcija yra plieninė kolona. Pagal norminius reikalavimus suprojektuota stogo danga, atliktas šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas. Projektavimo rezultatai pateikiami grafiniu pavidalu darbo brėžiniuose. Pagalbiniai skaičiavimai ir duomenys pateikiami prieduose.

Baigiamajame darbe aprašytos statybos reglamentavimo ir teisės sąlygos, architektūriniai sprendimai, apibendrintai aprašytos plieninių sijų, kolonų ir kiaurymėtuųjų perdangos plokščių montavimo technologijos, pateikti darbų saugos ir aplinkosaugos reikalavimai.

Reikšminiai žodžiai: karkasas, daugiaaukštis, perdanga, surenkamas, kompozitinis, ekonominis palyginimas, stogas.

KAUNAS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE
DEPARTMENT OF BUILDING STRUCTURES

Master's degree final project

STRUCTURAL PART OF PROJECT OF ADMINISTRATIVE BUILDING IN KAUNAS,
PARTIZANŲ ST.

Antanas Urbonas

In the Master's degree final work load bearing structures are designed for a multi-storey office building. Building prospective construction site is located in Kaunas, Partizanu st. 46B. Designed office building is assigned to a group of non-residential buildings. Structures are designed to meet the modern functionality, architecture-aesthetic, technical, economic and environmental requirements.

Two different load bearing frames (precast and composite) for the slabs are designed and compared economically. The most sustainable version is selected in terms of economic effectiveness in production and assembly.

Another designed structure is a steel column. The roof is designed in accordance with the regulatory requirements, considering heat transfer coefficient. Design results are presented graphically in the form of drawings. Auxiliary calculations and the data are presented in the annexes.

Final work describes regulatory and legal conditions of the construction, architectural solutions, generally describes steel beams, columns and hollow core slabs mounting technology, safety and environmental requirements.

Keywords: frame, multi-storey, slab, precast, composite, economic comparison, roof .

TURINYS

ĮVADAS	4
1. STATYBOS REGLAMENTAVIMO IR TEISĖS SĄLYGOS	5
1.1. STATOMO PASTATO ESMINIAI REIKALAVIMAI	5
1.2. LEIDIMO STATYTI NAUJĄ STATINĮ IŠDAVIMAS.....	5
1.3. PROJEKTAVIMAS	5
1.4. STATINIO PRIPAŽINIMAS TINKAMU NAUDOTI.....	6
1.5. STATINIO STATYBOS TECHNINĖ PRIEŽIŪRA, STATYBOS BEI SPECILIŪJŲ DARBŲ VADOVŲ VEIKLAS.....	6
2. ARCHITEKTŪRINĖ DALIS	7
2.1. STATYBOS VIETA IR SKLYPO PRINCIPINIAI SPRENDIMAI	7
2.2. ARCHITEKTŪRINIAI SPRENDIMAI.....	7
2.3. KONSTRUKCINIAI SPRENDIMAI	8
2.4. STOGO KONSTRUKCIJOS ŠILUMOS PERDAVIMO KOEFICIENTO SKAIČIAVIMAS	9
2.4.1. Prilydomos bituminės stogo dangos MIDA TECHNOELAST PV S5b ir PV S5s šiluminės varžos skaičiavimas	10
2.4.2. Šiluminės izoliacijos PAROC ROB 80 20 mm storio akmens vatos šiluminės varžos skaičiavimas	11
2.4.3. Šiluminės izoliacijos PAROC ROS 30g 300 mm storio akmens vatos šiluminės varžos skaičiavimas	11
2.4.4. Garo izoliacijos, Euratex AL 0,2mm, šiluminės varžos skaičiavimas.....	12
2.4.5. Išlyginamojo betono sluoksnio šiluminės varžos skaičiavimas.....	12
2.4.6. Nuolydi formuojančio sluoksnio(smėlio) šiluminės varžos skaičiavimas.	13
2.4.7. Kiaurymėtosios gelžbetoninės plokštės šiluminės varžos skaičiavimas....	13
2.4.8. Atitvaros visuminė šiluminė varža	14
2.4.9. Šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas.....	14
3. KONSTRUKCINĖ DALIS	15

3.1.	PASTATĄ VEIKIANČIŲ APKROVŲ SKAIČIAVIMAS	15
3.1.1.	Stogo denginio konstrukcijos apkrovos skaičiavimas	15
3.1.2.	Sniego apkrovos skaičiavimas	16
3.1.3.	Vėjo apkrovos skaičiavimas	18
3.1.4.	Fasado sienos apkrovos skaičiavimas.....	25
3.1.5.	Grindų apkrovos skaičiavimas.....	25
3.1.6.	Lubų bei komunikacijų apkrovos skaičiavimas.....	25
3.1.7.	Pertvarų apkrovos skaičiavimas.....	25
3.1.8.	Naudojimo apkrovos skaičiavimas	26
3.1.9.	Perdangos plokštės apkrovos skaičiavimas	26
3.1.10.	Kompozitinės perdangos plokštės apkrovos skaičiavimas	27
3.2.	VARIANTINĖS SKAIČIUOJAMOSIOS SCHEMOS.....	27
3.3.	WQ SKERSPJŪVIO SIJOS SKAIČIAVIMAS	33
3.3.1.	Skerspjūvio klasės tikrinimas	35
3.3.2.	Skerspjūvio stiprumo tikrinimas	36
3.3.3.	Tinkamumo ribinio būvio įtempių skaičiavimas	37
3.4.	SURENKAMO KARKASO VARIANTO PLIENINĖS KOLONOS PROJEKTAVIMAS	39
3.4.1.	Kolonos skerspjūvio tikrinimas dviašiam lenkimui.....	40
3.4.2.	Kolonos skerspjūvio tikrinimas dviašiam lenkimui ir gniuždymui	41
3.5.	KIAURYMĖTOSIOS PERDANGOS PLOKŠTĖS HCS PROJEKTAVIMAS	400 44
3.5.1.	Bendrieji duomenys	44
3.5.2.	Apkrovų skaičiavimas ir derinių sudarymas.....	45
3.5.3.	Plokštės skerspjūvio matmenų skaičiavimas	46
3.5.4.	Preliminarus iš anksto įtemptos armatūros skaičiavimas	47
3.5.5.	Plokštės ekvivalentinio skerspjūvio geometriniai rodikliai	50

3.5.6.	Armatūros išankstinio įtempimo nuostolių skaičiavimas	51
3.5.7.	Plokštės normaliojo pjūvio stiprumo tikrinimas.....	54
3.5.8.	Plokštės įstrižojo pjūvio stiprumo tikrinimas	54
3.5.9.	Plokštės gamybos, transportavimo ir montavimo situacijos ribinių būvių skaičiavimas	55
3.5.10.	Normalinių plyšių tikrinimas (naudojimo situacija).....	56
3.5.11.	Įstrižųjų plyšių atsiradimo tikrinimas	57
3.5.12.	Plokštės įlinkio skaičiavimas	60
3.5.13.	Plokštės konstravimas.....	62
3.6.	KOMPOZITINĖS PERDANGOS PLOKŠTĖS PROJEKTAVIMAS	63
3.6.1.	Pakloto stiprumo tikrinimas.....	66
3.6.2.	Pakloto įlinkio tikrinimas.....	66
3.6.3.	Plokštės skaičiavimas naudojimo metu	66
3.6.4.	Išilginės šlyties tikrinimas naudojant m-k metodą	68
3.6.5.	Vietinių poveikių tikrinimas kompozitinėje plokštėje.....	69
3.6.6.	Vietinio lenkimo tikrinimas	70
3.7.	KOMPOZITINĖS PERDANGOS SIJOS PROJEKTAVIMAS	73
3.7.1.	Plieninės sijos skerspjuvio klasės nustatymas	73
3.7.2.	Plieninės sijos stiprumo statybos metu tikrinimas.....	74
3.7.3.	Kompozitinės sijos stiprumo naudojimo metu tikrinimas	77
3.7.4.	Kompozitinės sijos įlinkių skaičiavimas.....	82
4.	TECHNOLOGINĖ IR EKONOMINĖ DALYS	84
4.1.	TECHNOLOGINĖ DALIS	84
4.1.1.	Technologinės dalies paskirtis	84
4.1.2.	Konstrukcijų montavimo technologija.....	84
4.1.3.	Kabinimo priemonių parinkimas	87
4.1.4.	Krano parinkimas kolonų, sijų ir plokščių montavimui	88

4.1.5.	Kokybės reikalavimai ir darbų priėmimas.....	89
4.1.6.	Darbo ir mašinų darbo sąnaudų skaičiavimas.....	91
4.1.7.	Materialinių ir techninių išteklių poreikio skaičiavimas.....	92
4.2.	ORGANIZACINĖ DALIS	92
4.2.1.	Mašinų ir mechanizmų išdėstymas statybvietėje, pavojingų zonų projektavimas	93
4.2.2.	Laikinių ir privažiavimo kelių projektavimas.....	93
4.2.3.	Laikinių sandėlių ir sandėliavimo aikštelių projektavimas.....	94
4.2.4.	Laikinių administracinių ir buitinių patalpų projektavimas.....	95
4.2.5.	Laikinių vandentiekio projektavimas.....	96
4.2.6.	Laikiniųjų elektros tinklų projektavimas	98
4.3.	EKONOMINĖ DALIS	101
5.	DARBUOTOJŲ SAUGA IR APLINKOSAUGA.....	104
5.1.	Bendra statomo objekto charakteristika	104
5.2.	Darbo vietos charakteristika	106
5.3.	Darbo aplinkos profesinės rizikos veiksniai ir jų šaltiniai.....	107
5.4.	Profesinės rizikos vertinimas.....	110
5.5.	Aplinkosauga	112
	IŠVADOS	114
	LITERATŪRA	115
	1 PRIEDAS	118
	2 PRIEDAS	120
	3 PRIEDAS	123
	3.1.P KARKASO SU KOMPOZITINE PERDANGA VARIANTO PLIENINĖS KOLONOS PROJEKTAVIMAS	123
	3.1.1P Kolonos skerspjūvio tikrinimas dviašiam lenkimui	124
	3.1.2P Kolonos skerspjūvio tikrinimas dviašiam lenkimui ir gniuždymui	125

IVADAS

Magistriniame baigiamajame darbe yra pateikiama naujai statomo, administracinės paskirties pastato Kaune laikančiųjų konstrukcijų projektavimas. Pastatas skirtas įvairių įmonių administracinėms patalpoms. Darbas susideda iš statybos reglamentavimo, teisės sąlygų, architektūrinės, konstrukcinės, technologinės, ekonominės, darbų saugos ir aplinkosaugos dalių.

Darbo objektas – administracinės paskirties pastatas Kaune.

Baigiamojo darbo tikslas – atlikti administracinės paskirties pastato laikančiųjų konstrukcijų projektavimą.

Darbo uždaviniai:

- Pateikti statinio architektūrinius sprendimus, naudojamas konstrukcijas bei apskaičiuoti stogo šilumos perdavimo koeficientą.
- Pateikti karkasų bendros darbų kainos ekonominį palyginimą bei sijų bei kolonų montavimo organizavimą.
- Atlikti ekonomiškesnio karkaso varianto konstrukcijų ir jų mazgų skaičiavimą.
- Aprašyti pagrindines projektuojamo pastato statybos reglamentavimo ir teisės reikalavimus, darbų saugą ir aplinkosaugą.

1. STATYBOS REGLAMENTAVIMO IR TEISĖS SĄLYGOS

1.1. STATOMO PASTATO ESMINIAI REIKALAVIMAI

Projektuojamas statinys Kaune, turi būti suprojektuotas ir pastatytas iš statybos produktų, kurie per ekonomiškai pagrįstą statinio naudojimo trukmę užtikrins mechaninio atsparumo ir pastovumo, gaisrinės saugos, higienos, saugaus naudojimo, apsaugos nuo triukšmo, energijos taupymo ir šilumos išsaugojimo reikalavimus.

Be paminėtų esminių reikalavimų statinys turi tenkinti architektūrinius reikalavimus: turi derėti prie kraštovaizdžio, atitikti specialiuosius architektūros reikalavimus, neprieštaraudamas inžineriniams, technologinių inžinerinių sistemų reikalavimams, bei atitikti statinio paskirtį.

1.2. LEIDIMO STATYTI NAUJĄ STATINĮ IŠDAVIMAS

Norint gauti leidimą statyti naują statinį reikia pateikti šiuos dokumentus: prašymą; statybos projektą ir kompiuterinę laikmeną su statybos projekto įrašu arba tik kompiuterinę laikmeną su statybos projekto įrašu; statybos projekto ekspertizės aktą.

Leidimas statyti naują ypatingą statinį išduodamas praėjus 20 darbo dienų nuo projekto paskelbimo dienos, jeigu, per projektui patikrinti skirtą laikotarpį, negauti atitinkamų institucijų ar subjektų nepritarimai. Leidimas statyti naują statinį išduodamas „savivaldybės administracijos direktoriaus ar jo įgalioto savivaldybės administracijos valstybės tarnautojo“ [1]. Statinio projektui raštu pritaria savivaldybės administracijos direktorius. Neypatingo statinio raštiniam pritarimui skiriama 5 darbo dienos, skaičiuojant nuo projekto pateikimo, raštiniam pritarimui gauti, dienos.

1.3. PROJEKTAVIMAS

Ypatingo statinio statybai yra rengiamas statinio statybos projektas. Statinio projektą rengia projektuotojas. Jis projektą ir pasirašo prisiimdamas atsakomybę, kad „statinio projektas atitinka įstatymų, kitų teisės aktų, privalomųjų projekto rengimo dokumentų, normatyvinių statybos techninių dokumentų ir normatyvinių statinio saugos ir paskirties dokumentų nuostatas“.

Statinio projektas rengiamas vadovaujantis „teritorijų planavimo dokumentais, galiojančiais teisės aktais, prisijungimo sąlygomis“ bei „nustatytais specialiaisiais architektūros reikalavimais“ [1].

Už projekte pateiktų sprendinių atitiktį atitinkamiems reikalavimams atsako statinio projektą pasirašęs asmenys: „statinio projektuotojas ar jo įgaliotas asmuo, statinio projekto vadovas, statinio projekto dalių vadovai ir statinio projekto rengėjas“ [1].

Projektuojamam pastatui, kaip ir visiems antžeminiams statiniams, kuriuose dirbs žmonės, privaloma architektūrinė dalis, kuri rengiama vadovaujantis esminiais statinio architektūriniais reikalavimais.

1.4. STATINIO PRIPAŽINIMAS TINKAMU NAUDOTI

Statytojas pastatęs naują neypatingą pastatą pateikia prašymą Padaliniui, kuris yra naujai pastatyto statinio apskrities teritorijoje, Alytuje, išduoti statybos užbaigimo aktą (toliau aktą). Prašymas yra pateikiamas pasinaudojus „Info statyba“. Prie prašymo išduoti aktą pridedama „statytojo įgaliojimo pateikti prašymą kopija“, „kompiuterinė laikmena su statinio projekto įrašu“, „statybą leidžiančio dokumento kopija“, „dokumentų, kurie bus pateikti Komisijai, sąrašas“, „statinio bendrieji rodikliai“ [2]. Komisija statybos užbaigimo procedūras pradeda ne vėliau kaip per 20 darbo dienų nuo prašymo užregistravimo. Atlikus procedūras surašomas Statybos užbaigimo aktas.

1.5. STATINIO STATYBOS TECHNINĖ PRIEŽIŪRA, STATYBOS BEI SPECILIŪJŲ DARBŲ VADOVŲ VEIKLAS

Statinio statybos techninė priežiūra yra organizuojama statytojo (užsakovo) ir vykdoma nuo statinio statybos pradžios iki statinio statybos užbaigimo akto surašymo. Jos tikslas – kontroliuoti, ar statinys statomas pagal statinio projektą, statybos rangos sutarties, įstatymų, kitų teisės aktų, normatyvinių statybos techninių dokumentų, normatyvinių statinio saugos ir paskirties dokumentų reikalavimus.

Statinio statybos vadovas nuo statybos pradžios iki statybos užbaigimo atstovauja rangovui. Statybos vadovo tikslas – vadovaujant statybos darbams įgyvendinti statinio projektą. Jis taip pat gali būti bendrųjų statybos darbų vadovas, koordinuoti statinio statybos specialiųjų darbų vykdymą bei šių darbų vadovų veiklą. Statinio statybos vadovas atsako už pastatyto statinio atitiktį statinio projektui ir statinio normatyvinę kokybę.

Statinio specialiųjų dalių vadovas vadovauja statybos specialiesiems darbams nuo statybos pradžios iki pabaigos, atsako už atliktų specialiųjų darbų kokybę bei yra techniškais klausimais pavaldus statinio statybos vadovui.

2. ARCHITEKTŪRINĖ DALIS

2.1. STATYBOS VIETA IR SKLYPO PRINCIPINIAI SPRENDIMAI

Pastatas statomas Kaune, Partizanų g. 46 B. Pastato sklype nėra kitų statinių. Sklypo reljefas lygus. Bendras sklypo plotas – 12985 m². Sklypo užstatymo plotas yra 1237,5 m². Neužstatytoje sklypo teritorijoje įrengiami pravažiavimai, taip pat įrengiami takai pėstiesiems, bei lengvųjų automobilių stovėjimo aikštelė su 352 stovėjimo vietomis, iš kurių 17 skirtos neįgaliesiems. Likęs plotas užsėjamas veja. Įvažiavimai į teritoriją įrengiami iš Partizanų gatvės ir Savanorių prospekto.

2.2. ARCHITEKTŪRINIAI SPRENDIMAI

Projektuojamas 10 aukštų pastatas yra L raidės formos, kurio tarpatramis 14,0 m. Pastato ilgis viena kryptimi – 52,5 m, kita – 45,0 m, plotis abiem kryptimis – 15,0 m. Didžiausia pastato altitudė 43,8 m. Kiekviename pastato aukšte patalpų aukštis iki pakabinamų lubų yra – 3,0 m. Pirmajame pastato aukšte numatomos 1102,26 m² administracinės paskirties patalpos. Į pirmo aukšto patalpas patenkama per pagrindinius bei pagalbinius įėjimus, iš viso per 6 įėjimų iš kurių 2 pagrindiniai ir 4 pagalbiniai, skirti personalui. Pirmame aukšte yra 13 kabinetų, vienas pasitarimų kambarys, valgomasis bei poilsio kambarys, šių patalpų bendras plotas yra 562,5 m². Į 2-10 aukštų patalpas galima patekti per 3 laiptines, kurios turi įėjimus iš vidaus, bei pakylant trimis liftais. Patalpų išdėstymas aukštuose nuo 2 iki 10 yra vienodas, kurių kiekvieno bendras plotas yra 1103,71 m². Kiekviename aukšte yra po 21 kabinetą, vieną pasitarimų kambarį bei po vieną poilsio kambarį, šių patalpų bendras plotas yra 793,8 m². Visuose pastato aukštuose yra po 3 tualetus pritaikytus atskirai moterims ir vyrams. Visuose tualetuose yra kabinos, pritaikytos neįgaliesiems. Į kabinetus bei tualetus patenkama iš koridorių, kurių plotis yra 1,5 m. Ant pastato stogo patenkama iš laiptinėje esančių pagalbinių patalpų.

Prie pastato nuo miesto tinklų yra atvesti elektros tinklai, vandentiekio, nuotekų ir ryšių komunikacijos. Administracinių patalpų vėdinimas mechaninis.

Patalpų apdaila suprojektuota pagal higieninius ir priešgaisrinius reikalavimus.

Patalpose įrengti vitrininiai langai, kabinetuose stiklinės durys, dienos metu koridoriaus apšvietimas yra natūralus.

Grindų danga pirmo aukšto administracinėse patalpose, keraminių plytelių, o likusių aukštų kalcio sulfato plokščių.

2.3. KONSTRUKCINIAI SPRENDIMAI

Pamatai. Kolonos remiamos į surenkamus, gelžbetoninius pamatus. Pamato bloko matmenys – 1200x1200x900mm, pado matmenys – 1300x1300x300mm. Pamatas įgilintas 1,2 m žemiau grunto paviršiaus. Ant pamato pado montuojami atraminiai stulpeliai, ant kurių remiamos visą pastato perimetrą juosiančios pamatinės sijos, kurios dengiamos hidroizoliacija ir remiamos sienų apatinės dalys. Laiptams paremti įrengiami 300x300 mm poliniai pamatai, kurie įgilinti 0,8 m.

Grindys. Grindys formuojamos iš 150 mm storio C20/25 stiprumo klasės betono, sustiprinamos armatūriniu tinklu S400 Ø5 150x150mm. Grindų deformacinės – sėdimo siūlės įrengiamos kas 6 m. Administracinėse patalpose ant betono sluoksnio klijuojamos keraminės plytelės. Po betono sluoksniu pastatas visu plotu apšildomas 100 mm storio putų polistirolu. Antrajame bei likusiuose pastato aukštuose iki 10 montuojama 150 mm aukščio „MERO access floor type 6“ pakeliamų grindų sistema, kurią sudaro kalcio sulfato plokštės, bei pakėlimo ir tvirtinimo elementai.

Kolonos. Kolonos iš S355 stiprumo klasės plieno, vientiso skerspjūvio, tarp aukštų sujungiamos sandūrine siūle. Žingsnis – 7.5m. Kolona prie pamato tvirtinama šarnyriškai.

Perdanga. Suprojektuotos surenkamos 400 mm aukščio ir 13,6 m ilgio gelžbetoninės kiaurymėtosios perdangos plokštės. Perdangos plokštės numatoma remti ant WQ sijų apatinių lentynų, bei laiptinių sienų.

Sijos. Perdangos plokštėms remti suprojektuotos plieninės 7,04 metų ilgio WQ skerspjūvio sijos iš S355 stiprumo klasės plieno lakštų. Sijos elementai jungiami vienas prie kito suvirinant kampinėmis siūlėmis. Sijos suprojektuotos su 20 mm išankstiniu išlinkiu

Stogas. Ant perdangos plokščių klojamas nuolydį formuojantis smėlio sluoksnis, kurio storis kinta nuo 40 mm žemiausioje vietoje iki 190 mm aukščiausioje vietoje, ant nuolydį formuojančio sluoksnio klojamas 50 mm storio išlyginamasis betono sluoksnis ant, kurio tiesiama orą ir garus izoliuojanti Euratex AL izoliacija, virš garo izoliacijos dedama 300 mm storio Paroc Ros 30g termoizoliacija, virš jos montuojama 20 mm storio Paroc Rob 80 termoizoliacijos sluoksnis ant, kurio prilydoma bituminė danga „Mida Technoelast PV S5b +PV S5“. Stogo nuolydis $\alpha = 1,20^\circ$.

Sienos. Laiptinių sienos montuojamos iš 300 mm storio, surenkamų gelžbetoninių sieninių plokščių, kurios apšildinamos 200 mm storio putų polistirolu sluoksniu. Iš pastato

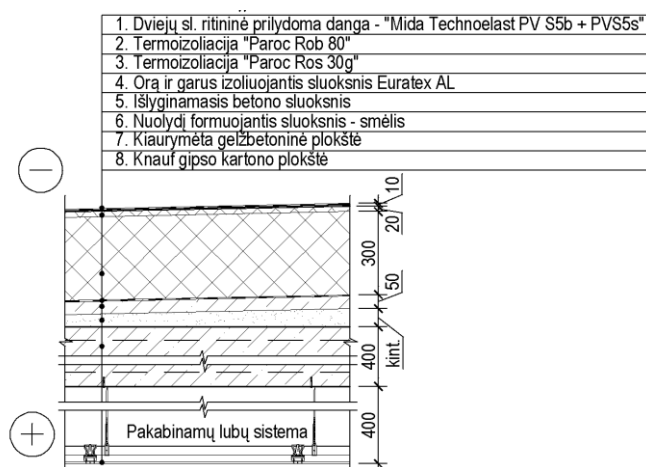
išorės laiptinių sienų apdailai naudojamos „EQUITONE“ pilkos spalvos, pluoštinio cemento plokštės. Sienų šilumos perdavimo koeficientas $-U = 0,15 \frac{m^2 \cdot K}{W}$.

Stiklinis fasadas. Stikliniam fasadui naudojama aliuminio fasadinė sistema SFB 3074. Fasadinę sistemą sudaro 74 mm pločio aliuminiai profiliai, kurie įdėtinėmis detalėmis jungiami prie sijų, bei dvigubo stiklo paketai. Stiklai, kurie naudojami tarp lubų ir grindų yra tamsinti, tam kad būtų paslepiama perdangos konstrukcija, visi likę yra skaidrūs. Stiklinio fasado šilumos perdavimo koeficientas $-U = 0,2 \frac{m^2 \cdot K}{W}$.

Langai. Langų rėmai plastikiniai, su dviem energiją taupančiais (selektyviniais) stiklais, kurie užpildyti argono dujomis. Langų šilumos perdavimo koeficientas $-U = 1,3 \frac{m^2 \cdot K}{W}$.

Durys. Visiems įėjimas įrengiamos dvivėrės 2,0 m pločio stiklinės durys, patekimui į kabinetus parinktos 1 m pločio stiklinės durys, patekimui į kitas patalpas numatytos 1 m pločio skydinės durys.

2.4. STOGO KONSTRUKCIJOS ŠILUMOS PERDAVIMO KOEFICIENTO SKAIČIAVIMAS



2.1 pav. Stogo denginio konstrukcijos schema

Atitvarų visuminė šiluminė varža, $\frac{m^2 \cdot K}{W}$, apskaičiuojama[13]:

$$R_t = R_{si} + R_s + R_{se}; \quad (2.1)$$

čia: R_{si} – atitvaros vidinio paviršiaus šiluminė varža, $\frac{m^2 \cdot K}{W}$, šilumos srautas juda

vertikaliai, todėl $R_{si} = 0,1 \frac{m^2 \cdot K}{W}$;

R_s – atitvaros sluoksnių suminė šiluminė varža, $\frac{m^2 \cdot K}{W}$;

R_{se} – atitvaros išorinio paviršiaus šiluminė varža, $\frac{m^2 \cdot K}{W}$, šilumos srautui judant

visomis kryptimis $R_{se} = 0,04 \frac{m^2 \cdot K}{W}$.

Atitvarų iš termiškai vienalyčių sluoksnių suminė šiluminė varža – R_s , $\frac{m^2 \cdot K}{W}$, apskaičiuojama [13]:

$$R_s = R_1 + R_2 + \dots + R_n + (R_g + R_q + R_u); \quad (2.2)$$

čia: R_1, R_2, \dots, R_n – atskirų atitvaros sluoksnių šiluminės varžos;

R_g – oro tarpo šiluminė varža;

R_q – plono sluoksnio (plėvelės) šiluminė varža;

R_u – nešildomos pastogės šiluminė varža.

Termiškai vienalyčio sluoksnio šiluminė varža R , $\frac{m^2 \cdot K}{W}$, apskaičiuojama [13]:

$$R = \frac{d}{\lambda_{ds}}; \quad (2.3)$$

čia: d – sluoksnio storis, m;

λ_{ds} – medžiagos sluoksnio projektinis šilumos laidumo koeficientas, $\frac{W}{m \cdot K}$

Toliau pateikiamos 2.4.1 pav. pateiktos stogo denginio konstrukcijos sluoksnių šiluminės varžos skaičiavimas:

2.4.1. Prilydomos bituminės stogo dangos MIDA TECHNOELAST PV S5b ir PV S5s šiluminės varžos skaičiavimas

Hidroizoliacijos sluoksnis priimamas kaip plonas sluoksnis, glaudžiai prispaustas prie vieno iš atitvaros sluoksnio paviršiaus. Sluoksnio šiluminė varža:

$$R_{q1} = 0,02 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

2.4.2. Šiluminės izoliacijos PAROC ROB 80 20 mm storio akmens vatos šiluminės varžos skaičiavimas

Sluoksnio storis: $d_2 = 0,02m$.

Deklaruojama sluoksnio šilumos laidumo koeficiento reikšmė: $\lambda_{D_2} = 0,038 \frac{W}{m \cdot K}$.

Šilumos konvekcijos poveikio koeficientas: $K_{cv} = 0,05$.

Šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl vidinės šilumos konvekcijos:

$$\Delta\lambda_{cv_2} = \lambda_{D_2} \cdot K_{cv} = 0,038 \cdot 0,05 = 0,0019 \frac{W}{m \cdot K}; \quad (2.4)$$

Šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo konstrukcijoje:

$$\Delta\lambda_w = 0,002 \frac{W}{m \cdot K}.$$

Projektinė sluoksnio šilumos laidumo koeficiento reikšmė:

$$\lambda_{ds_2} = \lambda_{D_2} + \Delta\lambda_{cv_2} + \Delta\lambda_w = 0,038 + 0,002 + 0,0019 = 0,0419 \frac{W}{m \cdot K}; \quad (2.5)$$

Sluoksnio šiluminė varža:

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_{ds_2}} = \frac{0,02}{0,0419} = 0,4773 \frac{m^2 \cdot K}{W}; \quad (2.6)$$

2.4.3. Šiluminės izoliacijos PAROC ROS 30g 300 mm storio akmens vatos šiluminės varžos skaičiavimas

Sluoksnio storis: $d_3 = 0,3m$.

Deklaruojama sluoksnio šilumos laidumo koeficiento reikšmė: $\lambda_{D_3} = 0,036 \frac{W}{m \cdot K}$.

Šilumos konvekcijos poveikio koeficientas: $K_{cv} = 0,05$.

Šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl vidinės šilumos konvekcijos:

$$\Delta\lambda_{cv_3} = \lambda_{D_3} \cdot K_{cv} = 0,036 \cdot 0,05 = 0,0018 \frac{W}{m \cdot K}. \quad (2.7)$$

Šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo konstrukcijoje:

$$\Delta\lambda_w = 0,002 \frac{W}{m \cdot K}.$$

Projektinė sluoksnio šilumos laidumo koeficiento reikšmė:

$$\lambda_{ds_3} = \lambda_{D_3} + \Delta\lambda_{cv_3} + \Delta\lambda_w = 0,036 + 0,002 + 0,0018 = 0,0398 \frac{W}{m \cdot K}. \quad (2.8)$$

Sluoksnio šiluminė varža:

$$R_3 = \frac{d_3}{\lambda_{ds_3}} = \frac{0,300}{0,0398} = 7,5377 \frac{m^2 \cdot K}{W}. \quad (2.9)$$

2.4.4. Garo izoliacijos, Euratex AL 0,2mm, šiluminės varžos skaičiavimas

Garo izoliacijos sluoksnis priimamas kaip plonas sluoksnis, glaudžiai prispaustas prie dviejų atitvaros sluoksnio paviršių. Sluoksnio šiluminė varža: $R_{q_4} = 0,04 \frac{m^2 \cdot K}{W}$.

2.4.5. Išlyginamojo betono sluoksnio šiluminės varžos skaičiavimas

Sluoksnio storis: $d_5 = 0,05m$.

Deklaruojama sluoksnio šilumos laidumo koeficiento reikšmė: $\lambda_{D_5} = 2 \frac{W}{m \cdot K}$.

Šilumos konvekcijos poveikio koeficientas: $K_{cv} = 0,05$.

Šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl vidinės šilumos konvekcijos:

$$\Delta\lambda_{cv_5} = \lambda_{D_5} \cdot K_{cv} = 2 \cdot 0,05 = 0,1 \frac{W}{m \cdot K}. \quad (2.10)$$

Šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo konstrukcijoje:

$$\Delta\lambda_w = 0,002 \frac{W}{m \cdot K}.$$

Projektinė sluoksnio šilumos laidumo koeficiento reikšmė:

$$\lambda_{ds_5} = \lambda_{D_5} + \Delta\lambda_{cv_5} + \Delta\lambda_w = 2 + 0,1 + 0,002 = 2,102 \frac{W}{m \cdot K}. \quad (2.11)$$

Sluoksnio šiluminė varža:

$$R_5 = \frac{d_5}{\lambda_{ds_5}} = \frac{0,05}{2,102} = 0,0238 \frac{m^2 \cdot K}{W}. \quad (2.12)$$

2.4.6. Nuolydi formuojančio sluoksnio(smėlio) šiluminės varžos skaičiavimas

Minimalus sluoksnio storis: $d_6 = 0,04m$.

Deklaruojama sluoksnio šilumos laidumo koeficiento reikšmė: $\lambda_{D_6} = 2 \frac{W}{m \cdot K}$.

Šilumos konvekcijos poveikio koeficientas: $K_{cv} = 0,05$.

Šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl vidinės šilumos konvekcijos:

$$\Delta\lambda_{cv_6} = \lambda_{D_6} \cdot K_{cv} = 2 \cdot 0,05 = 0,1 \frac{W}{m \cdot K}. \quad (2.13)$$

Šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo konstrukcijoje:

$$\Delta\lambda_w = 0,002 \frac{W}{m \cdot K}.$$

Projektinė sluoksnio šilumos laidumo koeficiento reikšmė:

$$\lambda_{ds_6} = \lambda_{D_6} + \Delta\lambda_{cv_6} + \Delta\lambda_w = 2 + 0,1 + 0,002 = 2,102 \frac{W}{m \cdot K}. \quad (2.14)$$

Sluoksnio šiluminė varža:

$$R_6 = \frac{d_6}{\lambda_{ds_6}} = \frac{0,04}{2,102} = 0,0193 \frac{m^2 \cdot K}{W}. \quad (2.15)$$

2.4.7. Kiaurymėtosis gelžbetoninės plokštės šiluminės varžos skaičiavimas

Minimalus sluoksnio storis: $d_7 = 0,4m$.

Deklaruojama sluoksnio šilumos laidumo koeficiento reikšmė: $\lambda_{D_7} = 1,3 \frac{W}{m \cdot K}$.

Šilumos konvekcijos poveikio koeficientas: $K_{cv} = 0,05$.

Šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl vidinės šilumos konvekcijos:

$$\Delta\lambda_{cv_6} = \lambda_{D_6} \cdot K_{cv} = 1,3 \cdot 0,05 = 0,065 \frac{W}{m \cdot K}. \quad (2.16)$$

Šilumos laidumo koeficiento pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo konstrukcijoje:

$$\Delta\lambda_w = 0,002 \frac{W}{m \cdot K}.$$

Projektinė sluoksnio šilumos laidumo koeficiento reikšmė:

$$\lambda_{ds_7} = \lambda_{D_7} + \Delta\lambda_{cv_7} + \Delta\lambda_w = 1,3 + 0,065 + 0,002 = 1,367 \frac{W}{m \cdot K}. \quad (2.17)$$

Sluoksnio šiluminė varža:

$$R_7 = \frac{d_7}{\lambda_{ds_7}} = \frac{0,4}{1,367} = 0,2926 \frac{m^2 \cdot K}{W}. \quad (2.18)$$

2.4.8. Atitvaros visuminė šiluminė varža

$$R_t = R_{si} + R_{q_1} + R_2 + R_3 + R_{q_4} + R_5 + R_6 + R_7 + R_{se} = 0,1 + 0,02 + 0,4773 + 7,5377 + 0,04 + 0,0238 + 0,0193 + 0,2926 + 0,04 = 8,5507 \frac{m^2 \cdot K}{W}; \quad (2.19)$$

2.4.9. Šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas

Šilumos perdavimo koeficiento pataisa ΔU_{fn} , $\frac{W}{m^2 \cdot K}$ dėl papildomo šilumos nutekėjimo per metalines jungtis apskaičiuojama [13]:

$$\Delta U_{fn} = \frac{\alpha \cdot \lambda_{fn} \cdot n_{fn} \cdot A_{fn}}{d_{fn}} = \frac{0,6 \cdot 50 \cdot 1 \cdot 1,96 \cdot 10^{-5}}{0,38} = 0,0016 \frac{W}{m^2 \cdot K}. \quad (2.20)$$

čia: α – struktūrinis daugiklis;

λ_{fn} – metalinės jungties šilumos laidumo koeficientas, W/(m·K);

n_{fn} – jungčių skaičius viename m²;

A_{fn} – vienos jungties skerspjūvio plotas, m²;

d_{fn} – skaičiuojamasis jungties ilgis, prilygintas termoizoliacinio sluoksnio storiui, m.

Šilumos perdavimo koeficientas [13]:

$$U = \frac{1}{R_t} + \Delta U_{fn} = \frac{1}{8,5507} + 0,0016 = 0,11855 \frac{W}{m^2 \cdot K}. \quad (2.21)$$

Viešosios paskirties pastato, stogo atitvaros, norminė šilumos perdavimo koeficiento U_N vertė[13]:

$$U_N = 0,11 \cdot \kappa = 0,11 \cdot 1,14 = 0,1254 \frac{W}{m^2 \cdot K}. \quad (2.22)$$

čia: κ – temperatūros pataisa, $\kappa = \frac{20}{\theta_i - \theta_e} = \frac{20}{20 - 2,5} = 1,14$;

θ_i – patalpų vidaus oro temperatūra, $\theta_i = 20^\circ C$;

θ_e – šildymo sezono, Kaune, vidutinė išorės oro temperatūra, $\theta_e = 2,5^\circ C$.

Suprojektuoto stogo denginio konstrukcijos šilumos perdavimo koeficientas yra pakankamas, nes $U = 0,11855 < U_N = 0,1254 \frac{W}{m^2 \cdot K}$.

3. KONSTRUKCINĖ DALIS

3.1. PASTATĄ VEIKIANČIŲ APKROVŲ SKAIČIAVIMAS

3.1.1. Stogo denginio konstrukcijos apkrovos skaičiavimas

3.1 lentelė. Denginio konstrukcijos apkrova

Nr.	Denginio konstrukcijos, sluoksnio pavadinimas	Norminė apkrova q_k , N/m ²
	1	2
1	Prilydoma bituminė stogo danga MIDA FIX TOP PV S5 $m=6,3 \text{ kg/m}^2$	$6,3 \cdot 9,81 = 61,803$
2	Akmens vatos plokštės PAROC ROB 60 $m = \rho \cdot h = 210 \cdot 0,02 = 4,2 \text{ kg/m}^2$	$4,2 \cdot 9,81 = 41,202$
3	Akmens vata PAROC ROS 30 $m = \rho \cdot h = 110 \cdot 0,16 = 17,6 \text{ kg/m}^2$	$17,6 \cdot 9,81 = 172,656$
4	Oro ir garų izoliacija DACH0VA strong $m = 0,185 \text{ kg/m}^2$	$0,185 \cdot 9,81 = 1,815$
5	Išlyginamasis sluoksnis $d=50\text{mm}$ $m = \rho \cdot h = 2500 \cdot 0,05 = 125 \text{ kg/m}^2$	$125 \cdot 9,81 = 1225,625$
6	Nuolydį formuojantis sluoksnis $d=0...40\text{mm}$ $m = \rho \cdot h = 1500 \cdot 0,02 = 30 \text{ kg/m}^2$	$30 \cdot 9,81 = 294,3$
	$\Sigma g_k =$	1797,401

3.1.2. Sniego apkrovos skaičiavimas

Projektuojamas pastatas numatytas statyti Kaune. Šis miestas priskiriamas I sniego apkrovos rajonui, kuriame sniego dangos ant 1 m² horizontaliojo žemės paviršiaus svorio charakteristinė reikšmė $s_k = 1,2 \frac{kN}{m^2}$ [15].

Pastato skaičiuojamieji variantai „A“ ir „B“ priskiriami statiniams su plokščiaisiais stogais, nes stogo nuolydžio kampas $\alpha = 1,25^\circ$, papildoma apkrova dėl parapeto nevertinama, nes $h_p = 0,5 < \frac{s_k}{2} = 0,6$, tačiau dėl to, kad lifto ir laiptinių šachtos išsikiša virš pastato denginio $h = 3,8m$ apkrovos formos koeficientai skaičiuojami kaip pastatui prisišliejusiam prie aukštesnio statinio, tai apkrovos formos koeficientai žemiau esančiai daliai $\mu_1 = 0,8$, o $\mu_2 = \mu_s + \mu_w$.

čia: $\mu_s = 0$ – sniego apkrovos formos koeficientas, atsižvelgiant į sniego slydimą nuo aukštesniojo stogo;

μ_w – sniego apkrovos formos koeficientas, kuriuo atsižvelgiama į vėją

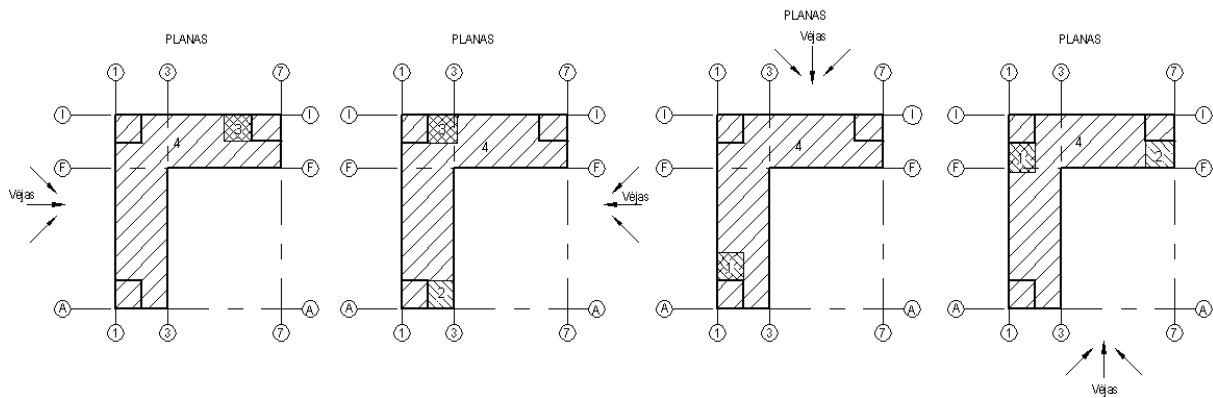
$$\mu_w = \frac{(b_1 + b_2)}{2 \cdot h} \leq \frac{\gamma \cdot h}{s_{k1}} \quad (3.1)$$

čia: b_1 – lifto ir laiptinės šachtos plotis pavėjui;

b_2 – stogo plotis pavėjui

γ – sniego svorinis tankis, kuris lygus $\gamma = 2kN/m^3$

Kadangi lifto ir laiptinių šachtos yra išdėstytos pastato kampuose, tai prie jų susidarys pusnys ir sniego apkrovos formos koeficientai μ_w , kuriais atsižvelgiama į vėją, bus skirtingi dėl to pastato žemiau esanti dalis išskirstoma į keturias sniego apkrovos zonas, trys zonos su sniego maišais ir viena zona be sniego maišų 3.1. pav.



3.1 pav. Sniego apkrovų skaičiuojamosios schemas, stogui

Sniego apkrovos formos koeficientas zonai 1, kur $b_1 = 7,5m$, o $b_2 = 36,5m$:

$$\mu_{w,1} = \mu_{2,1} = \frac{(b_1 + b_2)}{2 \cdot h} = \frac{(7,5 + 36,5)}{2 \cdot 3,8} = 5,8 \leq \frac{\gamma \cdot h}{s_{k1}} = \frac{2 \cdot 3,8}{1,2} = 6,3 > 4 \quad (3.2)$$

$$\mu_{w,1} = \mu_2 = 4$$

Sniego apkrovos formos koeficientas zonai 2, kur $b_1 = 7,0m$, o $b_2 = 7,0m$:

$$\mu_{w,2} = \mu_{2,2} = \frac{(b_1 + b_2)}{2 \cdot h} = \frac{(7,0 + 7,0)}{2 \cdot 3,8} = 1,8 \leq \frac{\gamma \cdot h}{s_{k1}} = \frac{2 \cdot 3,8}{1,2} = 6,3 > 4 \quad (3.3)$$

$$\mu_{w,2} = \mu_{2,2} = 1,8$$

Sniego apkrovos formos koeficientas zonai 3, kur $b_1 = 7,0m$, o $b_2 = 29,5m$:

$$\mu_{w,3} = \mu_{2,3} = \frac{(b_1 + b_2)}{2 \cdot h} = \frac{(7,0 + 29,5)}{2 \cdot 3,8} = 4,7 \leq \frac{\gamma \cdot h}{s_{k1}} = \frac{2 \cdot 3,8}{1,6} = 6,3 > 4 \quad (3.4)$$

$$\mu_{w,3} = \mu_2 = 4$$

Pernešto sniego sąnašos ilgis :

$$5m < l_s = 2 \cdot h = 2 \cdot 3,8 = 7,6m < 15m \quad (3.5)$$

Kadangi 2 zonai pernešto sniego sąnašos ilgis $l_s = 2 \cdot h = 7,6 > b_2 = 7,0m$, tai sniego apkrovos formos koeficientas μ_1 ties stogo galu nustatomas interpoliuojant ir lygus:

$$\mu_{1,2} = 0,89$$

Sniego apkrovos į horizontaliąją projekciją 1 ir 3 zonoms dydis nustatomas pagal šią formulę:

$$s_{1-3} = (\mu_{2...}\mu_1) \cdot s_k \cdot C_e \cdot C_t = (4...0,8) \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 4,8...0,96 \frac{kN}{m^2} \quad (3.6)$$

Sniego apkrovos į horizontaliąją projekciją 2 zonai dydis nustatomas pagal šią formulę:

$$s_2 = (\mu_{2,2...}\mu_{1,2}) \cdot s_k \cdot C_e \cdot C_t = (1,8...0,89) \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 2,16...1,07 \frac{kN}{m^2} \quad (3.7)$$

Sniego apkrovos į horizontaliąją projekciją 4 zonai dydis nustatomas pagal šią formulę:

$$s_4 = \mu_1 \cdot s_k \cdot C_e \cdot C_t = 0,8 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 0,96 \frac{kN}{m^2} \quad (3.8)$$

čia: C_e – atodangos koeficientas, kurio reikšmė paprastai imama 1,0;

C_t – terminis koeficientas, kurio reikšmė paprastai imama 1,0.

3.1.3. Vėjo apkrovos skaičiavimas

Pastatas statomas Kauno mieste, vietovės kategorija III (1 procedūra), vėjo greičio rajonas I. Pastato aukštis 43,8 m. Svarbiausioji pagrindinio vėjo greičio reikšmė $v_{b,0} = 24m/s$.

Pastato fasadas A-A ašyje yra orientuotas į pietvakarius tada krypties koeficientai:

$$c_{DIR,240^0} = 0,98, \quad c_{DIR,60^0} = 0,83, \quad c_{DIR,330^0} = 0,88, \quad c_{DIR,150^0} = 0,86$$

Apskaičiuojamas vidutinis ataskaitinis vėjo greitis[15]:

$$v_{b,240^0} = c_{season} \cdot c_{DIR,240^0} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 0,98 \cdot 1 \cdot 24 = 23,52m/s; \quad (3.9)$$

$$v_{b,60^0} = c_{season} \cdot c_{DIR,60^0} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,83 \cdot 24 = 19,92m/s; \quad (3.10)$$

$$v_{b,330^0} = c_{season} \cdot c_{DIR,330^0} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,88 \cdot 24 = 21,12m/s; \quad (3.11)$$

$$v_{b,150^0} = c_{season} \cdot c_{DIR,150^0} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,86 \cdot 24 = 20,6m/s; \quad (3.12)$$

Čia: c_{season} – laikotarpio (sezono) koeficientas, lygus 1,0;

Apskaičiuojamas ataskaitinis vėjo slėgis:

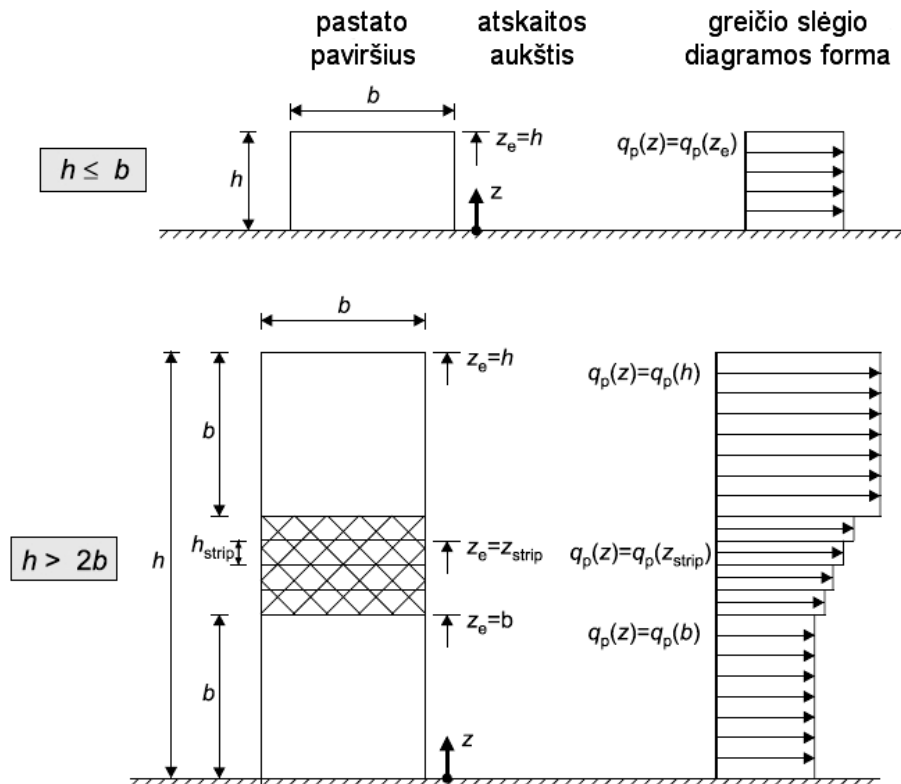
$$q_{p,240^0} = \frac{\rho}{2} \cdot v_{b,240^0}^2 = \frac{1,25}{2} \cdot 23,52^2 = 0,346 \frac{kN}{m^2}. \quad (3.13)$$

$$q_{p,60^0} = \frac{\rho}{2} \cdot v_{b,60^0}^2 = \frac{1,25}{2} \cdot 19,92^2 = 0,248 \frac{kN}{m^2}. \quad (3.14)$$

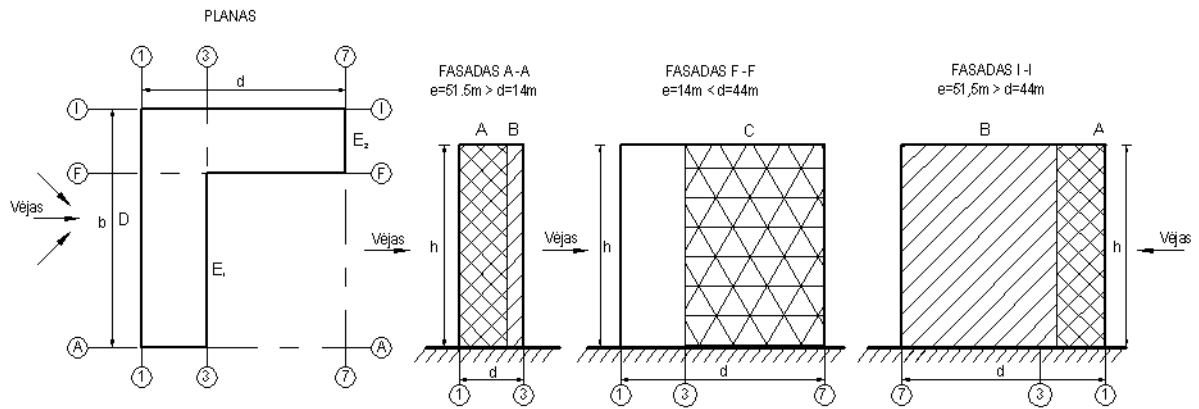
$$q_{p,330^0} = \frac{\rho}{2} \cdot v_{b,330^0}^2 = \frac{1,25}{2} \cdot 21,12^2 = 0,279 \frac{kN}{m^2}. \quad (3.15)$$

$$q_{p,150^0} = \frac{\rho}{2} \cdot v_{b,150^0}^2 = \frac{1,25}{2} \cdot 20,6^2 = 0,265 \frac{kN}{m^2}. \quad (3.16)$$

Kadangi pastato forma yra netaisyklinga, tai skaičiuojant vėjo slėgį, veikiančią išorinius paviršius, konservatyviai priimame, kad pastato forma yra stačiakampis **A**, kurio ilgis $b=51,5$ m, o plotis $d=14$ m, vėjui veikiant statmenai A-A ašiai ir stačiakampis **B**, kurio ilgis $b=44$ m, o plotis $d=14$ m, vėjui veikiant statmenai 1-1 ašiai. Abiem atvejais naudojama viena iš pateiktų pav. 3.2. greičio slėgio diagramos formų.



3.2 pav. Atskaitos aukštis z_e , atsižvelgiant į h ir b , ir atitinkama greičio slėgio diagramos forma



3.3 pav. Vėjo slėgio skaičiuojamoji schema, vėjui veikiant 240° kampū

Apskaičiuojamas priešvėjinis išorinis vėjo slėgis pastato sienai, kuri yra ašyje 1, kai $h = 43,8 < b = 51,5m$:

$$w_{e,240^{\circ},h} = q_{p,240^{\circ}} \cdot c_e(h) \cdot c_{pe,10} = 0,346 \cdot 2,8 \cdot 0,8 = 0,775 \frac{kN}{m^2}. \quad (3.17)$$

čia: $c_e(h)$ – ekspozicijos koeficientas įvertinantis vėjo slėgio pokytį pagal aukštį $c_e(43,8) = 2,8$;

$c_{pe,10}$ – išorinio slėgio koeficientas, kai $h/d = 43,8/14 = 3,13$ $c_{pe,10} = +0,8$.

Apskaičiuojamas pavėjinis išorinis vėjo slėgis pastato sienai, kuri yra ašyje 3, kai $h = 43,8 < b = 51,5m$:

$$w_{-e,240^{\circ},h} = q_{p,240^{\circ}} \cdot c_e(h) \cdot c_{pe,10} = 0,346 \cdot 2,8 \cdot (-0,61) = -0,588 \frac{kN}{m^2}. \quad (3.18)$$

$c_{pe,10}$ – išorinio pavėjinio slėgio koeficientas, kai $h/d = 43,8/14 = 3,13$ gaunamas tiesinės interpoliacijos būdu ir yra lygus : $c_{pe,10} = \frac{-0,7 + 0,5}{5 - 1} \cdot (3,13 - 1) - 0,5 = -0,61$.

Kadangi siena, kuri yra 7 ašyje yra daug trumpesnė už sieną 1 ašyje ir yra nutolusi per 44 m nuo jos, apkrovai išorinį vėjo slėgį į ją skaičiuosiu pagal stačiakampio B duomenis kai $h = 43,8 > 2 \cdot b = 2 \cdot 14 = 28m$.

Apskaičiuojamas pavėjinis išorinis vėjo slėgis pastato sienos, esančios ašyje 7, daliai iki 14m:

$$w_{-e,240^0,b} = q_{p,240^0} \cdot c_e(b) \cdot c_{pe,10} = 0,346 \cdot 1,95 \cdot (-0,5) = -0,338 \frac{kN}{m^2}. \quad (3.19)$$

čia : $c_e(b)$ – ekspozicijos koeficientas įvertinantis vėjo slėgio pokytį pagal aukštį $c_e(14) = 1,95$;

$c_{pe,10}$ – išorinio slėgio koeficientas, kai $h/d = 43,8/14 = 3,13$ $c_{pe,10} = +0,8$.

Apskaičiuojamas pavėjinis išorinis vėjo slėgis pastato sienos, esančios ašyje 7, daliai 14 m nuo pastato viršaus :

$$w_{-e,240^0,h} = q_{p,240^0} \cdot c_e(h) \cdot c_{pe,10} = 0,346 \cdot 2,8 \cdot (-0,5) = -0,484 \frac{kN}{m^2}. \quad (3.20)$$

čia : $c_e(h)$ – ekspozicijos koeficientas įvertinantis vėjo slėgio pokytį pagal aukštį $c_e(43,8) = 2,8$;

Vidurinį ruožą išskirstome į keturias lygias dalis, kurios vienos aukštis lygus :

$$h_{strip} = \frac{h - 2 \cdot b}{4} = \frac{43,8 - 2 \cdot 14}{4} = 3,95m \quad (3.21)$$

Apskaičiuojamas pavėjinis išorinis vėjo slėgis pastato sienos, esančios ašyje 7, daliai tarp $b = 14m$ ir $b + h_{strip} = 14 + 3,95 = 17,95m$:

$$w_{-e,240^0,b+h_{strip}} = q_{p,240^0} \cdot c_e(b + h_{strip}) \cdot c_{pe,10} = 0,346 \cdot 2,1 \cdot (-0,5) = -0,363 \frac{kN}{m^2}. \quad (3.22)$$

čia : $c_e(b + h_{strip})$ – ekspozicijos koeficientas įvertinantis vėjo slėgio pokytį pagal aukštį $c_e(17,95) = 2,1$;

Apskaičiuojamas pavėjinis išorinis vėjo slėgis pastato sienos, esančios ašyje 7, daliai tarp $b + h_{strip} = 17,95m$ ir $b + 2 \cdot h_{strip} = 14 + 2 \cdot 3,95 = 21,9m$:

$$w_{-e,240^0,b+2 \cdot h_{strip}} = q_{p,240^0} \cdot c_e(b + 2 \cdot h_{strip}) \cdot c_{pe,10} = 0,346 \cdot 2,3 \cdot (-0,5) = -0,398 \frac{kN}{m^2}. \quad (3.23)$$

čia : $c_e(b + 2 \cdot h_{strip})$ – ekspozicijos koeficientas įvertinantis vėjo slėgio pokytį pagal aukštį $c_e(21,9) = 2,3$;

Apskaičiuojamas pavėjinis išorinis vėjo slėgis pastato sienos, esančios ašyje 7, daliai tarp $b + 2 \cdot h_{strip} = 21,9m$ ir $b + 3 \cdot h_{strip} = 14 + 3 \cdot 3,95 = 25,85m$:

$$w_{-e,240^0,b+3\cdot h_{strip}} = q_{p,240^0} \cdot c_e(b+3\cdot h_{strip}) \cdot c_{pe,10} = 0,346 \cdot 2,4 \cdot (-0,5) = -0,415 \frac{kN}{m^2}. \quad (3.24)$$

čia : $c_e(b+3\cdot h_{strip})$ – ekspozicijos koeficientas įvertinantis vėjo slėgio pokytį pagal aukštį $c_e(25,85) = 2,4$;

Apskaičiuojamas pavėjinis išorinis vėjo slėgis pastato sienos, esančios ašyje 7, daliai tarp $b+3\cdot h_{strip} = 25,85m$ ir $b+4\cdot h_{strip} = 14+4\cdot 3,95 = 29,8m$:

$$w_{-e,240^0,b+4\cdot h_{strip}} = q_{p,240^0} \cdot c_e(b+4\cdot h_{strip}) \cdot c_{pe,10} = 0,346 \cdot 2,5 \cdot (-0,5) = -0,433 \frac{kN}{m^2}. \quad (3.25)$$

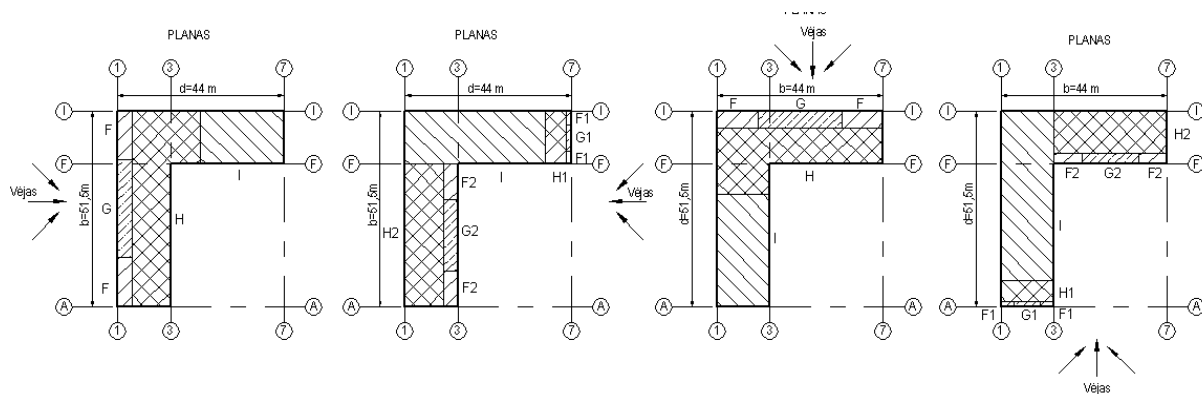
čia : $c_e(b+4\cdot h_{strip})$ – ekspozicijos koeficientas įvertinantis vėjo slėgio pokytį pagal aukštį $c_e(29,8) = 2,5$;

Analogiškai apskaičiuojami likę pavėjiniai ir priešvėjiniai vėjo slėgiai, gauti rezultatai pateikiami 3.2 lentelėje.

3.2 lentelė. Fasadą veikiančios vėjo apkrovos

Vėjo kryptis	Fasadas (zona)	$q_p, \frac{kN}{m^2}$	$c_{pe,10}$	b, m	d, m	$W_{me}, kN/m^2, kai z \leq 14 m$	$W_{me}, kN/m^2, kai 14 < z \leq 17,95 m$	$W_{me}, kN/m^2, kai 17,95 < z \leq 21,9 m$	$W_{me}, kN/m^2, kai 21,9 < z \leq 25,85 m$	$W_{me}, kN/m^2, kai 25,85 < z \leq 29,8 m$	$W_{me}, kN/m^2, kai 29,8 < z \leq 43,8 m$
240°	1-1(D)	0,346	+0,8	51,5	14	+0,775					
	3-3(E ₁)		-0,61	51,5	14	-0,588					
	7-7(E ₂)		-0,5	14	44	-0,338	-0,363	-0,398	-0,415	-0,433	-0,484
	A-A(A)		-1,2	51,5	14	-1,163					
	A-A(B)		-0,8	51,5	14	-0,775					
	F-F(C)		-0,5	14	44	-0,338	-0,363	-0,398	-0,415	-0,433	-0,484
	I-I(A)		-1,2	51,5	44	-1,163					
	I-I(B)		-0,8	51,5	44	-0,775					
60°	1-1(E)	0,248	-0,61	51,5	14	-0,424					
	3-3(D ₁)		+0,8	51,5	14	+0,556					
	7-7(D ₂)		+0,8	14	44	+0,387	+0,417	+0,456	+0,476	+0,496	+0,556
	A-A(A)		-1,2	51,5	14	-0,833					
	A-A(B)		-0,8	51,5	14	-0,556					
	F-F(A)		-1,2	14	44	-0,581	-0,623	-0,684	-0,714	-0,744	-0,834
	F-F(B)		-0,8	14	44	-0,387	-0,417	-0,456	-0,476	-0,496	-0,556
	F-F(C)		-0,5	14	44	-0,242	-0,261	-0,285	-0,298	-0,310	-0,348
	I-I(A)		-1,2	14	44	-0,581	-0,623	-0,684	-0,714	-0,744	-0,834
	I-I(B)		-0,8	14	44	-0,387	-0,417	-0,456	-0,476	-0,496	-0,556
I-I(C)	-0,5	14	44	-0,242	-0,261	-0,285	-0,298	-0,310	-0,348		
330°	1-1(A)	0,279	-1,2	44	51,5	-0,937					
	1-1(B)		-0,8	44	51,5	-0,625					
	3-3(C)		-0,5	14	51,5	-0,272	-0,293	-0,321	-0,335	-0,349	-0,391
	7-7(A)		-1,2	44	14	-0,937					
	7-7(B)		-0,8	44	14	-0,625					
	A-A(E ₂)		-0,46	14	51,5	-0,250	-0,270	-0,295	-0,308	-0,321	-0,360
	F-F(E ₁)		-0,61	44	14	-0,476					
	I-I(D)		+0,8	44	14	+0,625					
150°	1-1(A)	0,265	-1,2	14	51,5	-0,620	-0,668	-0,732	-0,752	-0,795	-0,890
	1-1(B)		-0,8	14	51,5	-0,413	-0,445	-0,488	-0,501	-0,530	-0,594
	1-1(C)		-0,5	14	51,5	-0,258	-0,278	-0,305	-0,313	-0,331	-0,371
	3-3(A)		-1,2	14	51,5	-0,620	-0,668	-0,732	-0,752	-0,795	-0,890
	3-3(B)		-0,8	14	51,5	-0,413	-0,445	-0,488	-0,501	-0,530	-0,594
	3-3(C)		-0,5	14	51,5	-0,258	-0,278	-0,305	-0,313	-0,331	-0,371
	7-7(A)		-1,2	44	14	-0,890					
	7-7(B)		-0,8	44	14	-0,594					
	1-1(D ₁)		+0,8	14	51,5	+0,413	+0,445	+0,488	+0,501	+0,530	+0,594
	6-6(D ₂)		+0,8	44	14	+0,594					
	9-9(E)		-0,61	44	14	-0,453					

Pastato stogas yra priskiriamas plokštiesiems stogams, nors pastatas ir turi parapetą, tačiau santykis $h_p/h = 0,5/43,3 = 0,01 < 0,025$, todėl konservatyviai plokščiųjų stogų išorinio slėgio koeficientai imami, kaip stogams su aštriomis atbrailomis. Kadangi pastatas yra netaisyklingos formos, tai kiekvienai vėjo kryptčiai yra sudaromos, 3.4. pav., skaičiavimų rezultatai pateikiami 3.3. lent.



3.4 pav. Vėjo slėgio skaičiuojamosios schemas, stogui

3.3 lentelė. Stogą veikiančios vėjo apkrovos

Vėjo krypttis	Zona	$q_p, \frac{kN}{m^2}$	$c_{pe,10}$	Zonos ilgis, m	Zonos plotis, m	$W_{me}, kN/m^2$
240°	F	0,346	-1,8	12,875	3,750	-1,744
	G		-1,2	25,750	3,750	-1,163
	H		-0,7	51,500	18,250	-0,678
	I-		-0,2	22,000	14,000	-0,194
	I+		+0,2	22,000	14,000	+0,194
60°	F ₁	0,248	-1,8	3,500	1,400	-1,250
	F ₂		-1,8	9,375	3,750	-1,250
	G ₁		-1,2	7,000	1,400	-0,833
	G ₂		-1,2	18,750	3,750	-0,833
	H ₁		-0,7	14,00	5,600	-0,486
	H ₂		-0,7	18,750	10,250	-0,486
	I-		-0,2	37,000	14,000	-0,139
	I+		+0,2	37,000	14,000	+0,139
330°	F	0,279	-1,8	11,000	4,400	-1,406
	G		-1,2	22,000	4,400	-0,937
	H		-0,7	44,000	17,600	-0,547
	I-		-0,2	29,500	14,000	-0,156
	I+		+0,2	29,500	14,000	+0,156
150°	F ₁	0,265	-1,8	3,500	1,400	-1,336
	F ₂		-1,8	7,500	3,000	-1,336
	G ₁		-1,2	7,000	1,400	-0,890
	G ₂		-1,2	15,000	3,000	-0,890
	H ₁		-0,7	14,000	5,600	-0,519
	H ₂		-0,7	30,000	11,000	-0,519
	I-		-0,2	44,500	14,000	-0,148
	I+		+0,2	44,500	14,000	+0,148

3.1.4. Fasado sienos apkrovos skaičiavimas

Kadangi stiklinio fasado su dvigubu stiklo paketu svoris konservatyviai skaičiuojant yra 35 kg/m^2 , tai charakteristinė stiklinio fasado apkrova į kvadratinį metrą:

$$g_w = \frac{35 \cdot 9,81}{1000} = 0,343 \frac{kN}{m^2}.$$

3.1.5. Grindų apkrovos skaičiavimas

Kadangi pakeliamų grindų sistemos naudojant 42 mm storio kalcio sulfato plokštę bei kiliminę dangą konservatyviai skaičiuojant svoris yra 100 kg/m^2 , tai charakteristinė grindų apkrova į kvadratinį metrą:

$$g_F = \frac{100 \cdot 9,81}{1000} = 0,981 \frac{kN}{m^2}.$$

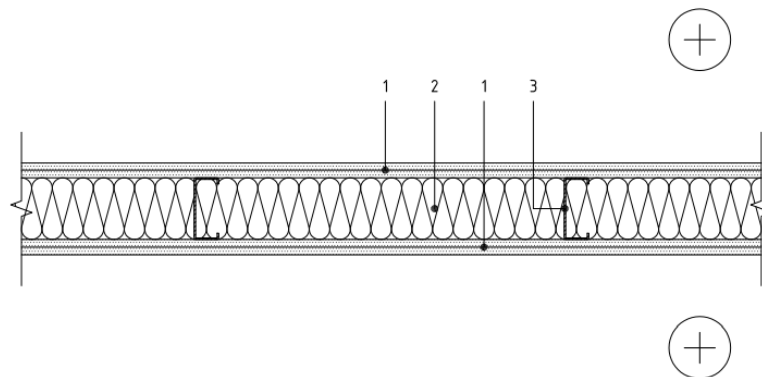
3.1.6. Lubų bei komunikacijų apkrovos skaičiavimas

Kadangi tarpas tarp lubų ir aukščiau esančios perdangos bus išnaudojamas vėdinimo, šildymo, apšvietimo ir t.t. sistemoms išvedžioti priimame jų svorį 80 kg/m^2 , tai charakteristinė lubų apkrova į kvadratinį metrą:

$$g_c = \frac{80 \cdot 9,81}{1000} = 0,785 \frac{kN}{m^2}.$$

3.1.7. Pertvarų apkrovos skaičiavimas

Pertvaroms naudojama sistema susideda iš 2vnt. 25mm storio gipso plokščių (1), 100 mm storio akmens vatos sluoksnio (2), bei C100 t=3mm profilių (3), kurie išdėstomi kas 600 mm ir kurių svoris 4,97 kg/m. Pertvaros aukštis nuo grindų iki lubų yra 3 m.



3.5 pav. Pertvaros konstrukcijos schema

3.4 lentelė. Pertvaros konstrukcijos apkrova

Nr.	Pertvaros konstrukcijos, sluoksnio pavadinimas	Norminė apkrova q_k , kN/m
	1	2
1	Gipso kartono plokštės $m = \rho \cdot h \cdot b = 850 \cdot 3 \cdot 0,05 = 127,5 \text{ kg/m}$	$\frac{127,5 \cdot 9,81}{1000} = 1,25$
2	Akmens vatos plokštės PAROC EXTRA $m = \rho \cdot h \cdot b = 40 \cdot 3 \cdot 0,1 = 12 \text{ kg/m}$	$\frac{12 \cdot 9,81}{1000} = 0,12$
3	C profiliai $m = 2 \cdot 4,97 \cdot 3 = 29,82$	$\frac{29,82 \cdot 9,81}{1000} = 0,29$
	$\Sigma g_{k,w} =$	1,66

Kadangi pertvarų padėtis nėra žinoma ir charakteristinė apkrova yra mažesnė negu 2kN/m, tai priimame, kad pertvarų išskirstytoji apkrova perdangoms yra $q_w = 0,8 \frac{kN}{m^2}$.

3.1.8. Naudojimo apkrovos skaičiavimas

Kadangi pastatas yra priskiriamas įstaigų plotams, tai naudojimo apkrova perdangoms priskiriama B apkrautųjų plotų kategorijai ir yra lygi:

$$q_k = 2 \frac{kN}{m^2}$$

$$Q_k = 4,5 kN$$

3.1.9. Perdangos plokštės apkrovos skaičiavimas

Perdangos plokštės yra veikiamos nuolatinių bei naudojimo apkrovų ir yra parenkamos pagal suminę skaičiuotinės apkrovos reikšmę p_d , kuri yra lygi:

$$p_d = g_F + g_C + q_w \cdot \gamma_Q + q_k \cdot \gamma_Q = 1,32 + 1,06 + 0,8 \cdot 1,5 + 2 \cdot 1,5 = 6,58 \frac{kN}{m^2} \quad (3.26)$$

Pagal skaičiuotinę apkrovą p_d , iš lentelių parenkamos L=14 m, HCS 400 kiaurymėtos perdangos plokštės su pastiprintu armavimu, kurių svoris 532 kg/m², tada charakteristinė perdangos plokščių apkrova yra lygi:

$$g_s = \frac{532 \cdot 9,81}{1000} = 5,22 \frac{kN}{m^2}$$

3.1.10. Kompozitinės perdangos plokštės apkrovos skaičiavimas

Kompozitinės perdangos plokštės apkrova susideda iš profiliuotos skardos pakloto, kurio svoris $10,5 \text{ kg/m}^2$ ir lengvojo LC30/33 betono, kurio svoris yra $19,5 \text{ kN/m}^3$ ir kurio tūris 1 m^2 , kai perdangos aukštis yra 160 mm , yra $0,129 \text{ m}^3$. Tada kompozitinės perdangos plokštės charakteristinė apkrova lygi:

$$g_{comp} = \frac{10,5 \cdot 9,81}{1000} + 0,129 \cdot 19,5 = 2,62 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}.$$

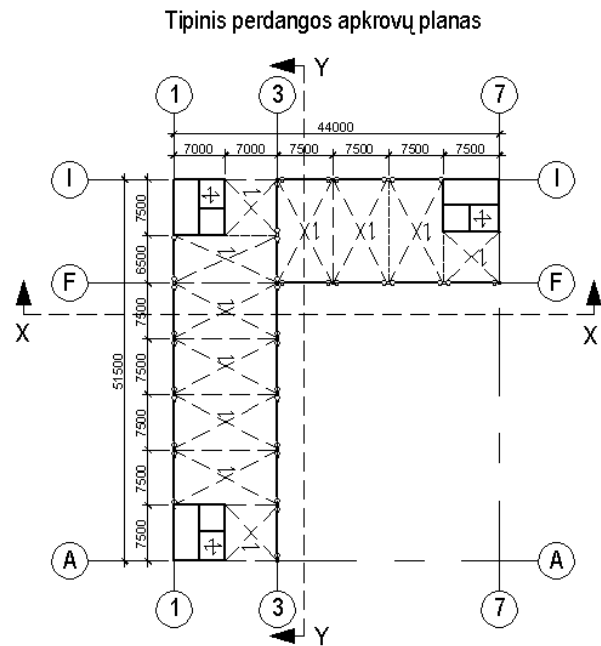
3.2. VARIANTINĖS SKAIČIUOJAMOSIOS SCHEMOS

Magistriniame darbe nagrinėjamos dvi skaičiuojamosios schemos. Pirmąją skaičiuojamąją schemą sudaro, plieninės kvadratinio skerspjūvio kolonos, standūs branduoliai, WQ skerspjūvio sijos ir besvoriai tik ašinės jėgas perimantys ryšiai, kurių pagalba yra sumodeliuojamas standus diskas. Antrąją skaičiuojamąją schemą sudaro, plieninės kvadratinio skerspjūvio kolonos, standūs branduoliai, pagrindinės ir šalutinės IPE skerspjūvio sijos ir kompozitinės plokštės diskas. Abiem atvejais kolonos prie pamatų tvirtinamos šarnyriškai.

Dėl skaičiuojamųjų schemų sudėtingumo, įrašos į tiesinį metrą skaičiuojamos tik sijų skerspjūviams nustatyti ir yra pateikiamos jų skaičiavimo dalyse. Iš skaičiuojamųjų schemų įrašos imamos tik kolonų skerspjūviams nustatyti.

3.5 lentelė. Karkaso su surenkama perdanga
tipinio aukšto apkrovos

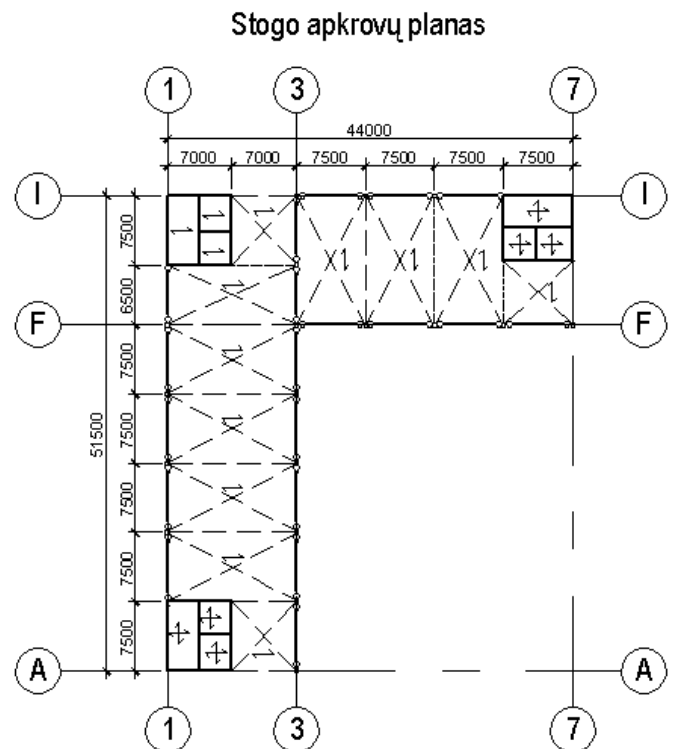
	Apkrovos pavadinimas	$\frac{kN}{m^2}$
Nuolatinės	Grindys	0,981
	Perdangos plokštės	5,219
	Lubos	0,785
$\Sigma g_k =$		6,985
Kintamosios	Naudojimo apkrova	2
	Pertvarų apkrova	0,8
$\Sigma q_k =$		2,8



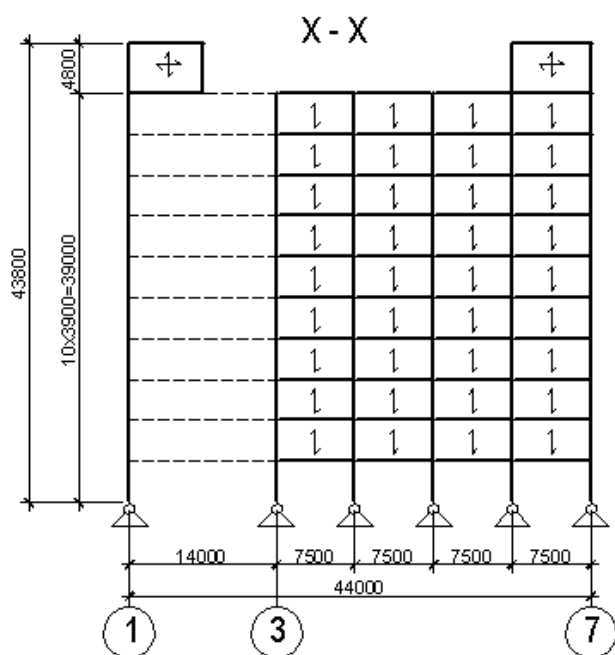
3.6 pav. Karkaso su surenkama perdanga apkrovų planas
tipiniui aukštui

3.6 lentelė. Karkaso su surenkama perdanga
apkrovos

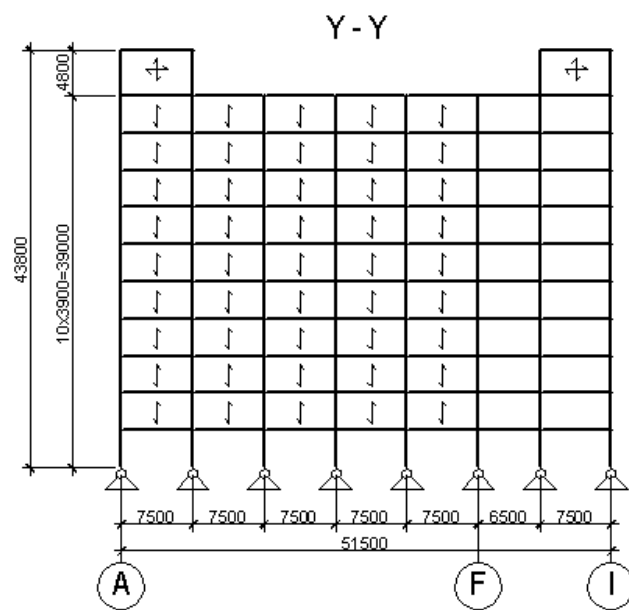
	Apkrovos pavadinimas	$\frac{kN}{m^2}$
Nuolatinės	Stogo danga	1,797
	Perdangos plokštės	5,219
	Lubos	0,785
$\Sigma g_k =$		7,801
Vėjo	3.3 lentelė	
Sniego	3.2 skyrius	



3.7 pav. Karkaso su surenkama perdanga stogo apkrovų planas



3.8 pav. Karkaso su surenkama perdanga skaičiuojamoji schema pjūvyje X-X



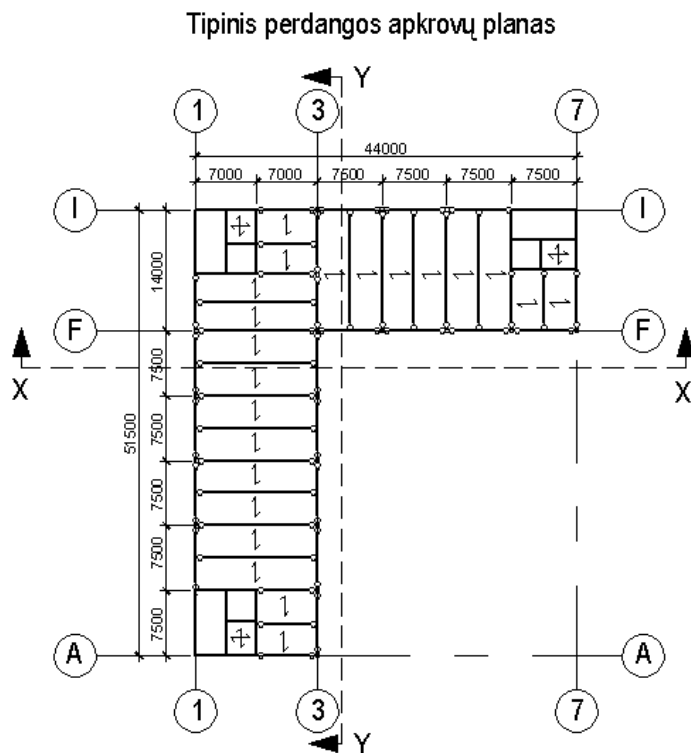
3.9 pav. Karkaso su surenkama perdanga skaičiuojamoji schema pjūvyje Y-Y

3.7 lentelė. Karkaso su surenkama perdanga apkrovos fasadui

	Apkrovos pavadinimas	$\frac{kN}{m^2}$
Nuolatinės	Fasado siena	0,343
$\Sigma g_k =$		0,343
Vėjo	3.2 lentelė	

3.8 lentelė. Karkaso su kompozitine perdanga tipinio aukšto apkrovos

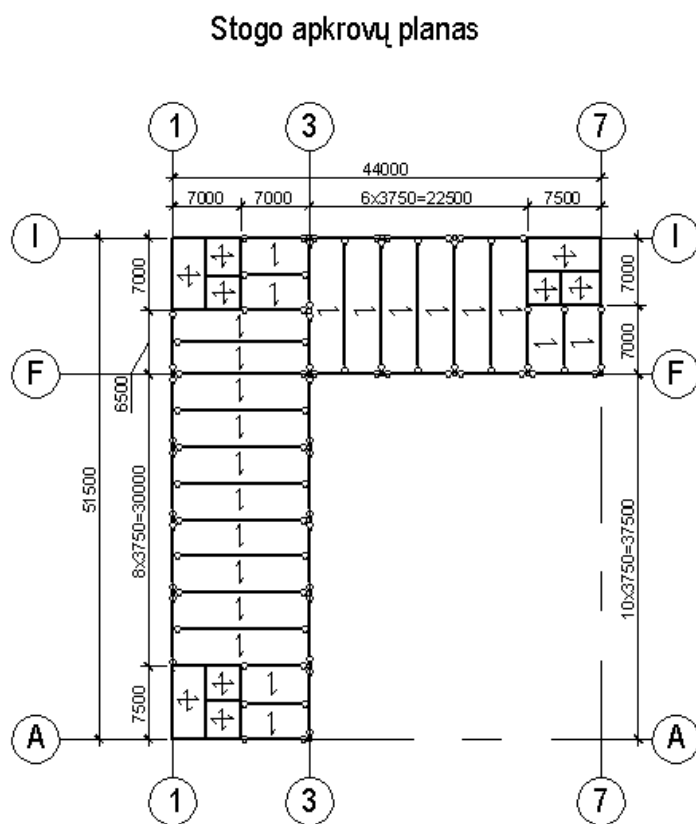
	Apkrovos pavadinimas	$\frac{kN}{m^2}$
Nuolatinės	Grindys	0,981
	Kompozitinė perdanga	2,62
	Lubos	0,785
$\Sigma g_k =$		4,386
Kintamosios	Naudojimo apkrova	2
	Pertvarų apkrova	0,8
$\Sigma q_k =$		2,8



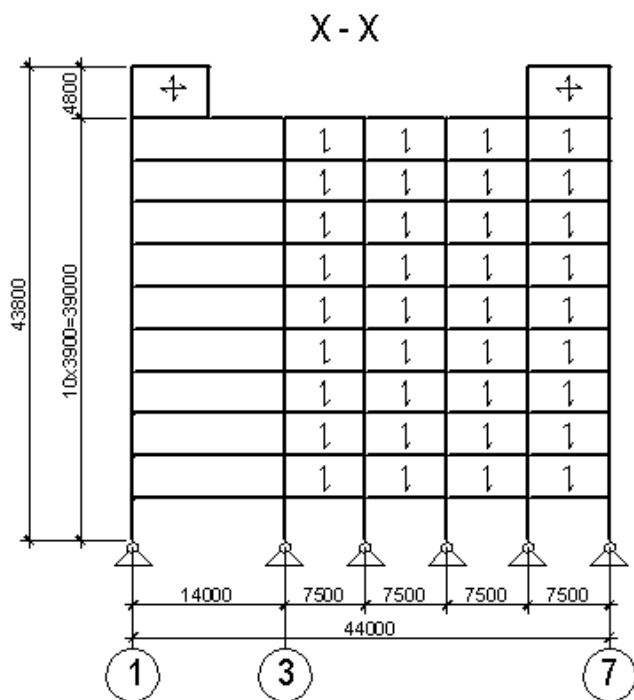
3.10. pav. Karkaso su kompozitine perdanga apkrovų planas tipiniui aukštui

3.9 lentelė. Karkaso su kompozitine perdanga stogo apkrovos

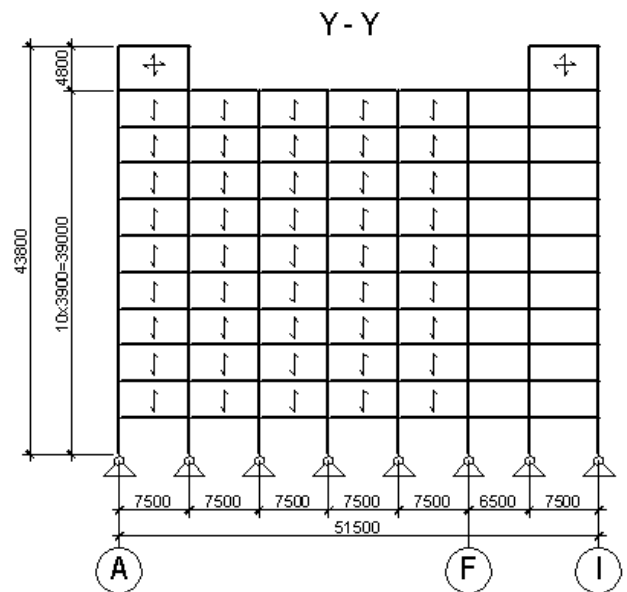
	Apkrovos pavadinimas	$\frac{kN}{m^2}$
Nuolatinės	Stogo danga	1,797
	Kompozitinė perdanga	2,62
	Lubos	0,785
$\Sigma g_k =$		=5,202
Vėjo	3.3 lentelė	
Sniego	3.2 skyrius	



3.11 pav. Karkaso su kompozitine perdanga apkrovų planas stogui



3.12 pav. Karkaso su kompozitine perdanga skaičiuojamoji schema pjūvyje X-X



3.13 pav. Karkaso su kompozitine perdanga skaičiuojamoji schema pjūvyje Y-Y

3.10 lentelė. Antro varianto apkrovos fasadui

	Apkrovos pavadinimas	$\frac{kN}{m^2}$
Nuolatinės	Fasado siena	0,343
$\Sigma g_k =$		0,343
Vėjo	2.2 lentelė	

Rėmų elementų įrašas gaunu suvedęs skaičiuojamąsias schemas į programą SCIA Engineer. Programoje nurodau, kad elementų įrašas skaičiuotų pagal derinius, kurių išraiškos pateiktos žemiau.

Apskaičiuojant pagal tinkamumo ribinį būvį:

charakteringasis apkrovų derinys:

$$\Sigma G_{k,j} + P + Q_{k,l} + \Sigma \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}, \quad (3.27)$$

dažninis apkrovų derinys:

$$\Sigma G_{k,j} + P + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} ; \quad (3.28)$$

tariamai nuolatinis apkrovų derinys:

$$\Sigma G_{k,j} + P + \Sigma \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} . \quad (3.29)$$

Apskaičiuojant pagal saugos ribinį būvį:

pagrindinis apkrovų derinys laikomajai galiai skaičiuoti:

$$\Sigma \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} , \quad (3.30)$$

Čia: γ_G - dalinis nuolatinių poveikių koeficientas, pagal LST EN 1990:2004 A.1.2(B) lentelę,

$\gamma_G = 1,35$;

γ_Q - kintamųjų poveikių dalinis koeficientas, pagal nacionalinius priedus, $\gamma_Q = 1,30$;

γ_P - išankstinio įtempimo dalinis koeficientas, pagal LST EN 1990:2004 A.1.2(B) lentelę, $\gamma_P = 1,0 - 1,2$;

ψ_0 - derinio koeficientas, pagal LST EN 1990:2004 NA.1 lentelės. Sniego apkrovai - $\psi_0 = 0,7$, vėjo apkrovai - $\psi_0 = 0,6$, naudojimo apkrovai $\psi_0 = 0,7$;

ψ_1 - derinio koeficientas, pagal LST EN 1990:2004 NA.1 lentelės. Sniego apkrovai - $\psi_1 = 0,5$, vėjo apkrovai - $\psi_1 = 0,2$;

ψ_2 - derinio koeficientas, pagal LST EN 1990:2004 NA.1 lentelės. Sniego apkrovai - $\psi_2 = 0,2$, vėjo apkrovai - $\psi_2 = 0$.

Įrašas pateikiu kolonų skaičiavimuose.

3.3. WQ SKERSPJŪVIO SIJOS SKAIČIAVIMAS

WQ skerspjūvio sija yra skaičiuojama kaip dviatramė 7,04m ilgio sija. Sija perima perdangos nuolatinės ir laikinąsias bei fasado sienos apkrovas, į vėjo apkrovas šiame skaičiavime neatsižvelgiama.

3.11 lentelė. WQ sija veikiančios apkrovos

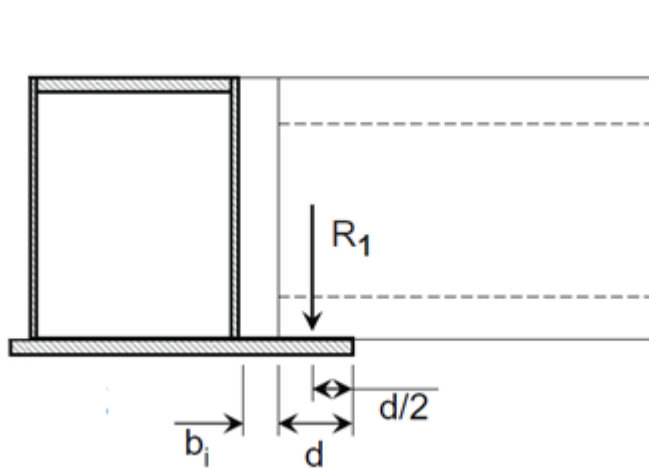
Nr.	Apkrovos pavadinimas	Norminė apkrova q_k , kN/m	Patikimumo koeficientas	Skaičiuotinė apkrova q_d , kN/m
	1	2	3	4
1	Grindų apkrova $0,981 \cdot 7 = 6,867$	6,867	$\gamma_G = 1,35$	9,271
2	Lubų apkrova $0,785 \cdot 7 = 5,495$	5,495	$\gamma_G = 1,35$	7,418
3	Perdangos plokštės apkrova $5,219 \cdot 7 = 36,533$	36,533	$\gamma_G = 1,35$	49,320
4	Fasado sienų apkrova $0,343 \cdot 3,95 = 1,355$	1,355	$\gamma_G = 1,35$	1,829
$\Sigma q_k =$		50,25	$\Sigma q_d =$	67,838
5	Naudojimo apkrova $2 \cdot 7 = 14$	14	$\gamma_Q = 1,3$	21
6	Pertvarų apkrova $0,8 \cdot 7 = 5,6$	5,6	$\gamma_Q = 1,3$	8,4
$\Sigma q_k =$		19,6	$\Sigma q_d =$	29,4
$q_{d,SLS} =$		69,85	$q_{d,ULS} =$	97,24

3.12 lentelė. WQ sijos skerspjūvio charakteristikos

Skerspjūvio nominalusis aukštis	$h_{nom} = 400$ mm
Skerspjūvio aukštis	$h = 415$ mm
Skerspjūvio viršutinės lentynos plotis	$b = 260$ mm
Sienutės storis	$t_w = 5$ mm
Viršutinės juostos storis	$t_{f1} = 20$ mm
Viršutinės juostos plotis	$b_{f1} = 250$ mm
Apatinės juostos storis	$t_{f2} = 15$ mm
Apatinės juostos plotis	$b_{f2} = 470$ mm
Plieno stipris pagal takumo ribą	$f_y = 355$ N/mm ²
Dalinis bet kurios klasės skerspjūvių laikomosios galios koeficientas	$\gamma_{M0} = 1,0$

Perdangos plokštė ant apatinės sijos juostos atremiama $d = 100$ mm, todėl susidarantis ekscentricitetas :

$$e = b_i + (d/2) = 50 + 100/2 = 100 \text{ mm} \quad (3.31)$$



3.14 pav. Principinė sijos atrėmimo schema

Momentas nuo skaičiuotinės apkrovos aplink y-y ašį:

$$M_{y,Ed} = \frac{q_{d,ULS} \cdot L^2}{8} = \frac{97,24 \cdot 7,04^2}{8} = 683,7 \text{ kNm} \quad (3.32)$$

Momentas apatinėje juostoje nuo ekscentriciteto:

$$M_{f2,Ed} = q_{d,ULS} \cdot e = 97,24 \cdot 0,1 = 9,7 \text{ kNm} \quad (3.33)$$

Plastinis apatinės juostos atsparumo momentas:

$$W_{f2,pl} = 1000 \cdot \frac{t_{f2}^2}{4} = 1000 \cdot \frac{15^2}{4} = 56250 \text{ mm}^3 / \text{m} \quad (3.34)$$

Skaičiuotinė apatinės juostos plastinė lenkiamoji galia:

$$M_{f2,pl,Rd} = \frac{W_{f2,pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{56250 \cdot 355}{1,0} = 19,97 \text{ kNm/m} \quad (3.35)$$

Tikrinama stiprumo sąlyga:

$$\frac{M_{f2,Ed}}{M_{f2,pl,Rd}} = \frac{9,7}{19,97} = 0,486 < 0,5 \quad (3.36)$$

Sąlyga tenkinama, plieno takumo riba neturi būti mažinama dėl lenkimo momento juostoje.

3.3.1. Skerspjūvio klasės tikrinimas

Viršutinės juostos skerspjūvio klasės tikrinimas:

$$\frac{b_{f1}}{t_{f1}} = \frac{260}{20} = 13 \leq 33 \cdot \varepsilon = 33 \cdot 0,81 = 26,73 \quad (3.37)$$

Skerspjūvis priskiriamas 1 skerspjūvių klasei – tai skerspjūviai, kurie gali sudaryti analizei pagal plastiškąjį modelį reikiamą sukamosios gebos plastinį lankstą, kai bendroji galia nesumažėja.

Apatinės juostos skerspjūvio klasės tikrinimas:

$$\frac{b_{f2}}{t_{f2}} = \frac{470}{15} = 31,33 \leq 33 \cdot \varepsilon = 33 \cdot 0,81 = 26,73 \quad (3.38)$$

Tikrinant WQ sijos sienutės skerspjūvio klasę, dėl suvirinimo tarp juostų ir sienutės EN 1993-1-1, nepateikia tikslios skaičiavimo schemos dėl šios priežasties lenkimo ir gniuždymo dalies tikrinimui imamas tik laisvas tarpas profilio juostų ir yra lygus:

$$b_w = h_w = h - t_{f1} - t_{f2} = 415 - 15 - 20 = 380 \text{ mm} \quad (3.39)$$

Tikrinama skerspjūvio klasė priimant kad skerspjūvio sienutė priskiriama 2 skerspjūvių klasei (skerspjūviai, kurie pasiekia savo plastinę lenkiamąją galią, tačiau dėl vietinio klupumo jų sukamoji geba yra ribota).

Nustatoma neutraliosios lenkimo ašies padėtis gniuždomajame lenkiamajame skerspjūvyje:

$$f_y \cdot b_{f2} \cdot t_{f2} + 2 \cdot f_y \cdot t_w \cdot (z_0 - t_{f2}) = 2 \cdot f_y \cdot t_w \cdot (h - z_0) + f_y \cdot b_{f1} \cdot t_{f1} \Rightarrow$$

$$z_0 = \frac{2 \cdot t_w \cdot (t_{f2} + h) + b_{f1} \cdot t_{f1} - b_{f2} \cdot t_{f2}}{4 \cdot t_w} = \frac{2 \cdot 5 \cdot (15 + 415) + 260 \cdot 20 - 470 \cdot 15}{4 \cdot 5} = 122,5 \text{ mm} \quad (3.40)$$

Gniuždomos zonos aukštis:

$$\alpha \cdot b_w = h_w - (z_0 - t_{f2}) = 380 - (122,5 - 15) = 272,5 \text{ mm} \quad (3.41)$$

čia α - koeficientas įvertinantis gniuždymo veikiamą skerspjūvio dalį

$$\alpha = \frac{272,5}{b_w} = \frac{272,5}{380} = 0,717 > 0,5 \quad (3.42)$$

Sienutės skerspjūvio klasės tikrinimas:

$$\frac{b_w}{t_w} = \frac{380}{5} = 76 > \frac{456 \cdot \varepsilon}{13 \cdot \alpha - 1} = \frac{456 \cdot \sqrt{235/355}}{13 \cdot 0,717 - 1} = 44,4 \quad (3.43)$$

Skerspjūvio negalima priskirti 2 klasei.

Nustatoma neutraliosios lenkimo ašies padėtis gniuždomajame lenkiamajame skerspjūvyje 3 skerspjūvio klasei:

$$z_0 = \frac{\sum A_i \cdot z_i}{\sum A_i} = \frac{470 \cdot 15 \cdot (15/2) + 400 \cdot 5 \cdot 2 \cdot (15 + 400/2) + 260 \cdot 20 \cdot (415 - 20/2)}{470 \cdot 15 + 400 \cdot 5 \cdot 2 + 260 \cdot 20} = 183,0 \text{ mm} \quad (3.44)$$

Įtempių koeficientas ψ :

$$\psi = -\frac{z_0 - t_{f2}}{b_w - (z_0 - t_{f2})} = -\frac{183,0 - 15}{380 - (183,0 - 15)} = -0,793 > -1 \quad (3.45)$$

Sienutės skerspjūvio klasės tikrinimas:

$$\frac{b_w}{t_w} = \frac{380}{5} = 76 \leq \frac{42 \cdot \varepsilon}{0,67 + 0,33 \cdot \psi} = \frac{42 \cdot \sqrt{235/355}}{0,67 + 0,33 \cdot (-0,792)} = 83,3 \quad (3.46)$$

Skerspjūvis priskiriamas 3 klasei.

3.3.2. Skerspjūvio stiprumo tikrinimas

Plastinis apatinės juostos atsparumo momentas atsižvelgiant kad skerspjūvis priskiriamas 3 klasei:

$$W_{f2,pl} = 1000 \cdot \frac{t_{f2}^2}{6} = 1000 \cdot \frac{15^2}{6} = 37500 \text{ mm}^3 / m \quad (3.47)$$

Skaičiuotinė apatinės juostos plastinė lenkiamoji galia:

$$M_{f2,pl,Rd} = \frac{W_{f2,pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{37500 \cdot 355}{1,0} = 13,31 \text{ kNm} / m \quad (3.48)$$

Tikrinama stiprumo sąlyga:

$$\frac{M_{f2,Ed}}{M_{f2,pl,Rd}} = \frac{9,7}{13,31} = 0,729 < 1,0 \quad (3.49)$$

Stiprumo sąlyga 3 klasės skerspjūviui tenkinama.

Inercijos spindulys 3 klasės skerspjūviui:

$$\begin{aligned}
 I_y = \sum [I_{0i} + A_i \cdot r_i^2] &= \frac{470 \cdot 15^3}{12} + 470 \cdot 15 \cdot \left(183,0 - \frac{15}{2}\right)^2 + \\
 &+ 2 \cdot \left[\frac{5 \cdot 400^3}{12} + 5 \cdot 400 \cdot \left(\left(15 + \frac{400}{2}\right) - 183,0 \right)^2 \right] + \\
 &+ \frac{260 \cdot 20^3}{12} + 260 \cdot 20 \cdot \left(\left(415 - \frac{20}{2}\right) - 183,0 \right)^2 = 5,31 \cdot 10^8 \text{ mm}^4 \quad (3.50)
 \end{aligned}$$

Tamprusis gniuždomos zonos atsparumo momentas:

$$W_{el,y,c} = \frac{I_y}{h - z_0} = \frac{5,31 \cdot 10^8}{415 - 183,0} = 2,289 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \quad (3.51)$$

Skaičiuotinė gniuždomos zonos tamprioji lenkiamoji galia:

$$M_{el,y,Rd} = \frac{f_y \cdot W_{el,y}}{\gamma_{M0}} = \frac{355 \cdot 2,289 \cdot 10^6}{1,0} = 812,9 \text{ kNm} \quad (3.52)$$

Tikrinama gniuždomos zonos stiprumo sąlyga:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{el,y,Rd}} = \frac{683,7}{812,9} = 0,841 < 1,0 \quad (3.53)$$

Sąlyga tenkinama.

3.3.3. Tinkamumo ribinio būvio įtempių skaičiavimas

Tikrinama apatinė juosta. Tamprusis skerspjūvio atsparumo momentas:

$$W_{el,y,t} = \frac{I_y}{z_0} = \frac{5,31 \cdot 10^8}{183,0} = 2,901 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \quad (3.54)$$

Įtempiai apatinėje juostoje :

$$\sigma_x = -\frac{q_{d,SLS} \cdot L^2}{8} \cdot \frac{1}{W_{el,y,t}} = -\frac{69,85 \cdot 7500^2}{8} \cdot \frac{1}{2,901 \cdot 10^6} = -169,3 \text{ N/mm}^2 \quad (3.55)$$

Plastinis apatinės juostos atsparumo momentas atsižvelgiant, kad skerspjūvis priskiriamas 3 klasei:

$$W_{f2,pl} = 1000 \cdot \frac{t_{f2}^2}{6} = 1000 \cdot \frac{15^2}{6} = 37500 \text{ mm}^3 / \text{m} \quad (3.56)$$

Įtempiai apatinėje juostoje dėl apkrovos ekscentriciteto:

$$\sigma_y = \frac{q_{d,SLS} \cdot 1000 \cdot e}{W_{f2,pl}} = \frac{69,85 \cdot 1000 \cdot 100}{37500} = 186,2 N/mm^2 \quad (3.57)$$

Apatinės juostos stiprumas:

$$\begin{aligned} \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau^2} &= \sqrt{(-169,3)^2 + 186,2^2 - (-169,3) \cdot 186,2 + 0} = 308,0 N/mm^2 \\ &\leq \frac{f_y}{\gamma_{M,ser}} = \frac{355}{1,0} = 355 N/mm^2 \end{aligned} \quad (3.58)$$

Sąlyga tenkinama.

Įtempiai viršutinėje juostoje:

$$\sigma_x = \frac{q_{d,SLS} \cdot L^2}{8} \cdot \frac{1}{W_{el,y,c}} = \frac{69,85 \cdot 7500^2}{8} \cdot \frac{1}{2,289 \cdot 10^6} = 214,6 N/mm^2 \quad (3.59)$$

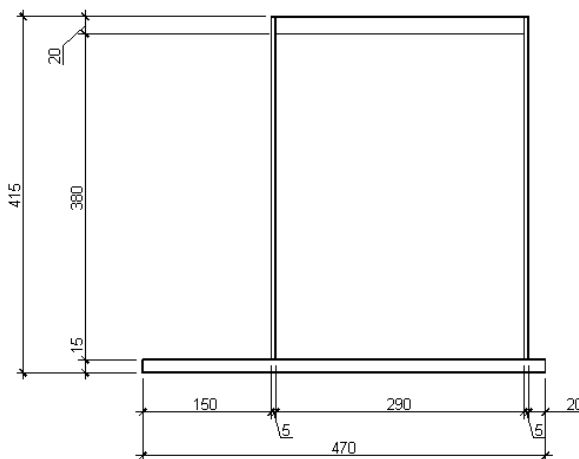
Apatinės juostos stiprumas:

$$\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3 \cdot \tau^2} = \sqrt{(214,6)^2 + 0 - 0 + 0} = 214,6 N/mm^2 \leq \frac{f_y}{\gamma_{M,ser}} = \frac{355}{1,0} = 355 N/mm^2 \quad (3.60)$$

Sąlyga tenkinama.

Nors sija nėra ilga $L=7,04 m$, tačiau tokio tipo siją nesudėtinga pagaminti su išankstiniu išlinkiu, išpjaunant sienutes su tam tikru kreivumo spinduliu, dėl šios priežasties apskaičiuojamas sijos įlinkis:

$$d = \frac{5 \cdot q_{d,sls} \cdot L^4}{384 \cdot E_s \cdot I_y} = \frac{5 \cdot 69,85 \cdot 7040^4}{384 \cdot 210000 \cdot 53100 \cdot 10^4} = 20,00 mm \quad (3.61)$$



3.15 pav. WQ sijos skerspjūvis

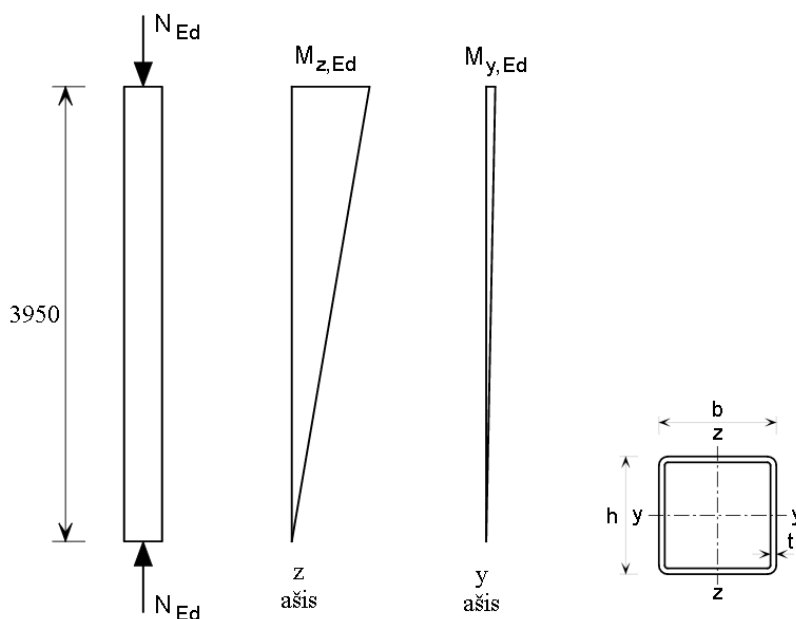
3.4. SURENKAMO KARKASO VARIANTO PLIENINĖS KOLONOS PROJEKTAVIMAS

Surenkamojo karkaso variantui projektuojama pirmojo aukšto, kvadratinio skerspjūvio kolona iš S355 klasės plieno, esanti F-3 ašių sankirtoje. Įrašos gautos iš projektuojamojo pastato skaičiuojamosios schemos, kuri buvo sumodeliuota naudojantis programa SCIA, įrašų reikšmės nuo pavojingiausių derinių pateikiamos 3.16 pav..

Member	css	dx [m]	Case	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B1	CS1 - SHS400/400/22.0	0,000	CO12/1	-10831,54	9,40	-0,62	0,00	0,00	0,00
B1	CS1 - SHS400/400/22.0	0,000	CO5/2	-10776,10	9,40	-0,62	0,00	0,00	0,00
B1	CS1 - SHS400/400/22.0	0,000	CO6/3	-9850,00	9,40	-3,23	0,00	0,00	0,00
B1	CS1 - SHS400/400/22.0	0,000	CO32/4	-7775,78	7,68	2,21	0,00	0,00	0,00
B1	CS1 - SHS400/400/22.0	3,950	CO5/2	-10762,95	9,40	-0,62	0,00	-2,46	37,12
B1	CS1 - SHS400/400/22.0	3,950	CO12/1	-9728,33	26,51	-1,76	0,00	3,89	-58,59
B1	CS1 - SHS400/400/22.0	3,950	CO13/5	-8905,13	26,51	-9,11	0,00	20,13	-58,59
B1	CS1 - SHS400/400/22.0	3,950	CO25/6	-6932,26	21,68	6,24	0,00	-13,80	-47,92

3.16 pav. Įrašų apskaičiuotų programa SCIA, ataskaitos fragmentas

Kaip matyti iš 3.16 pav. lenkimo momentai palyginus su ašinėmis jėgomis yra labai maži, tačiau kolonos skerspjūvis bus projektuojamas, kaip dviejose ašyse lenkiamas elementas veikiamas $N_{Ed}=10831 \text{ kN}$ gniuždymo jėgos, bei lenkimo momentams $M_{z,Ed}=37,12 \text{ kNm}$ ir $M_{y,Ed}=2,26 \text{ kNm}$, kolonos ilgis $L_{cr}=3,95 \text{ m}$.



3.17 pav. Kolonos skaičiuojamoji schema

Reikiamas centriškai gniuždomos kolonos plotas, darant prielaidą, kad skerspjūvis 1 klasės ir sienutės storis mažesnis negu 40 mm:

$$A_{reik} = \frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{f_y} = \frac{10831 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{355} = 30622 \text{ mm}^2 \quad (3.62)$$

Pagal reikiamą plotą parenkama SHS 400x400x22 skerspjūvio kolona, kurios pagrindinės skerspjūvio charakteristikos yra šios:

$$\begin{aligned} t=22 \text{ mm}; & & W=W_x=W_y=4558 \text{ cm}^3; & & A=320 \text{ cm}^2; & & r_1=11 \text{ mm}; \\ b=h=400\text{mm}; & & I=I_y=I_x=74710 \text{ cm}^4; & & m=251,2 \text{ kg/m}; & & i=i_y=i_x=15,3 \text{ cm}; \end{aligned}$$

3.4.1. Kolonos skerspjūvio tikrinimas dviašiam lenkimui

Atstumas tarp profilio sienučių yra:

$$c = h - 2 \cdot t - r_1 = 400 - 2 \cdot 22 - 2 \cdot 11 = 334 \text{ mm} \quad (3.63)$$

Tikriname ar skerspjūvį galima priskirti 1 skerspjūvio klasei:

$$\frac{c}{t} = \frac{334}{22} = 15,2 < 33 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 33 \cdot \sqrt{\frac{235}{355}} = 26,73 \quad (3.64)$$

Skerspjūvis priskiriamas 1 klasei.

Lenkiamoji plastinė skerspjūvio galia:

$$M_{pl,Rd} = \frac{W \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{4558 \cdot 10^3 \cdot 355}{1,0} \cdot 10^{-6} = 1618 \text{ kNm} \quad (3.65)$$

Skaičiuotinė ašinė plastinė gniuždomoji skerspjūvio galia:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{320 \cdot 10^2 \cdot 355}{1,0} = 11360 \text{ kN} \quad (3.66)$$

Skerspjūvio skaičiuotinės ašinės jėgos ir skaičiuotinės ašinės plastinės skerspjūvio gniuždomosios galios santykis:

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{10831}{11360} = 0,95 > a_w = \frac{(A - 2 \cdot b \cdot t)}{A} = \frac{(320 - 2 \cdot 40 \cdot 2,2)}{320} = 0,45 \quad (3.67)$$

Sumažintos skaičiuotinės lenkiamosios galios reikšmė, atsižvelgiant į ašines jėgas:

$$M_{N,Rd} = M_{pl,Rd} \cdot \frac{1-n}{1-a_w} = 1618 \cdot \frac{1-0,95}{1-0,45} = 147kNm > \begin{matrix} M_{y,Ed} = 2,46kNm \\ M_{z,Ed} = 37,12kNm \end{matrix} \quad (3.68)$$

Sumažinta skaičiuotinė skerspjūvio lenkiamoji galia didesne už kiekvieną veikiantį momentą atskirai.

Tikrinamas skerspjūvio stiprumas dviašiam lenkimui:

$$\left[\frac{M_{y,Rd}}{M_{N,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,Rd}} \right]^\beta = \left[\frac{2,46}{147} \right]^{2,15} + \left[\frac{37,12}{147} \right]^{2,15} = 0,16 < 1 \quad (3.69)$$

Konstantos:

$$\alpha = \beta = \frac{1,66}{1-1,13 \cdot n^2} = \frac{1,66}{1-1,13 \cdot 0,45^2} = 2,15 \quad (3.70)$$

Skerspjūvis atsparus dviašiam lenkimui.

3.4.2. Kolonos skerspjūvio tikrinimas dviašiam lenkimui ir gniuždymui

Kolonos skerspjūvio tikrinimas bendram ašinės jėgos bei lenkimo momentų poveikiui turi tenkinti šiuos reikalavimus :

$$\frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{(M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}) \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{yz} \cdot \frac{(M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}) \cdot \gamma_{M1}}{M_{z,Rk}} \leq 1 \quad (3.71)$$

$$\frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{(M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}) \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{zz} \cdot \frac{(M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}) \cdot \gamma_{M1}}{M_{z,Rk}} \leq 1 \quad (3.72)$$

čia: $\Delta M_{z,Ed}$ ir $\Delta M_{y,Ed}$ – momentai dėl sunkio ašies poslinkio pagal 4 klasės skerspjūviams taikomas nuostatas, 1 klasės skerspjūviams $\Delta M_{z,Ed} = \Delta M_{y,Ed} = 0$;

χ_y ir χ_z – lenkiamojo klupumo koeficientai;

χ_{LT} – skersinio sukamojo klupumo koeficientas, $\chi_{LT} = 1,0$, nes skerspjūvis atsparus sukimui;

k_{yy} , k_{yz} , k_{zy} , k_{zz} – sąveikos koeficientai;

χ_{LT} – skersinio sukamojo klupumo koeficientas $\chi_{LT} = 1$.

Charakteristinė ašinė kritinio skerspjūvio gniuždomoji galia:

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 320 \cdot 10^2 \cdot 355 = 11360kN \quad (3.73)$$

Charakteristinė kritinio skerspjūvio lenkiamoji galia:

$$M_{y,Rk} = M_{z,Rk} = W \cdot f_y = 4558 \cdot 10^3 \cdot 355 \cdot 10^{-6} = 1618 kNm \quad (3.74)$$

Sąlyginis skersinio sukamojo klupumo liaunis:

$$\bar{\lambda} = \frac{L}{i \cdot 76} = \frac{395}{15,3 \cdot 76} = 0,33 \quad (3.75)$$

Skersinio sukamojo klupumo koeficientas:

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}}, \text{bet} \begin{cases} \chi \leq 1 \\ \chi \leq \frac{1}{\bar{\lambda}^2} \end{cases} \quad (3.76)$$

Φ – rodiklis skersinio sukamojo klupumo koeficientui nustatyti.

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] \quad (3.77)$$

čia: α – nuokrypos koeficientas, kvadratinio skerspjūvio profiliams $\alpha=0,21$.

Tada, rodiklis skersinio sukamojo klupumo koeficientui nustatyti lygus:

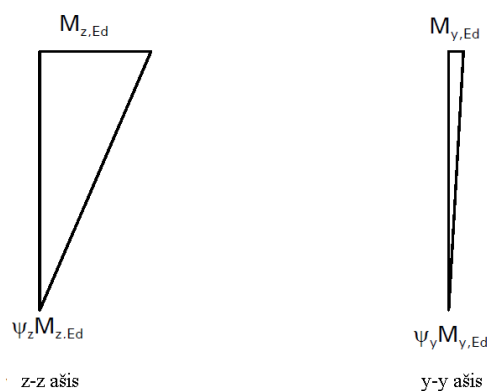
$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,33 - 0,2) + 0,33^2] = 0,57 < 1 \quad (3.78)$$

Tada skersinio sukamojo klupumo koeficientas:

$$\chi = \frac{1}{0,57 + \sqrt{0,57^2 - 0,33^2}} = 0,97 < 1 \quad (3.79)$$

Saveikos koeficientų nustatymui naudojama sukamosioms deformacijoms nejautrių elementų sąveikos koeficientų lentelė B.1

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left[1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \cdot \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right], \text{bet } k_{yy} \leq C_{my} \cdot \left[1 + \left(\frac{0,8 \cdot N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right] \quad (3.80)$$



3.18 pav. Momentų diagrama tolygiojo momento koeficiento nustatymui

Iš 3.18 pav. matyti, kad $\psi=0$, tada tolygiojo momento koeficientai C_m :

$$C_{my} = C_{mz} = C_{mLT} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi \geq 0,4 \quad (3.81)$$

$$C_{my} = C_{mz} = C_{mLT} = 0,6 + 0,4 \cdot 0 = 0,6 > 0,4$$

Tada:

$$k_{yy} = 0,6 \cdot \left[1 + (0,33 - 0,2) \cdot \left(\frac{10831}{0,97 \cdot 11360 / 1,0} \right) \right] = 0,677 \quad (3.82)$$

$$k_{yy} \leq 0,6 \cdot \left[1 + \left(\frac{0,8 \cdot 10831}{0,97 \cdot 11360 / 1,0} \right) \right] = 1,07 \quad (3.83)$$

Kadangi koeficientas, $k_{yy}=k_{zz}=0,677$, tai

$$k_{zy} = k_{yz} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,677 = 0,406 \quad (3.84)$$

$$\frac{10831 \cdot 1,0}{0,97 \cdot 11360} + 0,667 \cdot \frac{(2,46 + 0) \cdot 1,0}{1 \cdot 1618} + 0,406 \cdot \frac{(37,12 + 0) \cdot 1,0}{1618} \approx 1 \leq 1 \quad (3.85)$$

$$\frac{10831 \cdot 1,0}{0,97 \cdot 11360} + 0,406 \cdot \frac{(2,46 + 0) \cdot 1,0}{1 \cdot 1618} + 0,667 \cdot \frac{(37,12 + 0) \cdot 1,0}{1618} \approx 1 \leq 1 \quad (3.86)$$

Skerspjūvio stiprumas pakankamas, nors atsarga yra lygi 0%, tačiau skaičiuojamojoje schemoje, visų aukščiau esančių kolonų skerspjūviai buvo parinkti vienodi kaip ir pirmojo aukšto, tačiau optimizuojant jų skerspjūvius ašinė gniuždymo jėga mažės, tuo didinama atsarga.

3.5. KIAURYMĖTOSIOS PERDANGOS PLOKŠTĖS HCS 400 PROJEKTAVIMAS

3.5.1. Bendrieji duomenys

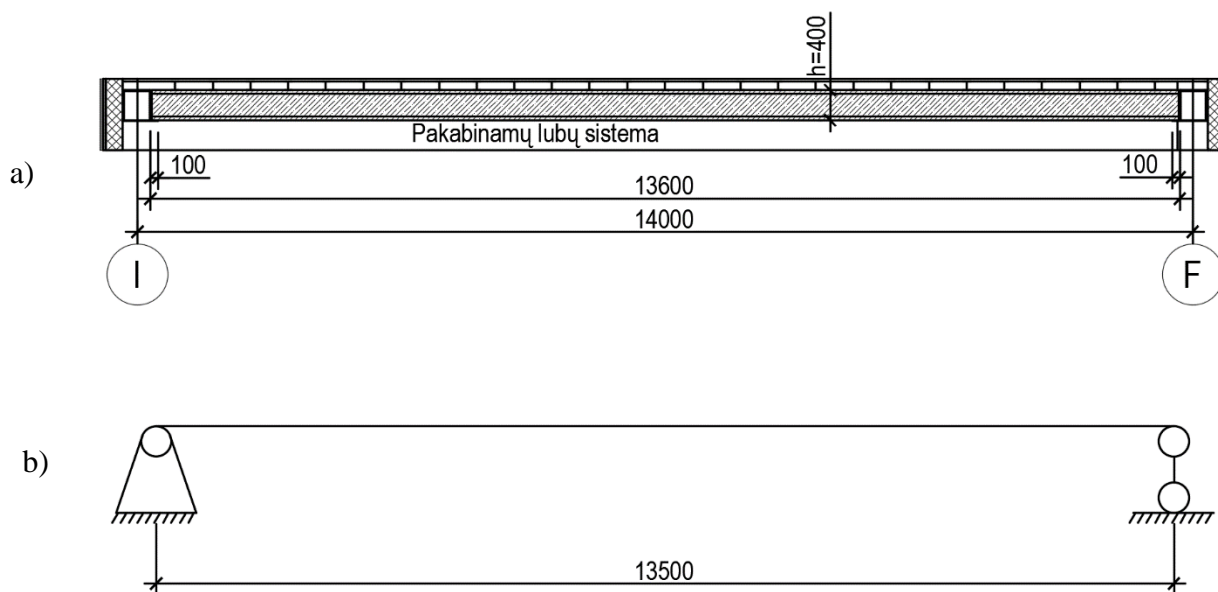
Projektuojamos nepertraukiamu būdu suformuotos kiaurymėtiosios perdangos plokštės. Plokštės nominalusis plotis $b_n = 1200 \text{ mm}$, aukštis $h = 400 \text{ mm}$. Parenkama betono klasė C40/50, kurios rodikliai: charakteristinis gniuždomasis stipris – $f_{ck} = 40 \text{ MPa}$, charakteristinis tempiamasis stipris – $f_{ctk,0.05} = 2,5 \text{ MPa}$, skaičiuotinis gniuždomasis stipris – $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0,9 \cdot 40 / 1,5 = 24 \text{ MPa}$ skaičiuotinis tempimo stipris – $f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0.05} / \gamma_c = 0,9 \cdot 2,5 / 1,5 = 1,5 \text{ MPa}$, vidutinis tamprumo modulis $E_{cm} = 35 \text{ GPa}$.

Plokštės armuojamos Y1770C klasės iš anksto įtemptais lynais ($\varnothing 12,5 \text{ mm}$), kurių pagrindiniai rodikliai: charakteristinis tempiamasis stipris – $f_{pk} = 1770 \text{ MPa}$, charakteristinis stipris pagal sąlyginę takumo ribą – $f_{p0,1k} = 1520 \text{ MPa}$, skaičiuotinis stipris – $f_{p0,1d} = 1250 \text{ MPa}$, armatūros tamprumo modulis – $E_s = 195 \text{ GPa}$.

Plokštės remiamos ant plieninių sijų, užleidžiant po 100 mm iš abiejų atraminių galų.

$$l_{eff} = l_n - \frac{a_1}{2} - \frac{a_2}{2} = 13600 - \frac{100}{2} - \frac{100}{2} = 13500 \text{ mm} \quad (3.87)$$

čia: a_1 ir a_2 – plokštės atrėmimo ilgiai.



3.19 pav. a) plokštės atrėmimo schema; b) skaičiuojamoji schema.

Lynų skersmuo priimamas $\varnothing 12,5 \text{ mm}$, tuomet minimalus apsauginio betono sluoksnio storis:

$$c_{min,l} = \max \begin{cases} c_{min,b} = 12,5 \text{ mm} \\ c_{min,dur} = 10 \text{ mm} = 12,5 \text{ mm;} \\ 10 \text{ mm} \end{cases} \quad (3.88)$$

Nominalus apsauginio betono sluoksnio storis:

$$c_{nom,l} = c_{min,l} + \Delta c_{dev} = 12,5 + 5 = 17,5 \text{ mm}; \quad (3.89)$$

čia: Δc_{dev} – skaičiuotinis leidžiamasis sluoksnio nuokrypis, surenkamiems elementams su didelio tikslumo gamybos technologija $10 \text{ mm} \geq \Delta c_{dev} \geq 0 \text{ mm}$.

Priimamas konservatyvus 20 mm nominalus apsauginio betono sluoksnio storis, kur apsauginis sluoksnis iki armatūros centro yra lygus $d_1 = 20 + 12,5 / 2 = 26,25 \text{ mm}$.

3.5.2. Apkrovų skaičiavimas ir derinių sudarymas

Pastatas yra priskiriamas įstaigų plotams, todėl naudojimo apkrova perdangoms priskiriama B apkrautųjų plotų kategorijai, kartu įvertinant kilnojamų pertvarų apkrovą, naudojimo apkrova yra lygi:

$$q_k = 2 + 0,8 = 2,8 \frac{kN}{m^2} \quad (3.90)$$

Perdangos plokštės yra veikiamos nuolatinių bei naudojimo apkrovų ir yra parenkamos pagal suminę skaičiuotinės apkrovos reikšmę p_d , kuri yra lygi:

$$p_d = g_F + g_C + q_w \cdot \gamma_Q + q_k \cdot \gamma_Q = 1,32 + 1,06 + 0,8 \cdot 1,5 + 2 \cdot 1,5 = 6,58 \frac{kN}{m^2} \quad (3.91)$$

Pagal skaičiuotinę apkrovą p_d , iš lentelių parenkamos L=14 m, HCS 400 kiaurymėtos perdangos plokštės su pastiprintu armavimu, kurių svoris 532 kg/m^2 , tada charakteristinė perdangos plokščių apkrova yra lygi:

$$g_k = \frac{532 \cdot 9,81}{1000} = 5,22 \frac{kN}{m^2}. \quad (3.92)$$

Perskaičiuojamos charakteristinės apkrovos tenkančias tiesiniam metrui išilgai plokštės, kai perdangos plokštės nominalusis plotis $b_n = 1,2 \text{ m}$:

skaičiuotinis suminis apkrovų poveikis saugos ribiniam būviui

$$p_d = g_k \cdot b_n \cdot \gamma_G + q_k \cdot b_n \cdot \gamma_Q = 5,22 \cdot 1,2 \cdot 1,35 + 2,8 \cdot 1,2 \cdot 1,3 = 13,50 \text{ kN/m}; \quad (3.93)$$

charakteristinis suminis apkrovų poveikis tinkamumo ribiniam būviui

$$p_k = g_k \cdot b_n + q_k \cdot b_n = 5,22 \cdot 1,2 + 2,8 \cdot 1,2 = 9,62 \text{ kN/m}; \quad (3.94)$$

dažninis suminis apkrovų poveikis tinkamumo ribiniam būviui

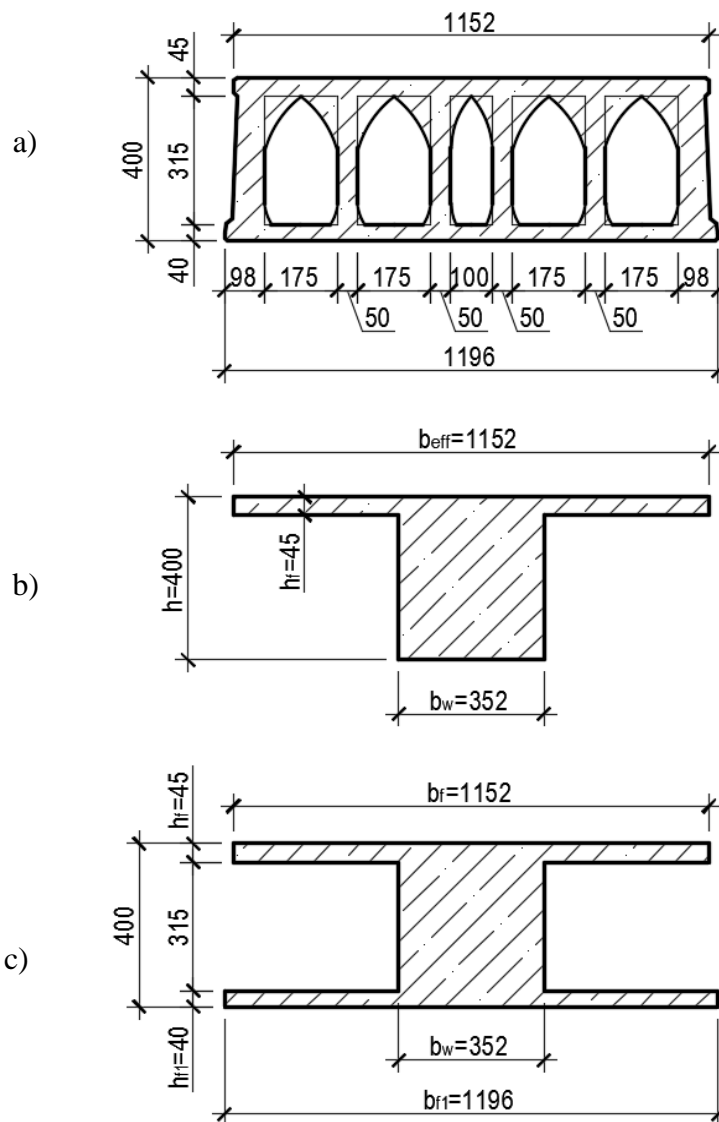
$$p_{\Psi_1} = g_k \cdot b_n + q_k \cdot b_n \cdot \Psi_1 = 5,22 \cdot 1,2 + 2,8 \cdot 1,2 \cdot 0,5 = 7,94 \text{ kN/m}; \quad (3.95)$$

tariamai nuolatinis suminis apkrovų poveikis tinkamumo ribiniam būviui

$$p_{\Psi_2} = g_k \cdot b_n + q_k \cdot b_n \cdot \Psi_2 = 5,22 \cdot 1,2 + 2,8 \cdot 1,2 \cdot 0,3 = 7,27 \frac{\text{kN}}{\text{m}}. \quad (3.96)$$

3.5.3. Plokštės skerspjūvio matmenų skaičiavimas

Projektuojama kiaurymėtoji perdangos plokštė su iš anksto įtempta armatūra. Plokštė skaičiuojama saugos ir tinkamumo ribiniams būviams, kiekvienam atvejui nustatomos plokštės skerspjūvio charakteristikos.



3.20 pav. Kiaurymėtosios plokštės skerspjūviai: a) tikrasis ir su pakeistomis kiaurymėmis; b) skaičiuotinis saugos ribiniam būviui; c) skaičiuotinis tinkamumo ribiniam būviui.

Saugos ribiniam būviui

$$\begin{aligned} \text{Gniuždomosios lentynos storis } h_f &= 0,04 \text{ m; lentynos plotis } b_{eff} = 1,152 \text{ m (nes } \frac{h_f}{h} = \\ &= \frac{0,04}{0,40} = 0,1); \text{ sienutės plotis } b_w = b_{eff} - 4 \cdot 0,175 - 0,1 = 1,152 - 4 \cdot 0,175 - 0,1 = \\ &= 0,352 \text{ m} \end{aligned} \quad (3.97)$$

Tinkamumo ribiniam būviui

Skerspjūvis keičiamas į ekvivalentinį, pakeičiant perdangos ovalias kiaurymes į stačiakampes. Parenkami pakeistos stačiakampės kiaurymės matmenys.

$$b_{kiaur.} = 0,175 \text{ m, centrinės kiaurymės } b_{kiaur.c} = 0,1 \text{ m;}$$

$$h_{kiaur.} = 0,315 \text{ m.}$$

Ekvivalentinio plokštės skerspjūvio matmenys: gniuždomosios lentynos storis $h_f = 0,4 - 0,315 - 0,04 = 0,045 \text{ m}$; tempiamos lentynos storis $h_{f1} = 0,04 \text{ m}$; lentynos plotis $b_{eff} = 1,152 \text{ m}$; apatinės lentynos plotis $b_{f1} = 1,196 \text{ m}$.

3.5.4. Preliminarus iš anksto įtemptos armatūros skaičiavimas

Maksimalūs įtemptosios armatūros įtempiai, atmetus visus patiriamus pirminius nuostolius, neturi viršyti:

$$\sigma_{pm,0(x)} = \min \begin{cases} k_7 \cdot f_{pk} = 0,75 \cdot 1770 = 1327,5 \text{ MPa} \\ k_8 \cdot f_{p0,1k} = 0,85 \cdot 1520 = 1292 \text{ MPa} \end{cases} = 1292 \text{ MPa} \quad (3.98)$$

Priimama, kad išankstiniai armatūros įtempiai $\sigma_{pm0} = \sigma_p = 1250 \text{ MPa}$. Mechaniniu būdu įtemptos armatūros nuokrypio p reikšmė:

$$p = 0,05\sigma_p = 0,05 \cdot 1250 \cdot 10^6 = 62,5 \text{ MPa} \quad (3.99)$$

Tikrinamos sąlygos:

$$\begin{cases} \sigma_p + p = 1250 + 62,5 = 1312,5 \text{ MPa} \leq f_{pk} = 1770 \text{ MPa} \\ \sigma_p - p = 1250 - 62,5 = 1187,5 \text{ MPa} \geq 0,3 \cdot f_{pk} = 0,3 \cdot 1770 = 531 \text{ MPa} \end{cases} \quad (3.100)$$

Sąlygos tenkinamos.

Armatūros įtempimo tikslumo koeficientas:

$$\gamma_{sp} = 1 \mp \Delta\gamma_{sp} \quad (3.101)$$

čia: $\Delta\gamma_{sp}$ – koeficientas, įtempiant armatūra mechaniniu būdu $\Delta\gamma_{sp} = 0,1$.

$$\gamma_{sp} = 1 - 0,1 = 0,9 \quad (3.102)$$

Armatūros išankstinio įtempimo įtempiai:

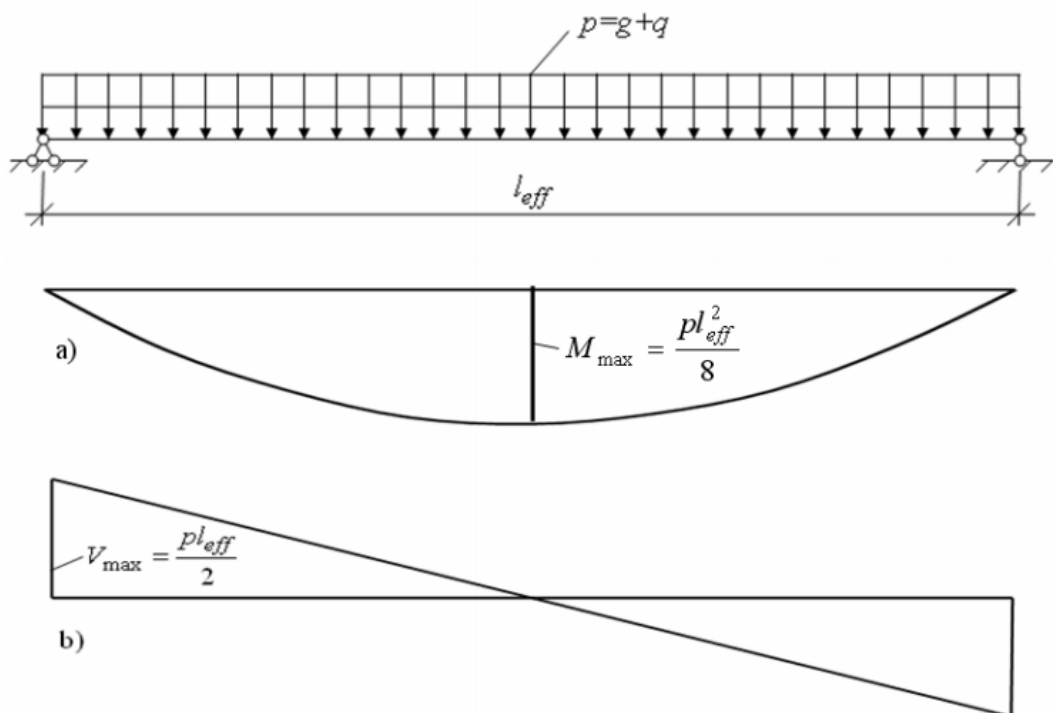
$$\sigma_p = \sigma_p \cdot \gamma_{sp} = 1250 \cdot 0,9 = 1125 \text{ MPa} \quad (3.103)$$

Armatūros įtempiai atsižvelgiant į armatūros takumo ribą:

$$\sigma_{s,lim} = f_{y,d} + 400 - \sigma_p = 1250 + 400 - 1125 = 525 \text{ MPa}. \quad (3.104)$$

čia: $f_{y,d}$ – skaičiuotinis armatūros stipris, priimamas $f_{y,d} = f_{p0,1d} = 1250 \text{ MPa}$

Armatūra parenkama pagal maksimalų lenkimo momentą nuo pagrindinio skaičiuojamojo poveikių derinio 3.21 pav. Betono gniuždomosios zonos charakteristika apskaičiuojama pagal formulę:



3.21 pav. Apkrovimo atvejis saugos ribiniui būviui ir lenkimo momentų bei skersinių jėgų diagramos.

Skaičiuotinai poveikių efektai nuolatinei situacijai:

lenkimo momentas plokštės tarpatramyje nuo suminio poveikio

$$M_{Ed} = \frac{p_d \cdot l_{eff}^2}{8} = \frac{13,5 \cdot 13,5^2}{8} = 307,55 \text{ kNm} \quad (3.105)$$

didžiausia skersinė jėga

$$V_{Ed} = \frac{p_d \cdot l_{eff}}{2} = \frac{13,5 \cdot 13,5}{2} = 91,13 \text{ kN} \quad (3.106)$$

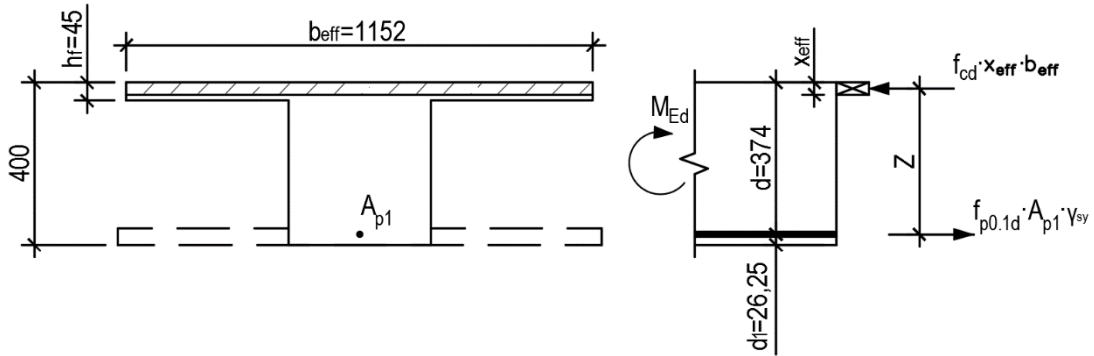
$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 24 = 0,658 \quad (3.107)$$

čia: α – koeficientas, įvertinantis betono rūšį, sunkiajam betonui $\alpha = 0,85$.

Plokštės gniuždomosios zonos santykinis aukštis:

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,658}{1 + \frac{525}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,658}{1,1}\right)} = 0,463 \quad (3.108)$$

čia: $\sigma_{sc,lim}$ – gniuždomosios zonos armatūros ribiniai įtempiai; sunkiajam betonui $\sigma_{sc,lim} = 500 \text{ MPa}$.



3.22 pav. Normaliojo pjūvio skaičiuojamoji schema.

Užsiduodama, kad neutralioji ašis yra lentynoje, tuomet $b_{eff} = b$ elementas skaičiuojamas kaip stačiakampio skerspjūvio. Gniuždomąją zoną apibūdinantis dydis:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot d^2} = \frac{307,55 \cdot 10^3}{24 \cdot 10^6 \cdot 1,152 \cdot 0,374^2} = 0,0795 \quad (3.109)$$

Santykinis gniuždomasis aukštis pagal formulę:

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_{Ed}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,0795} = 0,083 < \xi_{lim} = 0,463 \quad (3.110)$$

Sąlyga tenkinama,

$$x_{eff} = d \cdot \xi_{eff} = 0,374 \cdot 0,083 = 0,031 \text{ m} < h_f = 0,04 \text{ m}, \quad (3.111)$$

todėl neutralioji ašis yra lentynoje.

$f_{yk} = f_{pk} = 1770 \text{ MPa} > 550 \text{ MPa}$ ir $\xi_{eff} < \xi_{lim}$ skaičiuotinis armatūros stipris turi būti padaugintas iš armatūros darbo sąlygų koeficiento. Armatūros darbo sąlygų koeficientas:

$$\begin{aligned} \gamma_{sy} &= \eta - (\eta - 1) \cdot \left(2 \cdot \frac{\xi_{eff}}{\xi_{lim}} - 1\right) = 1,10 - (1,10 - 1) \cdot \left(2 \cdot \frac{0,083}{0,463} - 1\right) = \\ &= 1,04 < \eta = 1,10 \end{aligned} \quad (3.112)$$

čia: $\eta = 1,10$ stipriajai vielai ir lynams kai takumo riba $> 950 \text{ MPa}$.

Sąlyga tenkinama.

Sudaromos pagrindinės pusiausvyros lygtys $\sum N = 0$ ir $\sum M_{p1} = 0$:

$$\begin{cases} f_{p,01d} \cdot A_{p1} \cdot \gamma_{sy} - f_{cd} \cdot x_{eff} \cdot b = 0 & (1) \\ M_{Ed} - f_{cd} \cdot b \cdot x_{eff} \cdot (d - 0,5 \cdot x_{eff}) = 0 & (2) \end{cases} \quad (3.113)$$

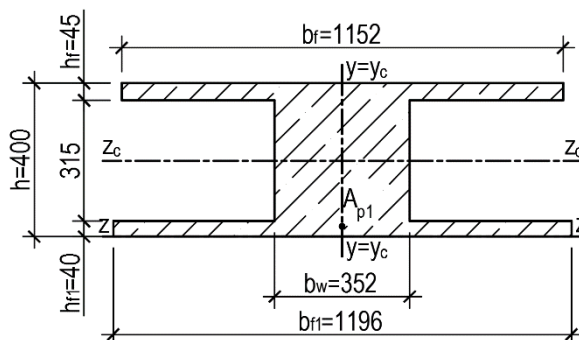
Iš (1) sąlygos išreiškiama A_{p1} ir vietoje x_{eff} įrašoma $x_{eff} = d \cdot \xi_{eff}$:

$$A_{p1} \geq \frac{f_{cd} \cdot d \cdot \xi_{eff} \cdot b}{\gamma_{sy} \cdot f_{p0,1d}} = \frac{24 \cdot 10^6 \cdot 0,374 \cdot 0,083 \cdot 1,152}{1,04 \cdot 1250 \cdot 10^6} = 6,6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 660 \text{ mm}^2 \quad (3.114)$$

Vieno lyno skerspjūvio plotas $A_{p0} = \pi \cdot \varnothing^2 / 4 = \pi \cdot 12,5^2 / 4 = 122,72 \text{ mm}^2$. Reikalingas strypų skaičius $n = A_{p1} / A_{p0} = 660 / 122,72 = 5,4 \approx 6 \text{ vnt.}$ Parenkami $6\varnothing 12,5 \text{ mm}$ armatūros strypai, faktinis armatūros plotas $A_{p1,f} = 6 \cdot A_{p0} = 6 \cdot 122,72 = 736,32 \text{ mm}^2 > A_{p1} = 600 \text{ mm}^2$, 11,6% atsarga.

3.5.5. Plokštės ekvivalentinio skerspjūvio geometriniai rodikliai

Sudaroma ekvivalentinio skerspjūvio skaičiuojamoji schema. Elementarių skerspjūvio rodiklių skaičiavimas nerodomas. Skaičiavimo rezultatai pateikti 3.13 lentelėje.



3.23 pav. Ekvivalentinio skerspjūvio schema.

3.13. lentelė. Ekvivalentinio skerspjūvio rodikliai.

Rodiklis	Žymuo	Reikšmė	Matavimo vnt.
Armatūros ir betono tamprumo modulių santykis	α_e	5,57	-
Ekvivalentinis skerspjūvio plotas	A_{eff}	0,211	m^2
Atstumas iki skerspjūvio svorio centro	z_c	0,202	m
Statinis skerspjūvio momentas	S_{eff}	0,0426	m^3
Inercijos skerspjūvio momentas	I_{eff}	0,00412	m^4
Atsparumo momentas apatinio plokštės krašto atžvilgiu	W_{eff1}	0,0204	m^3
Atsparumo momentas viršutinio plokštės krašto atžvilgiu	W_{eff2}	0,0207	m^3

Atsparumo momentai, įvertinant betono plastines deformacijas, plokštės apačios ir viršaus atžvilgiu:

$$W_{pl1} = \gamma \cdot W_{eff1} = 1,5 \cdot 0,0204 = 0,0306 \text{ m}^3; \quad (3.115)$$

$$W_{pl2} = \gamma \cdot W_{eff2} = 1,5 \cdot 0,0207 = 0,0311 \text{ m}^3. \quad (3.116)$$

3.5.6. Armatūros išankstinio įtempimo nuostolių skaičiavimas

Įtempiant armatūrą į atsparas, būtina įvertinti nuostolius, atsirandančius dėl inkarų deformacijos, temperatūrų skirtumo, klojinių deformavimosi, betono valkšnumo, taip pat nuostolius dėl betono susitraukimo.

Pradiniai išankstiniai įtempiai:

$$\sigma_p = \gamma_p \cdot \sigma_p = 1,0 \cdot 1250 = 1250 \text{ MPa}. \quad (3.117)$$

čia: γ_p – išankstinio įtempimo jėgos dalinis patikimumo koeficientas.

Armatūros nuostoliai:

Armatūros įtempių relaksacija įtempiant mechaninių būdų

$$\Delta\sigma_{pr} = \left(0,22 \cdot \frac{\sigma_p}{f_{pk}} - 0,1\right) \cdot \sigma_p = \left(0,22 \cdot \frac{1250}{1520} - 0,1\right) \cdot 1250 = 101,2 \text{ MPa} \quad (3.118)$$

Įtempių nuostoliai dėl temperatūros skirtumo tarp atramų ir betono, kai betonas C40/50

$$\Delta\sigma_{\Delta t} = 1,0 \cdot \Delta t = 1,0 \cdot 65 = 65 \text{ MPa} \quad (3.119)$$

čia: Δt – temperatūrų skirtumas, priimama $\Delta t = 65$ °C.

Inkarų deformacijų sukeltami įtempių nuostoliai

$$\Delta\sigma_{\Delta l} = \left(\frac{\Delta l}{l}\right) \cdot E_s = \left(\frac{3,125}{13600}\right) \cdot 195 \cdot 10^3 = 44,8 \text{ MPa} \quad (3.120)$$

$$\text{čia: } \Delta l = 1,25 + 0,15\phi = 1,25 + 0,15 \cdot 12,5 = 3,125 \text{ mm}; \quad (3.121)$$

l – įtempiamo lyno ilgis.

Betono apspaudimo jėgą atleidžiant armatūrą:

$$\begin{aligned} P_{m0} &= (\sigma_p - \Delta\sigma_{pr} - \Delta\sigma_{\Delta t} - \Delta\sigma_{\Delta l}) \cdot A_{p1} = (1250 - 101,2 - 65 - 44,8) \cdot 736,32 = \\ &= 7,65 \cdot 10^5 \text{ N} \end{aligned} \quad (3.122)$$

Apspaudimo jėgos ekscentricitetas:

$$e_p = z_c - d_1 = 202 - 26,25 = 175,75 \text{ mm} \quad (3.123)$$

Charakteristinis lenkimo momentas, sukeltas plokštės savojo svorio:

$$M_{eggk} = \frac{g_{eggk} \cdot l_{eff}^2}{8} = \frac{(5,22 \cdot 1,2) \cdot 13,5^2}{8} = 142,7 \text{ kNm} \quad (3.124)$$

Betono gniuždymo įtempiai ties armatūros centru nuo apspaudimo jėgos P_{m0} ir plokštės savojo svorio sukeliama lenkimo momento:

$$\begin{aligned} \sigma_{cp1} &= \frac{P_{m0}}{A_{eff}} + \frac{P_{m0} \cdot e_p \cdot (z_c - d_1)}{I_{eff}} - \frac{M_{Eggk} \cdot (z_c - d_1)}{I_{eff}} = \\ &= \frac{7,65 \cdot 10^5}{2,11 \cdot 10^5} + \frac{7,65 \cdot 10^5 \cdot 175,75^2}{4,12 \cdot 10^9} - \frac{1,427 \cdot 10^8 \cdot 175,75}{4,12 \cdot 10^9} = 3,27 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (3.125)$$

Įtempių nuostoliai, dėl greitai pasireiškiančio valkšnumo

Koeficientas α :

$$\alpha = 0,25 + 0,025 \cdot f_{cp} = 0,25 + 0,025 \cdot 32 = 1,05 \quad (3.126)$$

Sąlyga netenkinama, nes $\alpha = 1,05 > 0,8$ tai $\alpha = 0,8$. Tikriname sąlyga:

$$\frac{\sigma_{cp1}}{f_{cp}} = \frac{3,27}{32} = 0,1 \leq 0,8 \quad (3.127)$$

Sąlyga tenkinama. Įtempių nuostoliai dėl valkšnumo apskaičiuojami:

$$\Delta\sigma_{cp1,1} = \chi \cdot \left(40 \cdot \frac{\sigma_{cp1}}{f_{cp}} \right) = 1,0 \cdot \left(40 \cdot \frac{3,27}{32} \right) = 4,09 \text{ MPa} \quad (3.128)$$

čia: χ – koeficientas, natūraliai kietėjusio betono $\chi = 1,0$;

$$f_{cp} - \text{gniuždomasis betono stipris, } f_{cp} = 0,8 \cdot f_{ck} = 0,8 \cdot 40 = 32 \text{ MPa.} \quad (3.129)$$

Betono įtempiai kraštiniame gniuždomosios zonos sluoksnyje:

$$\begin{aligned} \sigma_{cp2} &= \frac{P_{m0}}{A_{eff}} - \frac{P_{m0} \cdot e_p \cdot (h - z_c)}{I_{eff}} + \frac{M_{Eggk} \cdot (h - z_c)}{I_{eff}} = \\ &= \frac{7,65 \cdot 10^5}{2,11 \cdot 10^5} - \frac{7,65 \cdot 10^5 \cdot 175,75 \cdot 198}{4,12 \cdot 10^9} + \frac{1,427 \cdot 10^8 \cdot 198}{4,12 \cdot 10^9} = 4,02 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (3.130)$$

Betono valkšnumo sukelti nuostoliai gniuždomos zonos armatūroje:

$$\Delta\sigma_{cp1,2} = \chi \cdot \left(40 \cdot \frac{\sigma_{cp2}}{f_{cp}} \right) = 1,0 \cdot \left(40 \cdot \frac{4,02}{32} \right) = 5,03 \text{ MPa} \quad (3.131)$$

Betono klasė $>C40/50$ ir betonas kietėjo natūraliomis sąlygomis, todėl betono susitraukimo sukeliama armatūros įtempių nuostoliai $\Delta\sigma_{ps} = 60 \text{ MPa}$.

Betono apspaudimo jėga įvertinus pirmuosius nuostolius:

$$\begin{aligned} P_{m1} &= (\sigma_p - \Delta\sigma_{pr} - \Delta\sigma_{\Delta t} - \Delta\sigma_{\Delta l} - \Delta\sigma_{cp1}) \cdot A_{p1} = \\ &= (1250 - 101,2 - 65 - 44,8 - 3,27) \cdot 736,32 = 7,63 \cdot 10^5 \text{ N} \end{aligned} \quad (3.132)$$

Betono gniuždymo įtempiai ties armatūros sunkio centru nuo apspaudimo jėgos P_{m1} neįvertinant plokštės savojo svorio:

$$\sigma_{cp1} = \frac{P_{m1}}{A_{eff}} + \frac{P_{m1} \cdot e_p \cdot (z_c - d_1)}{I_{eff}} = \frac{7,63 \cdot 10^5}{2,11 \cdot 10^5} + \frac{7,63 \cdot 10^5 \cdot 175,75^2}{4,12 \cdot 10^9} = 9,34 \text{ MPa} \quad (3.133)$$

Tikrinama sąlyga:

$$\frac{\sigma_{cp1}}{f_{cp}} = \frac{9,34}{32} = 0,29 \leq 0,75 \quad (3.134)$$

Sąlyga tenkinama.

Betono ilgalaikio valkšnumo sukelti iš anksto įtemptosios armatūros įtempių nuostoliai:

$$\Delta\sigma_{cp2,1} = \chi \cdot \left(150 \cdot \frac{\sigma_{cp1}}{f_{cp}} \right) = 1,0 \cdot \left(150 \cdot \frac{9,34}{32} \right) = 43,78 \text{ MPa} \quad (3.135)$$

Betono įtempiai kraštiniame gniuždomosios zonos sluoksnyje:

$$\sigma_{cp2} = \frac{P_{m1}}{A_{eff}} - \frac{P_{m1} \cdot e_p \cdot (h - z_c)}{I_{eff}} = \frac{7,63 \cdot 10^5}{2,11 \cdot 10^5} - \frac{7,63 \cdot 10^5 \cdot 175,75 \cdot 198}{4,12 \cdot 10^9} = -2,83 \text{ MPa} \quad (3.136)$$

Apskaičiuoti įtempiai yra tempimo įtempiai, todėl ilgalaikio betono valkšnumo sukelti nuostoliai tariamoje gniuždomosios zonos armatūroje neskaičiuojami, $\Delta\sigma_{cp2,2} = 0$.

Įtemptosios armatūros įtempių nuostoliai:

$$\begin{aligned} \Delta\sigma_{p.com} &= \Delta\sigma_{pr} + \Delta\sigma_{\Delta t} + \Delta\sigma_{\Delta l} + \Delta\sigma_{cp1,1} + \Delta\sigma_{ps} + \Delta\sigma_{cp2,1} = \\ &= 101,2 + 65 + 44,8 + 4,09 + 60 + 43,78 = 318,87 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (3.137)$$

Armatūros išankstiniai įtempiai įvertinus visus nuostolius:

$$\sigma_{pm} = \sigma_p - \Delta\sigma_{p.com} = 1250 - 318,87 = 931,13 \text{ MPa} \quad (3.138)$$

Vidutinė betono apspaudimo jėga įvertinant visus įtempių nuostolius:

$$P_m = \sigma_{pm} \cdot A_{p1} = 931,13 \cdot 736,32 = 6,86 \cdot 10^5 \text{ N} \quad (3.139)$$

Betono apspaudimo jėga tinkamumo ribiniam būviui:

$$P_{d,sup} = \gamma_{sp} \cdot P_m = 1,1 \cdot 686 = 754,6 \text{ kN} \approx 7,55 \cdot 10^5 \text{ N}; \quad (3.140)$$

$$P_{d,inf} = \gamma_{sp} \cdot P_m = 0,9 \cdot 686 = 617,4 \text{ kN} \approx 6,17 \cdot 10^5 \text{ N.} \quad (3.141)$$

3.5.7. Plokštės normaliojo pjūvio stiprumo tikrinimas

Armatūros įtempiai atsižvelgiant į armatūros takumo ribą:

$$\sigma_{s,lim} = f_{y,d} + 400 - \sigma_{pm} = 1250 + 400 - 931,13 = 718,87 \text{ MPa} \quad (3.142)$$

Gniuždomosios zonos santykinis ribinis aukštis:

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,658}{1 + \frac{718,87}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,658}{1,1}\right)} = 0,417 \quad (3.143)$$

Perskaičiuojamas armatūros darbo sąlygų koeficientas:

$$\gamma_{sy} = \eta - (\eta - 1) \cdot \left(2 \cdot \frac{\xi_{eff}}{\xi_{lim}} - 1\right) = 1,10 - (1,10 - 1) \cdot \left(2 \cdot \frac{0,083}{0,417} - 1\right) = 1,16 \quad (3.144)$$

Sąlyga netenkinama, $\gamma_{sy} = 1,16 > \eta = 1,10$, todėl darbo sąlygų koeficientas lieka $\gamma_{sy} = 1,10$.

Gniuždomosios zonos aukštis:

$$x_{eff} = \frac{f_{p,01d} \cdot A_{p1} \cdot \gamma_{sy}}{f_{cd} \cdot b_{eff}} = \frac{1250 \cdot 10^6 \cdot 7,36 \cdot 10^{-4} \cdot 1,10}{24 \cdot 10^6 \cdot 1,152} = 0,0366 \text{ m} < h_f = 0,04 \quad (3.145)$$

Santykinis gniuždomosios zonos aukštis:

$$\xi_{eff} = \frac{x_{eff}}{d} = \frac{0,0366}{0,374} = 0,0979 < \xi_{lim} = 0,417 \quad (3.146)$$

Skerspjūvio lenkiamasis stipris:

$$\begin{aligned} M_{Rd} &= f_{cd} \cdot b \cdot x_{eff} \cdot (d - 0,5 \cdot x_{eff}) = \\ &= 24 \cdot 10^3 \cdot 1,152 \cdot 0,0366 \cdot (0,374 - 0,5 \cdot 0,0366) = 359,94 \text{ kNm} \end{aligned} \quad (3.147)$$

Skaičiuojame atsargą:

$$\frac{M_{Rd} - M_{Ed}}{M_{Rd}} \cdot 100\% = \frac{359,94 - 307,55}{359,94} \cdot 100\% = 14,6\% \quad (3.148)$$

Išvada: gelžbetoninės perdangos plokštės normalinio pjūvio stiprumas pakankamas.

3.5.8. Plokštės įstrižojo pjūvio stiprumo tikrinimas

Kiaurymėtosioms, nepertraukiamu būdu suformuotoms, gelžbetoninėms perdangos plokštės skersinė armatūra dažniausiai nededama, todėl įstrižojo pjūvio stiprumas netikrinamas ir laikomas pakankamu.

3.5.9. Plokštės gamybos, transportavimo ir montavimo situacijos ribinių būvių skaičiavimas

Projektuojama kiauřymėtoji plokštė tikrinama laikinose pavojingose situacijose: gaminant, transportuojant ir montuojant.

Viršutinio krašto pleišėtumo tikrinimas

Tikrinamas kiauřymėtosios plokštės plyšių atsiradimas gamybos metu.

$$r_2 = \varphi \cdot \frac{W_{eff2}}{A_{eff}} = 1,0 \cdot \frac{0,0207}{0,211} = 0,0981 \text{ m} = 98,1 \text{ mm} \quad (3.149)$$

Apskaičiuojamas apspaudimo jėgos ir plokštės savojo svorio sukeltas lenkimo momentas:

$$\begin{aligned} M_{Egpd} &= P_{d,sup}(e_p - r_2) - \frac{g_{eggk} \cdot l_{eff}^2}{8} = \\ &= 754,6 \cdot (175,75 - 98,1) \cdot 10^{-3} - \frac{(5,22 \cdot 1,2) \cdot 13,5^2}{8} = -84,11 \text{ kNm} \quad (3.150) \end{aligned}$$

Išvada: apskaičiuotas lenkimo momentas M_{Egpd} yra neigiamas, todėl plokštės viršuje gamybos metu tempimo nebus ir plyšiai neatsivers.

Viršutinio krašto pleišėtumo tikrinimas transportuojant / montuojant

Plokštės savojo svorio sukeltas lenkimo momentas gembėje (nepaisant dinamiškumo koeficiento ir imant konstrukcinį plokštės ilgį):

$$M_{Egk} = g_{eggk} \cdot \frac{l_c^2}{2} = 6,264 \cdot \frac{0,8^2}{2} = 2,01 \text{ kNm} \quad (3.151)$$

Didžiausi betono gniuždymo įtempiai:

$$\sigma_{c,max} = \frac{P_{d,sup}}{A_{eff}} + \frac{P_{d,sup} \cdot e_p - M_{Egk}}{W_{eff1}} = \frac{7,55 \cdot 10^5}{2,11 \cdot 10^5} + \frac{7,55 \cdot 10^5 \cdot 175,75 - 2,01 \cdot 10^6}{20,4 \cdot 10^6} = 9,98 \text{ MPa} \quad (3.152)$$

Koeficientas:

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{c,max}}{f_{cp}} = 1,6 - \frac{9,98 \cdot 10^6}{32 \cdot 10^6} = 1,29 > 1,0, \quad \text{todėl } \varphi = 1,0 \quad (3.153)$$

Atstumas tarp ekvivalentinio skerspjūvio sunkio centro ir labiausiai nutolusios viršūnės nuo tempiamos zonos krašto:

$$r_2 = \varphi \cdot \frac{W_{eff2}}{A_{eff}} = 1,0 \cdot \frac{207 \cdot 10^5}{2,11 \cdot 10^5} = 98,1 \text{ mm} \quad (3.154)$$

Tikrinama sąlyga:

$$P_{d,sup} \cdot (e_p - r_2) + M_r \leq f_{cptk} \cdot W_{pl2} \quad (3.155)$$

$$f_{cptk} = 0,8 \cdot f_{ctk,0,05} = 0,8 \cdot 2,5 \cdot 10^6 = 2 \text{ MPa} \quad (3.156)$$

Laikant, kad $M_r = M_{egk}$ tikrinama sąlyga:

$$755 \cdot (175,75 - 98,1) \cdot 10^{-3} + 2,01 = 60,6 \text{ kNm} \leq 2 \cdot 10^3 \cdot 0,0311 = 62,2 \text{ kNm}.$$

Išvada: transportuojant / montuojant plokštės viršuje vertikaliųjų plyšių neatsiras, nes $M_r = 60,6 \text{ kNm} < M_{cr} = 62,2 \text{ kNm}$, atsarga 2,6%.

Plokštės stiprumo tikrinimas

Plokštės stiprumas tikrinamas pavojingoms laikinosioms situacijoms: gamybai, transportavimui ir montavimui. Nepertraukiamo formavimo kiaurymėtosios gelžbetoninės perdangos plokštės viršutinėje zonoje nėra jokios armatūros, todėl ji dirba kaip betoninis elementas, kurio normalinio pjūvio stiprumą galima tikrinti pagal necentriškai gniuždomų betoninių elementų skaičiavimo metodiką.

Gelžbetoninės plokštės nesuirimą gamybos metu patvirtina ir anksčiau gauti skaičiavimo rezultatai: transportuojant didžiausi betono įtempiai $\sigma_{c,max} = 9,98 \text{ MPa} < f_{cp} = 32 \text{ MPa}$, plyšiai neatsiranda viršutinėje kiaurymėtosios plokštės zonoje nei atleidžiant armatūrą nuo atsparų, nei plokštę transportuojant / montuojant.

Išvada: Suprojektuota kiaurymėtoji perdangos plokštė tenkina visus trumpalaikės situacijos saugos ir tinkamumo ribinių būvių reikalavimus.

3.5.10. Normalinių plyšių tikrinimas (naudojimo situacija)

Didžiausias lenkimo momentas tarpatramio viduryje:

$$M_{Ed} = \frac{p_k \cdot l_{eff}^2}{8} = \frac{9,62 \cdot 13,5^2}{8} = 219,16 \text{ kNm} \quad (3.157)$$

Maksimali skersinė jėga:

$$V_{Ed,max} = \frac{p_k \cdot l_{eff}}{2} = \frac{9,62 \cdot 13,5}{2} = 64,94 \text{ kN} \quad (3.158)$$

Didžiausi gniuždomojo betono įtempiai dėl veikiančios išorinės apkrovos ir išankstinio apspaudimo:

$$\begin{aligned} \sigma_{c,max} &= \frac{P_{d,inf}}{A_{eff}} - \frac{P_{d,inf} \cdot e_p \cdot (h - z_c)}{I_{eff}} + \frac{M_{Ed} \cdot (h - z_c)}{I_{eff}} = \\ &= \frac{6,17 \cdot 10^5}{2,11 \cdot 10^5} - \frac{6,17 \cdot 10^5 \cdot 175,75 \cdot 198}{4,12 \cdot 10^9} + \frac{219,16 \cdot 10^6 \cdot 198}{4,12 \cdot 10^9} = 8,25 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (3.159)$$

Koeficientas:

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{c,max}}{f_{ck}} = 1,6 - \frac{8,25 \cdot 10^6}{40 \cdot 10^6} = 1,39 > 1,0, \quad \text{todėl } \varphi = 1,0 \quad (3.160)$$

Atstumas tarp ekvivalentinio skerspjūvio sunkio centro ir labiausiai nutolusios viršūnės nuo tempiamos zonos krašto:

$$r_1 = \varphi \cdot \frac{W_{eff1}}{A_{eff}} = 1,0 \cdot \frac{0,0204}{0,211} = 0,097 \text{ m} = 97 \text{ mm} \quad (3.161)$$

Normalinių plyšių atsivėrimo momentas plokštės apačioje, naudojimo situacija:

$$\begin{aligned} M_{cr} &= f_{ctk,0,05} \cdot W_{pl1} + P_{d,inf} \cdot (e_p + r_1) = \\ &= 2,5 \cdot 10^3 \cdot 0,0306 + 6,17 \cdot 10^{-1} \cdot (175,75 + 97) = 244,79 \text{ kNm} \quad (3.162) \end{aligned}$$

Išvada: $M_{Ed} = 219,16 \text{ kNm} \leq M_{cr} = 244,79 \text{ kNm}$, todėl naudojimo metu kiauřymėtoje plokštėje normaliniai plyšiai neatsivers, atsarga 10,5%.

3.5.11. Įstrižųjų plyšių atsiradimo tikrinimas

Plokštės įstrižojo pjūvio pleišėtumas tikrinamas dvejuose pjūviuose. Pleišėtumas tikrinamas plokštės pjūvyje (1–1), kuriame apspaudimo jėga P iki galo perduodama betonui ir pjūvyje (2–2) prie plokštės atramos vidinio krašto.

Pleišėtumas 1-1 pjūvyje

Įtemptosios armatūros įtempių perdavimo ilgis:

$$l_{pt} = 1,2 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \varnothing \frac{\sigma_{pi}}{f_{bpt}} \quad (3.163)$$

čia: α_1 – koeficientas, kai apgniuždoma staiga $\alpha_1 = 1,25$;

α_2 – koeficientas, kai naudojama lyninė armatūra $\alpha_2 = 0,19$;

σ_{pi} – armatūros įtempiai atleidus ją nuo atsparų;

f_{bpt} – armatūros ir betono sankibos įtempiai.

Armatūros ir betono sankibos įtempiai:

$$f_{bpt} = \eta_{p1} \cdot \eta_1 \cdot f_{cta} \quad (3.164)$$

čia: η_{p1} – koeficientas, lyniniai armatūrai $\eta_{p1} = 3,2$;

η_1 – koeficientas, $\eta_1 = 0,7$.

Įtempiai:

$$f_{bpt} = \eta_{p1} \cdot \eta_1 \cdot f_{ctd} = 3,2 \cdot 0,7 \cdot 1,50 \cdot 10^6 = 3,36 \text{ MPa} \quad (3.165)$$

Armatūros įtempiai atleidus ją nuo atsparų:

$$\sigma_{pi} = (\sigma_p - \Delta\sigma_{pr} - \Delta\sigma_t - \Delta\sigma_l) = (1250 - 101,2 - 65 - 44,8) = 1039 \text{ MPa} \quad (3.166)$$

Įtemptosios armatūros įtempių perdavimo ilgis:

$$l_{pt} = 1,2 \cdot 1,25 \cdot 0,19 \cdot 12,5 \cdot \frac{1039}{3,36} = 1102 \text{ mm} \quad (3.167)$$

Apskaičiuojami svarbiausi betono įtempiai ties plokštės skerspjūvio centru. Skerspjūvio dalies, esančios virš sunkio centro, statinis momentas:

$$\begin{aligned} S_{eff1} &= (b_{eff} - b_w) \cdot h_f \cdot (h - z_c - 0,5 \cdot h_f) + b_w \cdot \frac{(h - z_c)^2}{2} = \\ &= (1152 - 352) \cdot 40 \cdot (198 - 0,5 \cdot 40) + 352 \cdot \frac{(198)^2}{2} = 12,6 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \quad (3.168) \end{aligned}$$

Skersinė jėga pjūvyje, kuriame išankstiniai įtempiai iki galo perduoti betonui (1–1 pjūvis):

$$\begin{aligned} V_{Ed1} &= \frac{V_{Ed,max} \cdot [0,5 \cdot l_{eff} - (l_{pt} - 0,5a)]}{0,5 \cdot l_{eff}} = \\ &= \frac{64,94 \cdot [0,5 \cdot 13,5 - (1,102 - 0,5 \cdot 0,1)]}{0,5 \cdot 13,5} = 54,82 \text{ kN} \quad (3.169) \end{aligned}$$

Tangentiniai įtempiai skerspjūvio centre (1–1 pjūvis):

$$\tau_{xz1} = \frac{V_{Ed1} \cdot S_{eff1}}{I_{eff} \cdot b_w} = \frac{54820 \cdot 0,0126}{0,00412 \cdot 0,352} \cdot 10^{-6} = 0,476 \text{ MPa} \quad (3.170)$$

Normaliniai įtempiai skerspjūvio centre (1–1 pjūvis):

$$\sigma_{x1} = \frac{P_{d,inf}}{A_{eff}} = \frac{6,17 \cdot 10^5}{2,11 \cdot 10^5} = 2,92 \text{ MPa} \quad (3.171)$$

Betono svarbiausieji tempimo įtempiai:

$$\sigma_{mt} = -\frac{\sigma_{x1}}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_{x1}}{2}\right)^2 + \tau_{xz1}^2} = -\frac{2,92}{2} + \sqrt{\left(\frac{2,92}{2}\right)^2 + 0,476^2} = 0,076 \text{ MPa} \quad (3.172)$$

Betono svarbiausieji gniuždymo įtempiai:

$$\sigma_{mc} = -\frac{\sigma_{x1}}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_{x1}}{2}\right)^2 + \tau_{xz1}^2} = -\frac{2,92}{2} - \sqrt{\left(\frac{2,92}{2}\right)^2 + 0,476^2} = -2,996 \text{ MPa} \quad (3.173)$$

Įstrižieji plyšiai neatsiras, jeigu galios sąlyga:

$$\sigma_{mt} \leq \gamma_{c,cr} \cdot f_{ctk,0,05} \quad (3.174)$$

$$\gamma_{c,cr} = \frac{1 - \frac{\sigma_{mc}}{f_{ck}}}{0,2 + \alpha \cdot f_{ck,cube}} = \frac{1 - \frac{2,996}{40}}{0,2 + 0,01 \cdot 50} = 1,322 \quad (3.175)$$

Kadangi $\gamma_{c,cr} > 1,0$, todėl priimame $\gamma_{c,cr} = 1,0$.

Tikrinama sąlyga:

$$\sigma_{mt} = 0,076 \text{ MPa} \leq \gamma_{c,cr} \cdot f_{ctk,0,05} = 1,0 \cdot 2,5 = 2,5 \text{ MPa}.$$

Sąlyga tenkinama, įstrižųjų plyšių 1–1 pjūvyje neatsiras.

Pleišėtumas 2-2 pjūvyje

Betono apspaudimo jėga 2–2 pjūvyje:

$$P_{d,inf2} = P_{d,inf} \cdot \frac{l_x}{l_{pt}} = 6,17 \cdot 10^2 \cdot \frac{0,1}{1,102} = 55,99 \text{ kN} \quad (3.176)$$

čia: l_x – perdangos užleidimas.

Tangentiniai įtempiai skerspjūvio centre (2–2 pjūvis):

$$\tau_{xz2} = \frac{V_{Ed} \cdot S_{eff1}}{I_{eff} \cdot b_w} = \frac{54820 \cdot 0,0126}{0,00412 \cdot 0,352} \cdot 10^{-6} = 0,476 \text{ MPa} \quad (3.177)$$

Normaliniai įtempiai skerspjūvio centre (2–2 pjūvis):

$$\sigma_{x2} = \frac{P_{d,inf2}}{A_{eff}} = \frac{55,99 \cdot 10^3}{2,11 \cdot 10^5} = 0,265 \text{ MPa} \quad (3.178)$$

Kadangi įtempiai yra gniuždymo, tai $\sigma_{x2} = -0,265 \text{ MPa}$.

Normaliniai įtempiai z ašies atžvilgiu:

$$\sigma_{z2} = \varphi_z \cdot \frac{V_{Ed}}{b_w \cdot h} \quad (3.179)$$

Koeficientai: $\beta = z_c/h = 202/400 = 0,51$, $\alpha = 0,5 \cdot l_x/h = 0,5 \cdot 100/400 = 0,13$, tuomet:

$$\varphi_z = \frac{2 \cdot \beta^2}{\pi} \cdot \left[\frac{3 - 2 \cdot \beta}{(1 + \alpha^2)^2} - \frac{\beta}{(\alpha^2 + \beta^2)^2} \right] = \frac{2 \cdot 0,51^2}{\pi} \cdot \left[\frac{3 - 2 \cdot 0,51}{(1 + 0,13^2)^2} - \frac{0,51}{(0,13^2 + 0,51^2)^2} \right] = -0,784 \quad (3.180)$$

Normaliniai įtempiai:

$$\sigma_{z2} = \varphi_z \cdot \frac{V_{Ed}}{b_w \cdot h} = -0,784 \cdot \frac{54,82 \cdot 10^{-3}}{0,352 \cdot 0,4} = -0,305 \text{ MPa} \quad (3.181)$$

Betono svarbiausieji tempimo įtempiai:

$$\sigma_{mt} = -\frac{\sigma_{x2} + \sigma_{z2}}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_{x2} + \sigma_{z2}}{2}\right)^2 + \tau_{xz2}^2} =$$

$$= -\frac{0,265+0,305}{2} + \sqrt{\left(\frac{0,265+0,305}{2}\right)^2 + 0,476^2} = 0,27 \text{ MPa} \quad (3.182)$$

Betono svarbiausieji gniuždymo įtempiai:

$$\begin{aligned} \sigma_{mc} &= -\frac{\sigma_{x2}+\sigma_{z2}}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_{x2}+\sigma_{z2}}{2}\right)^2 + \tau_{xz2}^2} = \\ &= -\frac{0,265+0,305}{2} - \sqrt{\left(\frac{0,265+0,305}{2}\right)^2 + 0,476^2} = -0,84 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (3.183)$$

Apskaičiuojamas koeficientas:

$$\gamma_{c,cr} = \frac{1 - \frac{\sigma_{mc}}{f_{ck}}}{0,2 + \alpha \cdot f_{ck, cube}} = \frac{1 - \frac{0,84}{40}}{0,2 + 0,01 \cdot 50} = 1,4 \quad (3.184)$$

čia: σ_{mc} imama absoliutinė reikšmė.

Kadangi $\gamma_{c,cr} > 1,0$, todėl priimamas $\gamma_{c,cr} = 1,0$.

Tikrinama sąlyga:

$$\sigma_{mt} = 0,27 \text{ MPa} \leq \gamma_{c,cr} \cdot f_{ctk,0,05} = 1,0 \cdot 2,5 = 2,5 \text{ MPa}$$

Sąlyga tenkinama, Pjūvyje 2–2 įstrižieji plyšiai neatsiras.

Išvada: Kiaurymėtoje gelžbetonio plokštėje normaliniai ir įstrižieji plyšiai neatsiras.

3.5.12. Plokštės įlinkio skaičiavimas

Apskaičiavus plokštės normalinių ir įstrižųjų plyšių susidarymą nustatyta, kad jie neatsiras, todėl plokštės įlinkiai apskaičiuojami kaip lenkiamojo nesupleišėjusio elemento.

Apskaičiuojami plokštės išilginės ašies kreiviai.

Plokštę veikiančios trumpalaikės apkrovos sukeltas kreivis:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M_{Eqk}}{\varphi_{c1} \cdot E_{cm} \cdot I_{eff}} = \frac{44,65 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 35 \cdot 10^9 \cdot 4,12 \cdot 10^{-3}} = 3,64 \cdot 10^{-4} \frac{1}{m} \quad (3.185)$$

Plokštę veikiančios nuolatinės ir tariamai nuolatinės apkrovos sukeltas kreivis:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{M_{Egk} \cdot \varphi_{c2}}{\varphi_{c1} \cdot E_{cm} \cdot I_{eff}} = \frac{165,62 \cdot 2,0 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 35 \cdot 10^9 \cdot 4,12 \cdot 10^{-3}} = 2,70 \cdot 10^{-3} \frac{1}{m} \quad (3.186)$$

Išankstinio apspaudimo jėgos $P_{d,inf}$ sukeltas plokštės išlinkis:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 = \frac{P_{d,inf} \cdot e_p}{\varphi_{c1} \cdot E_{cm} \cdot I_{eff}} = \frac{6,17 \cdot 0,17575 \cdot 10^5}{0,85 \cdot 35 \cdot 10^9 \cdot 4,12 \cdot 10^{-3}} = 8,85 \cdot 10^{-4} \frac{1}{m} \quad (3.187)$$

Plokštės išlinkis, kurį sukelia betono susitraukimas ir valkšnumas nuo išankstinio apspaudimo jėgos $P_{d,inf}$, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = \frac{\varepsilon_{c1} - \varepsilon_{c2}}{d} = \frac{(5,53 - 3,34) \cdot 10^{-4}}{0,374} = 5,86 \cdot 10^{-4} \frac{1}{m} \quad (3.188)$$

čia: φ_{c1} – koeficientas, įvertinantis betono trumpalaikio valkšnumo įtaką $\varphi_{c1} = 0,85$;

φ_{c2} – koeficientas, įvertinantis betono ilgalaikio valkšnumo įtaką $\varphi_{c2} = 2$;

Betono santykinės deformacijos išilginei tempiamajai armatūrai sunkio centro lygyje:

$$\varepsilon_{c1} = \frac{\Delta\sigma_{cp,1,1} + \Delta\sigma_{cp,2,1} + \Delta\sigma_{ps}}{E_s} = \frac{4,09 + 43,78 + 60}{195 \cdot 10^3} = 5,53 \cdot 10^{-4} \quad (3.189)$$

Betono santykinės deformacijos kraštiniame gniuždomosios zonos sluoksnyje:

$$\varepsilon_{c2} = \frac{\Delta\sigma_{cp,1,2} + \Delta\sigma_{cp,2,2} + \Delta\sigma_{ps}}{E_s} = \frac{5,03 + 0 + 60}{195 \cdot 10^3} = 3,34 \cdot 10^{-4} \quad (3.190)$$

Trumpalaikės apkrovos sukeltas lenkimo momentas:

$$M_{Eqk} = \frac{(1 - \Psi_2) \cdot q_k \cdot l_{eff}^2}{8} = \frac{(1 - 0,3) \cdot 2,8 \cdot 13,5^2}{8} = 44,65 \text{ kNm} \quad (3.191)$$

Lenkimo momentas nuo nuolatinės ir tariamai nuolatinės apkrovos:

$$M_{Egk} = \frac{p \Psi_2 \cdot l_{eff}^2}{8} = \frac{7,27 \cdot 13,5^2}{8} = 165,62 \text{ kNm} \quad (3.192)$$

Atskirų poveikių sukelti plokštės įlinkiai ir išlinkiai:

$$d_1 = \left(\frac{1}{r}\right)_1 \cdot \frac{5}{48} \cdot l_{eff}^2 = 3,64 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{5}{48} \cdot 13,5^2 = 0,0069 \text{ m}; \quad (3.193)$$

$$d_2 = \left(\frac{1}{r}\right)_2 \cdot \frac{5}{48} \cdot l_{eff}^2 = 2,70 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{5}{48} \cdot 13,5^2 = 0,051 \text{ m}; \quad (3.194)$$

$$d_3 = \left(\frac{1}{r}\right)_3 \cdot \frac{1}{8} \cdot l_{eff}^2 = 8,85 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{1}{8} \cdot 13,5^2 = 0,020 \text{ m}; \quad (3.195)$$

$$d_4 = \left(\frac{1}{r}\right)_4 \cdot \frac{1}{8} \cdot l_{eff}^2 = 5,86 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{1}{8} \cdot 13,5^2 = 0,013 \text{ m}. \quad (3.196)$$

Apskaičiuojamas plokštės įlinkis:

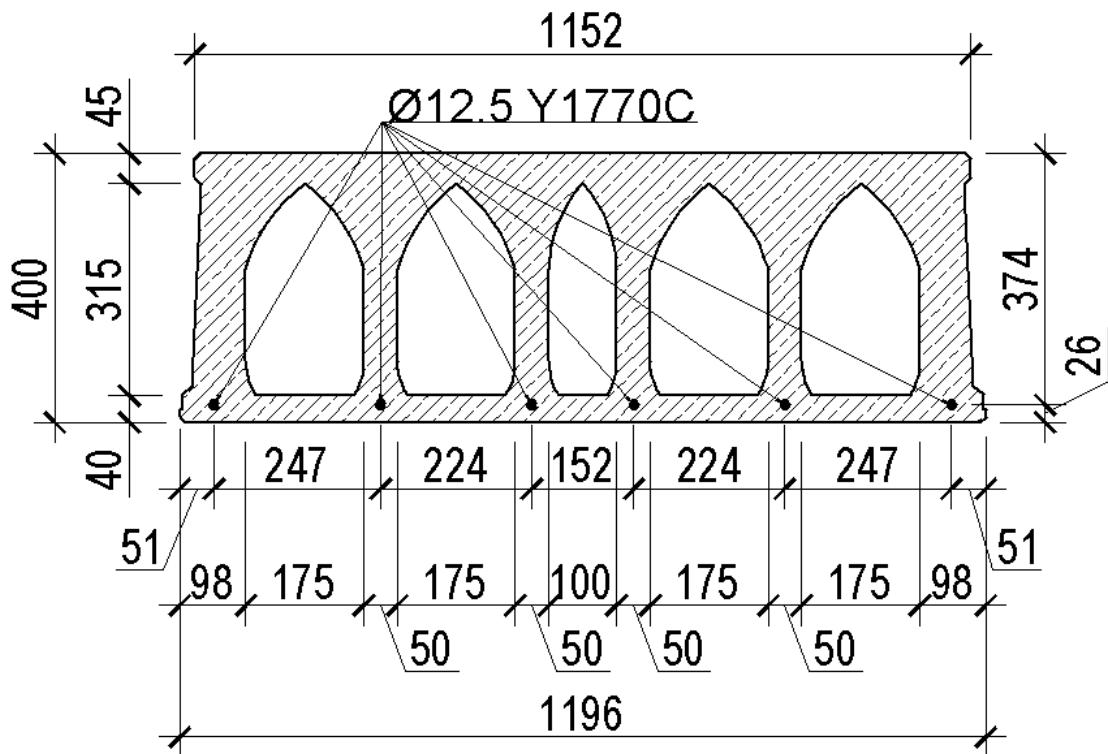
$$d = d_1 + d_2 - d_3 - d_4 = 6,9 + 51 - 20 - 13 = 24,9 \text{ mm} \quad (3.197)$$

$d = 24,9 \text{ mm} \leq l_{eff}/200 = 13500/200 = 67,5 \text{ mm}$, todėl plokštės išorinių apkrovų sukeltas įlinkis neviršija ribinio įlinkio.

Išvada: Nepertraukiamo formavimo kiaurymėtoji gelžbetoninė plokštė atitinka tinkamumo ribinių būvių reikalavimus.

3.5.13. Plokštės konstravimas

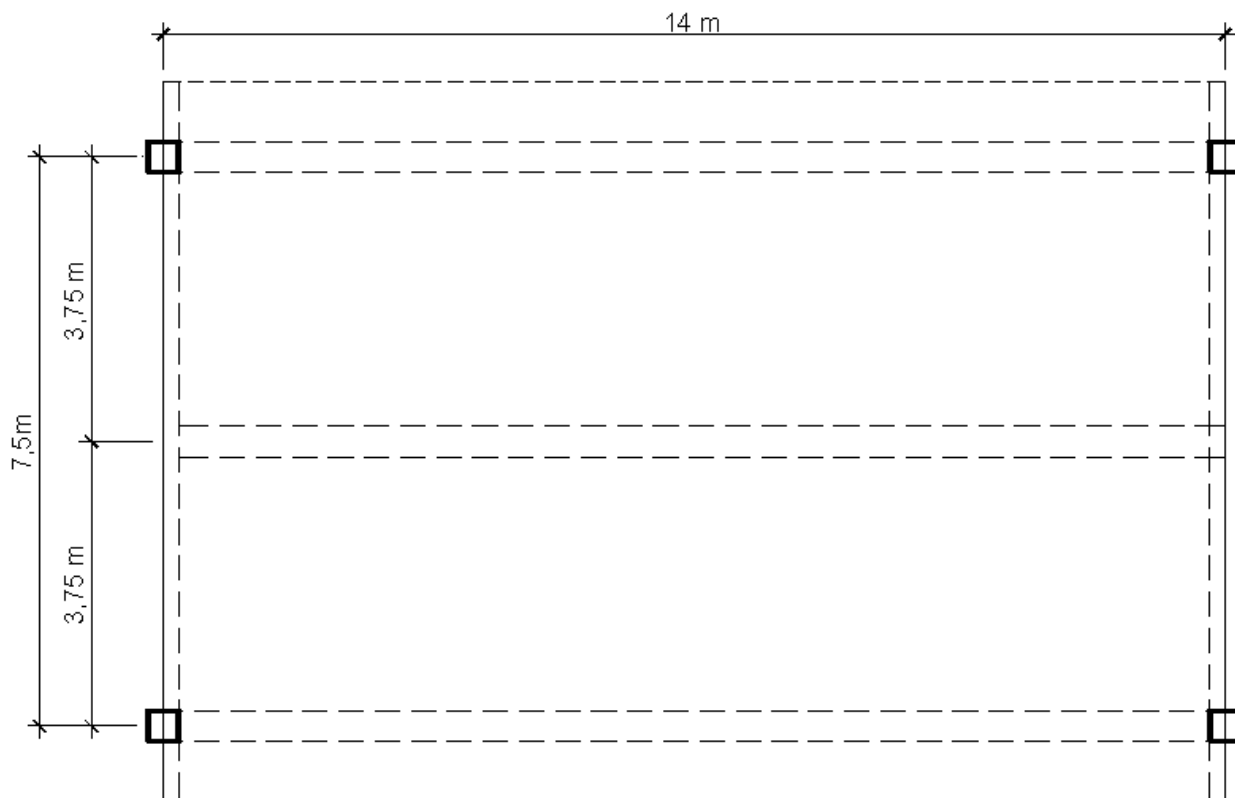
Suprojektuota kiaurymėtoji gelžbetoninė plokštė armuojama $6\varnothing 12,5$ mm iš anksto įtempta Y1770C klasės armatūra. Plokštės žymuo 2HCS-40-6x12.5-1360 reiškia: 2- ugniai atsparumo laipsnis II; 40 – perdangos aukštis cm; 6x12.5 – lynų skaičius ir skersmuo; 1360 – plokštės konstrukcinis ilgis, cm. Plokštės skerspjūvio armavimas pateiktas 3.24 pav.



3.24 pav. Kiaurymėtosios perdangos plokštės armavimas.

3.6. KOMPOZITINĖS PERDANGOS PLOKŠTĖS PROJEKTAVIMAS

Perdangos skaičiuojamojoje schemeje, kolonos išdėstytos dviem eilėmis kas 7,5 m, tarp kurių atstumas yra 14 m. Kolonos išilgine kryptimi sujungiamos pagrindinėmis sijomis, o skersine kryptimi kas 3,75 m išdėstomos šalutinės sijos. Konstrukcijų išdėstymo schema pavaizduota pav. 3.25.



3.25 pav. Konstrukcijų išdėstymo schema

Kompozitinei perdangai parenkamas lengvasis betonas LC30/33, tada skaičiuotinė gniuždomojo betono stipris :

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_C} = \frac{1 \cdot 30}{1,5} = 20 \text{ N/mm}^2 \quad (3.198)$$

čia : f_{ck} - cilindrinis charakteristinis gniuždomasis 28 dienų betono stipris;

α_{cc} - koeficientas, kurį taikant atsižvelgiama į gniuždomojo stiprio ilgalaikius efektus ir nepalankius efektus, atsirandančius dėl apkrovos veikimo būdo;

γ_C - betono dalinis saugos koeficientas.

Lengvojo betono tamprumo modulis :

$$E_{lcm} = E_{cm} \cdot \eta_E = E_{cm} \cdot \left(\frac{\rho}{2000} \right)^2 = 33 \cdot \left(\frac{1670}{2000} \right)^2 = 23 \text{ N/mm}^2 \quad (3.199)$$

čia : E_{cm} - betono tamprumo modulis;

ρ - 1,8 tankio klasės betono tankis;

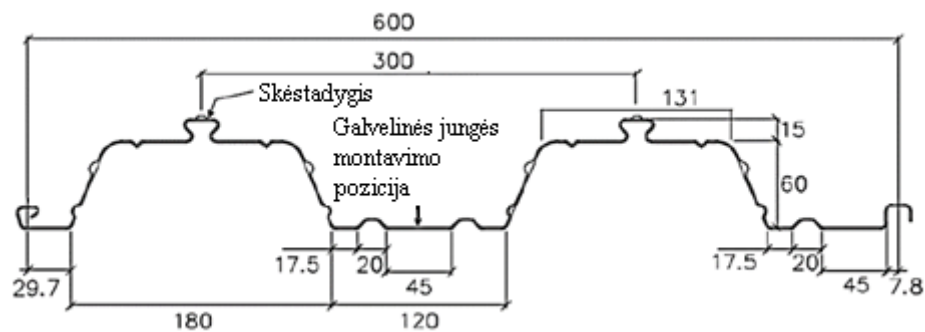
γ_C - betono dalinis saugos koeficientas.

Santykis E_s/E_{cm} :

$$\alpha_0 = \frac{E_s}{E_{lcm}} = \frac{210}{23} = 9,13 \quad (3.200)$$

Kad supaprastinti skaičiavimus ir nereikėtų atlikti skirtingų skaičiavimų nuolatinėms ir trumpalaikėms apkrovoms, priimamas santykis E_s/E_{cm} , lygus $2\alpha_0=18,3$.

Betonuojant neišramstyta perdangą, 3,75 m tarpatriamiui pakloto gylis turėtų būti apie 100 mm gylio, kad sumažinti grindų storį priimama, jog statybos metu paklotas bus išramstytas viduryje tarpatriamio. Tokiu atveju pirminiam skaičiavimui pasirenkamas ComFlor 60 profiliuotos skardos lakštas pav. 2.17, kurio visas gylis yra 75 mm, 15 mm atstumas nevertinamas skaičiuojant betono aukštį virš profiliuoto skardos lakšto, darant tokią prielaidą profilio gylis yra 60 mm. Priimamas visas perdangos aukštis $h=160$ mm, iš to seka, kad betono sluoksnis virš profiliuotos skardos $h_c=100$ mm, profiliuoto skardos lakšto svorio centras yra per 29,6 mm nutolęs nuo jo apačios, dėl to efektyvusis aukštis yra $d_p=160-29,6=130,4$ mm, tada efektyviojo aukščio ir tarpatriamio santykis yra lygus $3750/130,4=28,8$, nors toks santykis yra didesnis už rekomenduojamą (LST EN 1992-1-1 7.4 lentelė), tačiau armatūra virš šalutinių sijų suteiks papildomo stiprumo tempimui.



3.26 pav. Pakloto skerspjūvis

Pakloto charakteristikos pavadinimas	Reikšmė
Garantuojamas minimalus plieno stipris pagal takumo ribą	$f_{yp}=350 \text{ N/mm}^2$
Lakšto storis	$t_p=0,86 \text{ mm}$
Vardinis lakštinio profiliuotio skerspjūvio plotas	$A_p=1276 \text{ mm}^2/\text{m}$
Skerspjūvio inercijos momentas	$I_p=0,928 \cdot 10^6 \text{ mm}^4/\text{m}$
Maksimalus plastinis lenkimo momentas kai apkrauta pusė pakloto	$M_{pa,s}=9,3 \text{ kNm/m}$
Maksimalus plastinis lenkimo momentas kai apkrauta visas paklotas	$M_{pa,h}=7,5 \text{ kNm/m}$
Atstumas nuo profilio apačios iki neutraliosios lenkimo ašies	$e=29,6 \text{ mm}$
Betono tūris 1m^2 grindų, kai perdangos aukštis 160 mm	$0,129 \text{ m}^3$
Pakloto svoris	$0,103 \text{ kN/m}^2$
Perdangos svoris kai gelžbetonio svoris $19,5 \text{ kN/m}^3$	$g_{k,p}=0,103+0,129 \cdot 19,5=2,62 \text{ kN/m}^2$

Nesukietėjusio betono tankis pagal EN 1992-1-1 yra didinamas 1 kN/m^3 , dėl padidinto drėgmės kiekio. Naudojimo apkrova statybos metu yra 1 kN/m^2 , taigi skaičiuotinės apkrovos yra :

Nuolatinė apkrova:

$$g_d = (g_{k,p} + 0,129) \cdot \gamma_G = (2,62 + 0,129) \cdot 1,35 = 3,71 \text{ kN/m}^2 \quad (3.201)$$

Naudojimo apkrova:

$$q_d = q_k \cdot \gamma_Q = 1,0 \cdot 1,5 = 1,5 \text{ kN/m}^2 \quad (3.202)$$

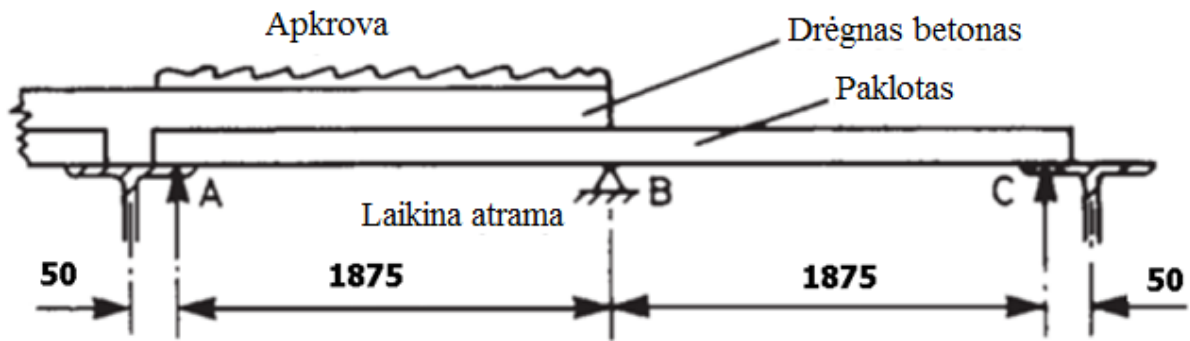
Suminės apkrovos statybos metu:

$$q_{d,ULS} = q_d + g_d = 3,71 + 1,5 = 5,21 \text{ kN/m}^2 \quad (3.203)$$

$$q_{d,SLS} = g_{k,p} + 0,129 + q_k = 2,62 + 0,129 + 1 = 3,75 \text{ kN/m}^2 \quad (3.204)$$

Priimu, kad šalutinių sijų viršutinių juostų plotis yra 150 mm, paklotas turi būti užleistas bent po 50 mm ant šalutinių sijų, priimant, kad atrama yra per 25 mm nuo juostos krašto efektyvusis ilgis tarpatramio ilgis yra lygus :

$$L_e = \frac{(3750 - 150 + 50)}{2} = 1825 \text{ mm}$$



3.27 pav. Pakloto skaičiuojamoji schema

3.6.1. Pakloto stiprumo tikrinimas

Tikrinamas pakloto stiprumas yra apkrauta pusė pakloto:

$$M_{\max,s} = \frac{49}{512} \cdot q_{d,ULS} \cdot L_e^2 = \frac{49}{512} \cdot 5,21 \cdot 1,825^2 = 1,66 \text{ kNm/m} < M_{pa,s} = 9,3 \text{ kNm/m} \quad (3.205)$$

Sąlyga tenkinama.

Tikrinamas pakloto stiprumas yra apkrautas visas paklotas:

$$M_{\max,h} = \frac{1}{8} \cdot q_{d,ULS} \cdot L_e^2 = \frac{1}{8} \cdot 5,21 \cdot 1,825^2 = 2,17 \text{ kNm/m} < M_{pa,h} = 7,5 \text{ kNm/m} \quad (3.206)$$

Sąlyga tenkinama.

3.6.2. Pakloto įlinkio tikrinimas

Priimant, kad parėmimo pasparos nelinksta tai maksimalus įlinkis statybos metu, kai yra apkrauta pusė pakloto:

$$\delta_{\max} = \frac{q_{d,SLS} \cdot L_e^4}{185 \cdot E_s \cdot I_p} = \frac{3,75 \cdot 1,825^4}{185 \cdot 0,21 \cdot 0,928} = 1,15 \text{ mm} < \delta_{\lim} = \frac{L_e}{180} = \frac{1825}{180} = 10,1 \text{ mm} \quad (3.207)$$

$$\delta_{\max} = 1,15 \text{ mm} < \frac{h}{10} = \frac{160}{10} = 16 \text{ mm}$$

Kadangi maksimalus įlinkis yra mažesnis negu 16 mm tai padidėjęs betono sluoksnio storis dėl pakloto išlinkimo yra nevertinamas.

3.6.3. Plokštės skaičiavimas naudojimo metu

Naudojimo metu, kompozitinės perdangos efektyvusis tarpatramio ilgis $L_e=3,65$ m, tačiau skaičiuojant šlyčiai tarpatramio ilgis priimamas $L_{e2}=3,75$ m, tam, kad būtų įvertinta visa plokštės apkrova šalutinių sijų skaičiavimui.

Charakteristinė nuolatinė apkrova nuo plokštės, lubų ir grindų:

$$g_k = g_{k,p} + g_{k,c} + g_{k,f} = 2,62 + 0,785 + 0,981 = 4,386 \text{ kN/m}^2 \quad (3.208)$$

Charakteristinė kintama apkrova nuo pertvarų ir naudojimo apkrovų:

$$q_{k,l} = q_w + q_k = 2 + 0,8 = 2,8 \text{ kN/m}^2 \quad (3.209)$$

Skaičiuotinė nuolatinė apkrova nuo plokštės, lubų ir grindų:

$$g_d = g_k \cdot \gamma_G = 4,386 \cdot 1,35 = 5,92 \text{ kN/m}^2 \quad (3.210)$$

Skaičiuotinė kintama apkrova nuo pertvarų ir naudojimo apkrovų:

$$q_d = q_k \cdot \gamma_Q = 2,8 \cdot 1,5 = 4,2 \text{ kN/m}^2 \quad (3.211)$$

Suminės apkrovos naudojimo metu:

$$q_{d,ULS} = g_d + q_d = 4,2 + 5,92 = 10,12 \text{ kN/m}^2 \quad (3.212)$$

$$q_{d,SLS} = g_k + q_{k,l} = 2,8 + 4,386 = 7,186 \text{ kN/m}^2 \quad (3.213)$$

Momentas plokštės viduryje:

$$M_{Ed} = \frac{q_{d,ULS} \cdot L_e^2}{8} = \frac{10,12 \cdot 3,65^2}{8} = 16,85 \text{ kNm} \quad (3.214)$$

Betoninės juostos su standžiaja šlyjamąja jungtimi skaičiuotinė gniuždomoji ašinė jėga:

$$N_{c,f} = \frac{A_p \cdot f_{yp}}{\gamma_{M0}} = \frac{1276 \cdot 0,35}{1,0} = 446,6 \text{ kN/m} \quad (2.215)$$

Priimame kad plastinė neutralioji ašis yra betone virš pakloto, tada gniuždomosios srities aukštis:

$$x_{pl} = \frac{N_{c,f}}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b} = \frac{446,6}{0,85 \cdot 20 \cdot 1,0} = 26,0 \text{ mm} \quad (3.216)$$

$x_{pl} < h_c = 100 \text{ mm}$, kas patvirtina prielaidą, kad plastinė neutralioji ašis yra betone virš pakloto. Kai $d_p = 130,4 \text{ mm}$ kompozitinio skerspjūvio lenkiamoji galia :

$$M_{Rd} = \frac{N_{c,f}}{d_p - x_{pl}/2} = \frac{446,6}{130,4 - 13} = 52,4 \text{ kNm/m} \quad (3.217)$$

Skaičiuotinė skersinė jėga kai tarptraimis 3,75m:

$$V_{Ed} = \frac{q_{d,ULS} \cdot L_{e2}}{2} = \frac{10,12 \cdot 3,75}{2} = 18,975 \text{ kN/m} \quad (3.219)$$

Priimant, kad $d_p = \max[130; 200] = 200$ (tik v_{\min} skaičiavime), skerspjūvio atsparumas šlyčiai yra :

$$v_{\min} = 0,035 \cdot \left[1 + \left(\frac{200}{d_p} \right)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 2^{\frac{3}{2}} \cdot 30^{\frac{1}{2}} = 0,542 \text{ N/mm}^2 \quad (3.220)$$

Kompozitinės perdangos plokštės šlyties laikomoji galia kai susidarančių sijų efektyvusis plotis $b_0 = 145$ mm ir kurios išdėstomos žingsniu $b = 300$ mm :

$$V_{Rd} = \frac{b_0}{b} \cdot d_p \cdot v_{\min} = \frac{145}{300} \cdot 130,4 \cdot 0,542 = 34,2 \text{ kN/m} \quad (3.221)$$

Stiprumo sąlyga:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} = \frac{18,975}{34,2} = 0,56 < 1 \quad (3.222)$$

Sąlyga tenkinama.

3.6.4. Išilginės šlyties tikrinimas naudojant m-k metodą

$$V_{1,Rd} = \frac{b \cdot d_p}{\gamma_{VS}} \cdot \left(\frac{m \cdot A_p}{b \cdot L_s} + k \right) = \frac{1000 \cdot 130,4}{1,25} \cdot \left(\frac{184 \cdot 1276}{1000 \cdot 937,5} + 0,0530 \right) = 31,65 \text{ kN/m} \quad (3.223)$$

čia : γ_{VS} - saugos ribinio būvio dalinis koeficientas $\gamma_{VS} = 1,25$

m ir k - empirinių koeficientų skaičiuotinės reikšmės, N/mm^2 , gaunamos iš plokščių bandymų, atitinkančių pagrindinius m-k metodo reikalavimus $m = 184 \text{ N/mm}^2$, $k = 0,0530 \text{ N/mm}^2$

L_s - šlyties tarptraimis, kai per visą tarptraimio ilgį veikia tolygiai paskirstyta apkrova $L_s = L/4 = 937,5$ mm

b - skaičiuojamasis plokštės plotis $b = 1000$ mm

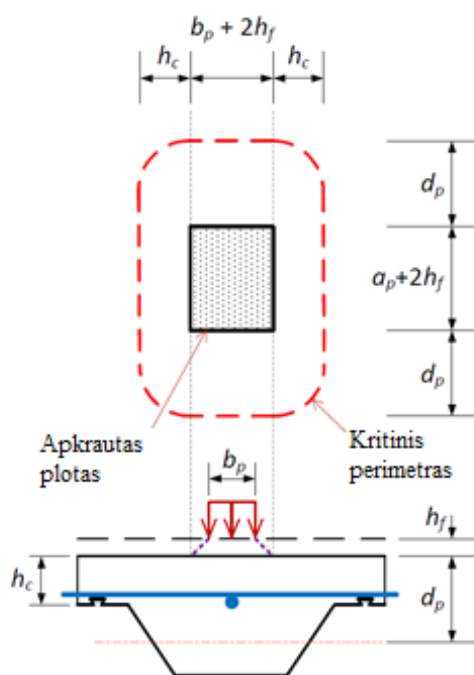
Stiprumo sąlyga:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{l,Rd}} = \frac{18,975}{31,65} = 0,60 < 1 \quad (3.224)$$

Sąlyga tenkinama. Taikyti iš dalies standžios jungties metodo nereikia.

3.6.5. Vietinių poveikių tikrinimas kompozitinėje plokštėje

Plokštę bet kurioje vietoje, kurios plotas $a_p \times b_p = 20\text{mm} \cdot 20\text{mm}$, gali veikti koncentruotoji skaičiuotinė apkrova $Q_{Ed} = Q_k \cdot \gamma_Q = 4,5 \cdot 1,3 = 6,75\text{kN}$, todėl plokštė turi būti tikrinama praspaudimui bei vietiniam lenkimui.



3.28 pav. Kritinio praspaudžiamosios šlyties perimetro skaičiuojamoji schema

Kritinio praspaudžiamosios šlyties perimetro ilgis:

$$\begin{aligned} c_p &= 2 \cdot \pi \cdot h_c + 2 \cdot b_p + 2 \cdot (a_p + 2 \cdot d_p - 2 \cdot h_c) = \\ &= 2 \cdot \pi \cdot 100 + 2 \cdot 20 + 2 \cdot (20 + 2 \cdot 130,4 - 2 \cdot 100) = 794\text{mm} \end{aligned} \quad (3.225)$$

Priimant kad armatūros tinklas A393($\emptyset 10$ mm armatūros strypai išdėstyti kas 200 mm abiem kryptimis) bus uždėtas ant pakloto efektyvusis šlyties gylis abiem kryptimis yra :

$$h_{sx} = h_c - h_r - \frac{d_s}{2} = 100 - 15 - \frac{10}{2} = 80\text{mm} \quad (3.226)$$

$$h_{sy} = h_c - h_r + \frac{d_s}{2} = 100 - 15 + \frac{10}{2} = 90\text{mm} \quad (3.227)$$

čia : h_r - iškišos iš profiliuoto skardos lakšto aukštis (5.2 pav.)

Armavimo santykiai abiem kryptimis :

$$\rho_x = \frac{A_s}{h_{sx}} = \frac{0,393}{80} = 0,0049; \rho_y = \frac{A_r}{h_{sy}} = \frac{0,393}{90} = 0,0044 \quad (3.228)$$

Bendras armavimo santykis :

$$\rho = \sqrt{\rho_x \cdot \rho_y} = \sqrt{0,0049 \cdot 0,0044} = 0,0046; \quad (3.229)$$

Priimant, kad $d = \max[85; 200] = 200$ (tik v_{Rd} skaičiavime), skaičiuotinis skerspjūvio atsparumas šlyčiai:

$$\begin{aligned} v_{Rd} &= \left(\frac{0,18}{\gamma_c} \right) \left[1 + \left(\frac{200}{d} \right)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{3}{2}} \cdot (100 \cdot \rho \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} = \\ &= \left(\frac{0,18}{1,5} \right) \left[1 + \left(\frac{200}{200} \right)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{3}{2}} \cdot (100 \cdot 0,46 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} = 0,816 \text{ N} / \text{mm}^2 \end{aligned} \quad (3.230)$$

čia : γ_c - betono dalinis koeficientas

d - atstumas nuo plokštės viršaus iki pakloto viršaus

Kompozitinės plokštės praspaudimo šlyties laikomoji galia:

$$V_{Rd} = v_{Rd} \cdot c_p \cdot d = 0,816 \cdot 0,794 \cdot 85 = 55,1 \text{ kN} \quad (3.231)$$

Stiprumo sąlyga:

$$\frac{Q_{Ed}}{V_{Rd}} = \frac{6,75}{55,1} = 0,12 < 1 \quad (3.232)$$

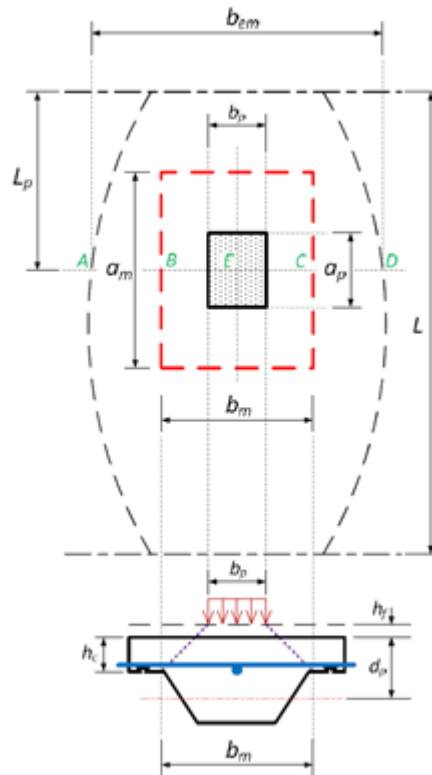
Sąlyga tenkinama.

3.6.6. Vietinio lenkimo tikrinimas

Priimama, kad apkrova yra paskirstyta $a_m \times b_m$ plote 45° kampu gilyn, tada:

$$a_m = a_p + 2(h_c - h_r) = 20 + 2(100 - 15) = 190 \text{ mm} \quad (3.233)$$

$$b_m = b_p + 2(h_c - h_r) = 20 + 2(100 - 15) = 190\text{mm} \quad (3.234)$$



3.29 pav. Efektyviojo kompozitinės plokštės pločio schema

Pavojingiausia apkrovos vieta vietiniam lenkimui yra kai plokštė yra apkrauta viduryje, tai $L_p=L/2=3,65/2=1,825$ m, tada efektyvusis plokštės plotis yra:

$$b_{em} = b_m + 2 \cdot L_p \left(1 - \frac{L_p}{L}\right) = 0,19 + 2 \cdot 1,825 \left(1 - \frac{1,825}{3,65}\right) = 2,015\text{m} \quad (3.235)$$

Išilginis momentas ilgyje $L_p=L/2$ nuo koncentruotos apkrovos efektyviajame plotyje:

$$m_{Ed} = \frac{Q_{Ed} \cdot L_p \left(1 - \frac{L_p}{L}\right)}{b_{em}} = \frac{6,75 \cdot 1,825 \left(1 - \frac{1,825}{3,75}\right)}{2,015} = 3,1\text{kNm/m} < M_{Rd} = 52,4\text{kNm/m} \quad (3.236)$$

Skersinis momentas nuo koncentruotos apkrovos:

$$M_{Ed} = \frac{Q_{Ed} \cdot (b_{em} - b_m)}{8} = \frac{6,75 \cdot (2,015 - 0,19)}{8} = 1,54\text{kNm/m} \quad (3.237)$$

Šis lenkimo momentas yra perimamas plokštės efektyviajame ilgyje a_m , tada momentas į tiesinį metrą:

$$m_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{a_m} = \frac{1,54}{0,19} = 8,1 \text{ kNm/m} < M_{Rd} = 52,4 \text{ kNm/m} \quad (3.238)$$

Skaičiuotinė plastinė ašinė laikomoji armatūros galia:

$$N_s = A_s \cdot f_{sd} = 393 \cdot 0,435 = 170,9 \text{ kN} \quad (3.239)$$

čia : f_{sd} - skaičiuotinis armatūros stipris pagal takumo ribą.

Gniuždomosios zonos aukštis:

$$x_s = \frac{N_s}{0,85 \cdot f_{cd} \cdot b} = \frac{170,9}{0,85 \cdot 20 \cdot 1,0} = 10,1 \text{ mm} \quad (3.240)$$

Skerspjūvio lenkiamoji galia:

$$m_{Rd} = N_s \cdot \left(h_{sx} - \frac{x_s}{2} \right) = 170,9 \cdot \left(80 - \frac{10,1}{2} \right) = 12,81 \text{ kNm/m} \quad (3.241)$$

Stiprumo sąlyga:

$$\frac{m_{Ed}}{m_{Rd}} = \frac{8,1}{12,81} = 0,62 < 1 \quad (3.242)$$

Sąlyga tenkinama.

Kad išvengtų betono pleišėjimo virš atramų armavimo koeficientas turėtų būti nemažesnis negu $\rho_{\min}=0,4\%$, betono aukštis virš profiliuoto skardos lakšto lygus $h_c=100$ mm, tada reikalingas armatūros plotas virš atramų yra lygus:

$$A_s = \rho_{\min} \cdot b \cdot h_c = 0,004 \cdot 1000 \cdot 100 = 400 \text{ mm}^2 / \text{m} \quad (3.243)$$

Reikalingas armatūros plotas į ilgio vienetą yra didesnis negu, parinkto tinklo A393, dėl to reikėtų papildomo armavimo virš atramų tačiau skirtumas yra mažesnis negu 2%, todėl jo nevertinu.

3.7. KOMPOZITINĖS PERDANGOS SIJOS PROJEKTAVIMAS

Preliminarus plieninės sijos skerspjūvio parinkimas

Sija projektuojama iš S355 klasės plieno. Rekomenduojamas perdangos ir tarpatramio aukščių santykis yra $L/18$, tada preliminarus perdangos aukštis yra:

$$h = \frac{L}{18} = \frac{14000}{18} = 777 \text{ mm} \quad (3.244)$$

Rekomenduojamas sijos aukštis :

$$h_a = h - h_t = 777 - 160 = 617 \text{ mm} \quad (3.245)$$

Pagal rekomendacijas parenkama IPE 600 sija, skerspjūvio pagrindinės charakteristikos yra šios :

$t_w=12 \text{ mm};$	$W_x=3069 \text{ cm}^3;$	$I_y=3387 \text{ cm}^4;$	$A_{\text{net}}=156 \text{ cm}^2;$
$t_f=19 \text{ mm};$	$W_y=308 \text{ cm}^3;$	$h=600 \text{ mm};$	$m=122 \text{ kg/m}$
$r=24 \text{ mm}$	$I_x=92085 \text{ cm}^4;$	$b_f=220 \text{ mm};$	

3.7.1. Plieninės sijos skerspjūvio klasės nustatymas

Atstumas nuo juostos krašto iki sienutės yra:

$$c_f = \frac{b_f - t_w}{2} - r = \frac{220 - 12}{2} - 24 = 80 \text{ mm} \quad (3.245)$$

Sienutės aukštis yra:

$$c_w = h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r = 600 - 2 \cdot 19 - 2 \cdot 24 = 514 \text{ mm} \quad (3.246)$$

Tikriname ar lentyną galima priskirti 1 skerspjūvio klasei:

$$\frac{c_f}{t_f} = \frac{80}{19} = 4,2 < 9 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 9 \cdot \sqrt{\frac{235}{355}} = 7,29 \quad (3.247)$$

Lentyna priskiriama 1 skerspjūvio klasei.

Tikriname ar sienutę galima priskirti 1 skerspjūvio klasei:

$$\frac{c_w}{t_w} = \frac{514}{12} = 42,8 < 72 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 72 \cdot \sqrt{\frac{235}{355}} = 58,5 \quad (3.248)$$

Sienutė priskiriama 1 skerspjūvio klasei.

3.7.2. Plieninės sijos stiprumo statybos metu tikrinimas

3.15 lentelė. Kompozitinės sijos apkrovos statybos metu

Nr.	Apkrovos pavadinimas	Norminė apkrova q _k , kN/m	Patikimumo koeficientas	Skaičiuotinė apkrova q _d , kN/m
	1	2	3	4
1	Sijos svoris 122 · 9,81/1000 = 1,197	1,197	γ _G = 1,35	1,62
2	Pakloto svoris 0,103 · 3,75/2 = 0,193	0,193	γ _G = 1,35	0,261
	Σg _k =	1,390	Σg _d =	1,877
3	Drėgno betono svoris 2,64 · 3,75/2 = 4,95	4,95	γ _Q = 1,3	7,425
4	Naudojimo apkrova statybos metu 1,0 · 3,75/2 = 1,825	1,825	γ _Q = 1,3	2,738
	Σq _k =	6,775	Σq _d =	10,163
	q _{d,SLS} =	8,165	q _{d,ULS} =	12,04

Priimame, kad kolonų skerspjūvio aukštis yra 400 mm, tada sijos ilgis L=14000-400=13600 mm, tai momentas sijos viduryje yra lygus :

$$M_{y,Ed} = \frac{q_{d,ULS} \cdot L^2}{8} = \frac{12,04 \cdot 13,6^2}{8} = 278,36 \text{ kNm} \quad (3.249)$$

Skersinė jėga ties atramomis :

$$V_{z,Ed} = \frac{q_{d,ULS} \cdot L}{2} = \frac{12,04 \cdot 13,6}{2} = 81,87 \text{ kN} \quad (3.250)$$

Reikalingas sijos atsparumo momentas :

$$W_x = \frac{M_{Ed}}{f_y \cdot \gamma_{M0}} = \frac{278,36}{355 \cdot 1,0} \cdot 1000 = 784,1 \text{ cm}^3 < 3069 \text{ cm}^3 \quad (3.251)$$

Sąlyginis skersinio sukamojo klupumo liaunis:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \frac{L}{i_z \cdot 89} = \frac{1360}{4,66 \cdot 89} = 3,28 \quad (3.252)$$

Skersinio sukamojo klupumo koeficientas:

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2 \cdot \beta}}, \text{bet} \begin{cases} \chi_{LT} \leq 1 \\ \chi_{LT} \leq \frac{1}{\bar{\lambda}_{LT}^2} \end{cases} \quad (3.253)$$

čia: β – valcuotų profiliuotųjų skersinio sukamojo klupumo kreivių korekcijos koeficientas
 $\beta=0,75$;

Φ_{LT} – rodiklis skersinio sukamojo klupumo koeficientui nustatyti.

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \cdot \beta \right] \quad (3.254)$$

čia: $\bar{\lambda}_{LT,0}$ – valcuotų profiliuotųjų skersinio sukamojo klupumo kreivių tiesiosios dalies ilgis $\bar{\lambda}_{LT,0} = 0,4$;

α_{LT} – nuokrypos koeficientas, kai $h/b_f=600/220=2,7>2$, tai klupumo kreivė c ir
 $\alpha_{LT}=0,49$.

Tada, rodiklis skersinio sukamojo klupumo koeficientui nustatyti lygus:

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot \left[1 + 0,49 \cdot (1,64 - 0,4) + 1,64^2 \cdot 0,75 \right] = 5,24 \quad (3.255)$$

Tada skersinio sukamojo klupumo koeficientas:

$$\chi_{LT} = \frac{1}{5,24 + \sqrt{5,24^2 - 3,28^2 \cdot 0,75}} = 0,097, \text{bet} \begin{cases} \chi_{LT} \leq 1 \\ \chi_{LT} \leq \frac{1}{3,28^2} = 0,093 \end{cases} \quad (3.256)$$

Taigi, $\chi_{LT}=0,093$

Skaičiuotinė lenkiamosios klumpamosios galios reikšmė:

$$M_{b,Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,093 \cdot 3069000 \cdot 355 \cdot 10^{-6}}{1,0} = 105,94 \text{ kNm} \quad (3.257)$$

Sijos stiprumas montavimo metu nepakankamas, nes:

$$M_{b,Rd} = \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{278,36}{105,94} = 2,69 \quad (3.258)$$

Kadangi sija išklumpa iš plokštumos montavimo metu naudojami laikinieji ryšiai, kuriais per vidurį sijos bus sutvirtintos tol, kol konstrukcija pasieks kompozitinę būseną, dėl šios priežasties sija perskaičiuojama kaip sija su įtvirčiais.

Atskiri gniuždomos juostos šoninių įtvirčius turintys elementai nėra jautrūs skersiniam sukamajam klupdymui, jei atstumas L_c tarp įtvirčių arba lygiavertės gniuždomosios juostos atstojamasis liaunis λ_f atitinka sąlygą:

$$\bar{\lambda}_f = \frac{k_c \cdot L_c}{i_{f,z} \cdot \lambda_1} \leq \bar{\lambda}_{c,0} \cdot \frac{M_{c,Rd}}{M_{y,Ed}} \quad (3.259)$$

čia: $M_{c,Rd}$ – didžiausioji skaičiuotinė lenkiamojo momento tarp įtvirčių reikšmė;

$$M_{c,Rd} = \frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{3069000 \cdot 355 \cdot 10^{-6}}{1,0} = 1089,5 kNm$$

k_c – liaunio korekcijos koeficientas, įvertinantis momentų pasiskirstymą tarp įtvirčių, $k_c=0,94$

$i_{f,z}$ – lygiavertės gniuždomosios juostos ploto, kuri sudaro gniuždomoji juosta ir 1/3 gniuždomojo sienelės ploto, inercijos momento spindulys aplink skerspjūvio silpnąją ašį $i_{f,z} \approx 5,60 \text{ cm}$;

$\bar{\lambda}_{c,0}$ – lygiavertės gniuždomosios juostos liaunio ribinis rodiklis ;

$$\bar{\lambda}_{c,0} = \bar{\lambda}_{LT,0} + 0,1 = 0,4 + 0,1 = 0,5$$

λ_1 – liaunio reikšmė sąlyginiam liauniui nustatyti;

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235}{355}} = 76,40$$

$$\bar{\lambda}_f = \frac{0,94 \cdot 1360}{5,6 \cdot 76,4 \cdot 2} = 1,49 < 0,5 \cdot \frac{1089,5}{278,36} = 1,95 \quad (3.260)$$

Sijos su įtvirčiais atstojamojo liaunio sąlyga tenkinama.

Kadangi skerspjūvio neveikia sukimas, tai skaičiuotinė plastinė šlyjamoji galia apskaičiuojama taip :

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{7960 \cdot (355 / \sqrt{3}) \cdot 10^{-3}}{1,0} = 1631,5 kN \quad (3.261)$$

čia : A_v – šlyjamasis plotas valcuotam profiliui su sienelei lygiagrečia apkrova;

$$A_v = A - 2 \cdot b_f \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f = 156 - 2 \cdot 22 \cdot 1,9 + (1,2 + 2 \cdot 2,4) \cdot 1,2 = 79,6 cm^2$$

Atsparumas šlyčiai pakankamas, nes $V_{pl,Rd}/2 = 815,8 kN > V_{z,Ed} = 81,87 kN$.

3.7.3. Kompozitinės sijos stiprumo naudojimo metu tikrinimas

3.16 lentelė. Kompozitinės sijos apkrovos naudojimo metu

Nr.	Apkrovos pavadinimas	Norminė apkrova q_k , kN/m	Patikimumo koeficientas	Skaičiuotinė apkrova q_d , kN/m
	1	2	3	4
1	Sijos svoris $122 \cdot 9,81 / 1000 = 1,197$	1,197	$\gamma_G = 1,35$	1,62
2	Pakloto svoris $0,103 \cdot 3,75 / 2 = 0,193$	0,193	$\gamma_G = 1,35$	0,261
3	Betono svoris $2,52 \cdot 3,75 = 9,45$	9,45	$\gamma_G = 1,35$	12,758
4	Grindų apkrova $0,981 \cdot 3,75 = 3,679$	3,679	$\gamma_G = 1,35$	4,967
5	Lubų apkrova $0,785 \cdot 3,75 = 2,943$	2,943	$\gamma_G = 1,35$	3,973
$\Sigma q_k =$		16,915	$\Sigma g_d =$	22,835
6	Naudojimo apkrova $2 \cdot 3,75 = 7,5$	7,5	$\gamma_Q = 1,3$	11,5
7	Pertvarų apkrova $0,8 \cdot 3,75 = 3$	3	$\gamma_Q = 1,3$	4,5
$\Sigma q_k =$		10,5	$\Sigma q_d =$	16
$q_{d,SLS} =$		27,415	$q_{d,ULS} =$	38,835

Lenkimo momentas sijos viduryje yra lygus :

$$M_{Ed} = \frac{q_{d,ULS} \cdot L^2}{8} = \frac{38,835 \cdot 13,6^2}{8} = 897,9 kNm \quad (3.262)$$

Skersinė jėga ties atramomis :

$$V_{z,Ed} = \frac{q_{d,ULS} \cdot L}{2} = \frac{38,835 \cdot 13,6}{2} = 264,1 kN \quad (3.263)$$

Vientisųjų plokščių ir apibetonuotojo sluoksnio galvelinės jungės laikomoji galia yra mažesnioji iš šių reikšmių:

Galvelinės jungės stiprumas:

$$P_{Rd} = \frac{0,8 \cdot f_u \left(\frac{\pi \cdot d^2}{4} \right)}{\gamma_V} = \frac{0,8 \cdot 450 \left(\frac{\pi \cdot 20^2}{4} \right)}{1,25 \cdot 1000} = 90,5 kN \quad (3.264)$$

Betono stiprumas:

$$P_{Rd} = \frac{0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}}}{\gamma_V} = \frac{0,29 \cdot 1 \cdot 20^2 \cdot \sqrt{30 \cdot 23000}}{1,25 \cdot 1000} = 77,1 kN \quad (3.265)$$

čia : f_u - tempiamasis ribinis jungės medžiagos stipris 450 N/mm^2 ;

d - jungės diametras $d=20$;

γ_V - dalinis koeficientas šlyjamajai jungčiai $\gamma_V=1,25$;

α - koeficientas priklausantis nuo jungės aukščio ($h_{sc}=120 \text{ mm}$) ir diametro santykio $\alpha=1$.

$$P_{Rd} = \min[90,5; 77,1] = 77,1 kN \quad (3.266)$$

Kadangi šiuo atveju yra projektuojama kompozitinė perdanga su skersai atraminių sijų esančiomis bangomis tai skaičiuotinė šlyjamoji vientisosios plokštės galia dauginama iš pataisos koeficiento k_t , kuris apskaičiuojamas taip :

$$k_t = \frac{0,7 \cdot b_0}{\sqrt{n_r} \cdot h_p} \cdot \left(\frac{h_{sc}}{h_p} - 1 \right) \quad (3.267)$$

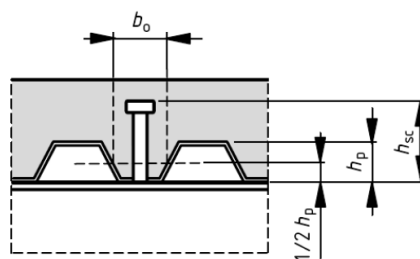
čia: n_r – vienos bangos sankirtos su sija galvelinių jungių skaičius;

h_{sc} – galvelinės jungės aukštis $h_{sc}=120 \text{ mm}$;

h_p – bangos aukštis $h_p=60 \text{ mm}$;

b_0 – bangos plotis $b_0=145 \text{ mm}$;

h_c – betono aukštis virš bangos $h_c=100 \text{ mm}$;



3.30 pav. Sija su jai statmenu lakštiniu plieniniu profiliuočiu

Pataisos koeficientas, kai atramoje naudojama viena galvelinė jungė:

$$k_t = \frac{0,7 \cdot 145}{\sqrt{1} \cdot 60} \cdot \left(\frac{120}{60} - 1 \right) = 1,69 \leq 0,85 \quad (3.268)$$

Pataisos koeficientas, kai atramoje naudojama dvi galvelinės jungės:

$$k_t = \frac{0,7 \cdot 145}{\sqrt{2} \cdot 60} \cdot \left(\frac{120}{60} - 1 \right) = 1,19 \leq 0,7 \quad (3.270)$$

Kadangi lakšto storis $0,9 \text{ mm}$, o galvelinės jungės diametras 20 mm , tai pagal apskaičiuotus pataisos koeficientus nustatomos pakoreguotos galvelinės jungės laikomosios galios, kai naudojama viena galvelinė jungė, tai $P_{Rd,1} = 77,1 \cdot 0,85 = 65,54 \text{ kN}$, kai naudojamos dvi jungės tai $P_{Rd,2} = 77,1 \cdot 0,7 = 53,97 \text{ kN}$.

Efektyvusis betoninės juostos plotis apskaičiuojamas įvertinant tai, kad galvelinės jungės, kurių diametras $d = 20 \text{ mm}$, turi būti minimaliai atitrauktos per 20 mm nuo plieninės sijos juostos krašto:

$$b_{eff} = L/4 + b - 2 \cdot 0,02 - d = 13,6/4 + 0,22 - 2 \cdot 0,02 - 0,02 = 3,56 \text{ m} \quad (3.271)$$

Betoninės juostos su standžiąja šlyjamąja jungtimi skaičiuotinė gniuždomoji ašinė jėga yra:

$$N_{c,f} = b_{eff} \cdot h_c \cdot 0,85 \cdot f_{cd} = 3560 \cdot 100 \cdot 0,85 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 6052 \text{ kN} \quad (3.272)$$

Galvelinės jungės išdėstomos, kas 300 mm per visą sijos ilgį, naudojant jungtyje po 1 jungę gaunama, kad reikia 45 vnt. o dedant junges poromis 90 vnt..

Betoninės juostos skaičiuotinė gniuždomoji jėga, kai jungės išdėstomos po 1:

$$N_{c,1} = n \cdot P_{Rd,1} = 45 \cdot 65,54 = 2949,3 \text{ kN} \quad (3.273)$$

Betoninės juostos skaičiuotinė gniuždomoji jėga, kai jungės išdėstomos po 2:

$$N_{c,2} = n \cdot P_{Rd,2} = 90 \cdot 53,97 = 4857,3kN \quad (3.274)$$

Tikrinamas jungties veiksnio laipsnis, kai jungtės išdėstomos po 1:

$$\eta_1 = \frac{N_{c1}}{N_{cf}} = \frac{2949,3}{6052} = 0,49 > 0,4 \quad (3.275)$$

Tikrinamas jungties veiksnio laipsnis, kai jungtės išdėstomos po 2:

$$\eta_2 = \frac{N_{c2}}{N_{cf}} = \frac{4857,3}{6052} = 0,80 > 0,4 \quad (3.276)$$

Abiem atvejais šlyjamosios jungties standumo laipsnis yra mažesnis už 1, todėl jungtis yra lanksti.

Nustatomas minimalus iš dalies standžios šlyjamosios jungties standumo laipsnių santykis, simetriniui plieniniui profiliuociui, kurio ilgis 13,6 m:

$$\eta_{\min} \geq 1 - \left(\frac{355}{f_y} \right) \cdot (0,75 - 0,04 \cdot L_e) = 1 - \left(\frac{355}{355} \right) \cdot (0,75 - 0,04 \cdot 13,6) = 0,794 \quad (3.277)$$

Taigi $\eta_1=0,49 < \eta_{\min}=0,794 < \eta_2=0,80$, todėl galvelinės jungtės išdėstomos poromis, kas 300 mm, kad būtų tenkinami minimalūs reikalavimai.

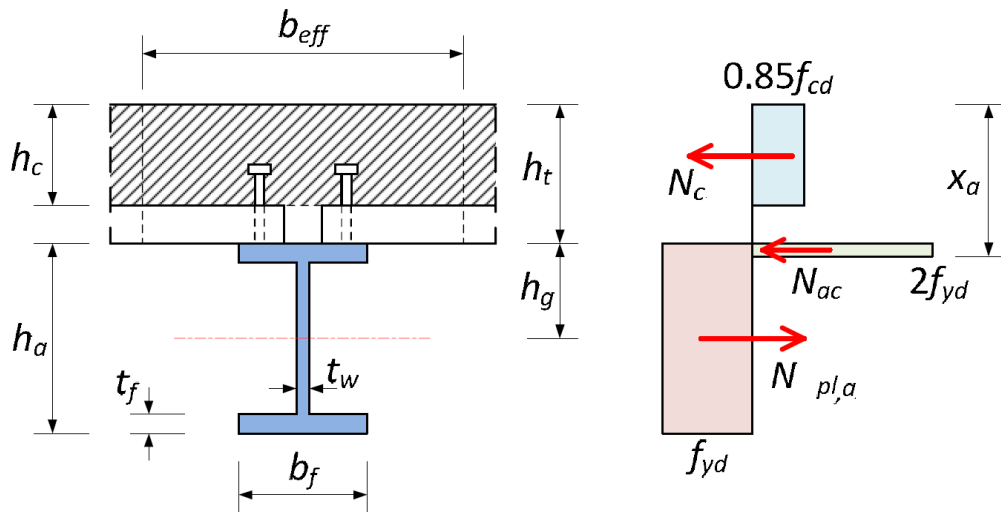
Tada, skaičiuotinė plastinė ašinė laikomoji plieno skerspjūvio galia:

$$N_{pl,a} = A_{net} \cdot f_{yd} = 15600 \cdot 355 \cdot 10^{-3} = 5538kN \quad (3.278)$$

Sumažintoji betoninės juostos gniuždomoji jėga:

$$N_{pl,a} > N_c = \eta_2 \cdot N_{c,f} = 6052 \cdot 0,8 = 4841,6kN \quad (3.279)$$

Kadangi naudojamos lanksčios jungtės, sijos kritinio skerspjūvio lenkiamoji galia M_{Rd} apskaičiuojama taikant standžiąją plastiškumo teoriją, su dviem neutraliosiomis ašimis, kurių viena yra plokštėje, kita plieninio skerspjūvio lentynoje 3.23 pav..



3.31 pav. Plastinių momentų pasiskirstymas veikiant teigiamajam lenkiamajam momentui ir esant iš dalies standžiai jungčiai

Betoninės juostos gniuždomosios zonos aukštis:

$$x_c = \frac{N_c}{0,85 \cdot b_{eff} \cdot f_{cd}} = \frac{4841,6 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 3560 \cdot 20} = 80 \text{ mm} \quad (3.280)$$

Tada, kompozitinės sijos plieninio profiliuotio lentyną veikianti skaičiuotinė ašinė gniuždymo jėga:

$$N_{ac} = N_{pl,a} - N_c = 5538 - 4841,6 = 696,4 \text{ kN} \quad (3.281)$$

Gniuždomos zonos aukštis plieninio profilio viršutinėje lentynoje:

$$x_{ac} = \frac{N_{ac}}{b_f \cdot 2 \cdot f_{cd}} = \frac{696,4 \cdot 10^3}{220 \cdot 2 \cdot 355} = 4,5 \text{ mm} < 19 \text{ mm} \quad (3.282)$$

Skaičiuotinė klumpamoji lenkiamoji kompozitinės sijos galia:

$$M_{b,Rd} = N_{pl,a} \cdot (h_a / 2 + h_t - x_c / 2) - N_{ac} \cdot (h_t + x_{ac} / 2 - x_c / 2) = 5538 \cdot (0,6 / 2 + 0,16 - 0,080 / 2) - 696,4 \cdot (0,16 - 0,08 / 2) = 1972,2 \text{ kNm} \quad (3.283)$$

Sijos stiprumas pakankamas $M_{Ed}/M_{b,Rd} = 897,9/1972,2 = 0,46$.

Atsparumas šlyčiai pakankamas, nes $V_{pl,Rd}/2 = 815,8 \text{ kN} > V_{z,Ed} = 264,1 \text{ kN}$.

3.7.4. Kompozitinės sijos įlinkių skaičiavimas

Kompozicinės perdangos plokštės bendras įlinkis susideda iš plieninės sijos įlinkių susidariusių statybos metu bei kompozicinės sijos įlinkių nuo nuolatinių ir naudojimo apkrovų.

Nuolatinės apkrovos plieninei sijai susideda iš sijos svorio, pakloto svorio ir perdangos plokštės svorio:

$$g_1 = 1,197 + 0,193 + 9,45 = 10,84 \text{ kN/m} \quad (3.284)$$

Nuolatinės apkrovos kompozitinei sijai susideda iš grindų bei lubų svorio:

$$g_2 = 3,679 + 2,943 = 6,622 \text{ kN/m} \quad (3.285)$$

Kintamos apkrovos kompozitinei sijai:

$$q = \sum q_k = 10,5 \text{ kN/m} \quad (3.286)$$

Atstumas nuo kompozitinės plokštės viršaus iki plieninės sijos vidurio:

$$z_g = 600/2 + 160 = 460 \text{ mm} \quad (3.287)$$

Minimalus plokštės storis yra 85 mm, bet daugiau negu 90% plokštės ploto yra bent 100 mm storio, todėl kompozitinės plokštės inercijos momento skaičiavimui priimsime vidutinę betono storio reikšmę virš pakloto $h_c = 100 \text{ mm}$.

Tarkim, kad kompozitinės plokštės ploto centras yra gylyje x , tada iš statinių momentų lygties apie svorio centrą galima rasti dydį x :

$$A_{net} \cdot (z_g - x) = \frac{b_{eff} \cdot h_c \cdot (x - h_c/2)}{\alpha} \rightarrow x = \frac{\alpha \cdot A_{net} \cdot z_g + b_{eff} \cdot h_c^2 / 2}{b_{eff} \cdot h_c + \alpha \cdot A_{net}} \quad (3.288)$$
$$x = \frac{\alpha \cdot A_{net} \cdot z_g + b_{eff} \cdot h_c^2 / 2}{b_{eff} \cdot h_c + \alpha \cdot A_{net}} = \frac{18,3 \cdot 156 \cdot 46 + 3560 \cdot 10^2 / 2}{3560 \cdot 10 + 18,3 \cdot 156} = 8,04 \text{ cm}$$

Tada kompozitinės plokštės inercijos momentas lygus:

$$I_{x,comp} = I_x + A_{net} \cdot (z_g - x)^2 + \frac{b_{eff} \cdot h_c}{\alpha} \cdot \left[\frac{h_c^2}{12} + \left(x - \frac{h_c}{2} \right)^2 \right] \quad (3.289)$$

$$I_{x,comp} = 92085 + 156 \cdot (46 - 8,04)^2 + \frac{3560 \cdot 10}{18,3} \cdot \left[\frac{10^2}{12} + \left(8,04 - \frac{10}{2} \right)^2 \right] = 568512 \text{ cm}^4$$

Apskaičiuojami plieninės sijos įlinkiai:

$$d_{g1} = \frac{5 \cdot g_1 \cdot L^4}{384 \cdot E_s \cdot I_x} = \frac{5 \cdot 10,84 \cdot 13600^4}{384 \cdot 210000 \cdot 92085 \cdot 10^4} = 24,97 \text{ mm} \quad (3.290)$$

Apskaičiuojami kompozitinės sijos įlinkiai nuo lubų bei grindų svorio:

$$d_{g2} = \frac{5 \cdot g_1 \cdot L^4}{384 \cdot E_s \cdot I_{x,comp}} = \frac{5 \cdot 6,662 \cdot 13600^4}{384 \cdot 210000 \cdot 568512 \cdot 10^4} = 2,49 \text{ mm} \quad (3.291)$$

Apskaičiuojami kompozitinės sijos įlinkiai nuo naudojimo apkrovų:

$$d_q = \frac{5 \cdot g_1 \cdot L^4}{384 \cdot E_s \cdot I_{x,comp}} = \frac{5 \cdot 10,5 \cdot 13600^4}{384 \cdot 210000 \cdot 568512 \cdot 10^4} = 3,92 \text{ mm} \quad (3.292)$$

Viso suminis sijos įlinkis lygus :

$$d = d_{g1} + d_{g2} + d_q = 24,97 + 2,49 + 3,92 = 31,38 \text{ mm} \quad (3.293)$$

Sijos įlinkis neviršija ribinio konstrukcinio įlinkio $d = 31,38 \text{ mm} < d_{lim} = 40 \text{ mm}$, išankstinis sijos išlinkis nereikalingas.

4. TECHNOLOGINĖ IR EKONOMINĖ DALYS

4.1. TECHNOLOGINĖ DALIS

4.1.1. Technologinės dalies paskirtis

Ši technologinė dalis rengiama projektuojamo pastato pirmo aukšto plieninių kolonų ir sijų montavimo procesui aprašyti. Procesas susideda iš plieninių kolonų, WQ tipo sijų montavimo. Konstrukcijos bus montuojamos, iš 15 krano stovėjimo pozicijų. Montavimo darbai vyksta normaliomis sąlygomis.

4.1.2. Konstrukcijų montavimo technologija

Konstrukcijų transportavimo į statybos aikštelę grafikas turi būti suderintas su plieninių kolonų ir sijų gamintojo projektų vadovais. Atvežus konstrukcijas į statybų aikštelę, prieš jas iškeliant iš transporto priemonės, techninės priežiūros inžinierius rulete patikrina konstrukcijų geometriją, patikrina ar gaminiai nėra pažeisti. Gaminys turi turėti savo techninį pasą, kuriame turi būti nurodyta gaminio markė, svoris. Jeigu gaminys nebrokuotas jis perkeliamas į paruoštą atvirą sandėliavimo aikštelę.

Kolonos bei sijos iškraunamos į jų sandėliavimo aikštelę naudojantis dvišakiais kobiniais, bei juostiniais stropais. kėlimo priemonių galia turi būti didesnė už keliamo gaminio svorį. Keliant būtina užtikrinti, kad kampas tarp kobinių šakų būtų $<90^\circ$. Kolonos bei sijos sandėliuojamos ant lygaus tvirto pagrindo, atramas dedant dvejuose rėmimo taškuose, po kėlimo kilpomis sandėliuojant sijas ir trijose vienodais atstumais nutolusiose vietose sandėliuojant kolonas. Tarpinis perdangos plokščių sandėliavimas statybos aikštelėje nereikalingas, nes gaminiai montuojami tiesiai iš sunkvežimio. Jei dėl nenumatytų priežasčių tarpinis sandėliavimas yra atliekamas, tam tikslui reikia paruošti horizontaliai išlygintą aikštelę. Gaminiai į rietuves kraunami ne daugiau kaip po 6-9 vienetus (rietuvės $h \leq 2,5$ m) ir atraminius tašelius dėti vertikalėje viena virš kito. Plokštės galai nuo atraminių tašelių turi būti išsikišę ne daugiau 40 cm. Kolonų ir sijų sandėliai projektuojami krano darbo zonos ribose, kad montuojant būtų patogų prikabinti.

Prieš keliant koloną, ant kolonos 1-2 mm storio markeriu pažymimos vertikaliosios ašys. Ašys žymimos iš trijų pusių ties kolonos viršumi ir ties kolonos baze. Kolonų kėlimas į projektinę padėtį vykdomas vienšakiu grandininio stropu, sijų kėlimas dvišakiu grandininio stropu kablius kabinant prie specialių kėlimui skirtų kilpų.

Prieš kolonų montavimą reikia, iš pamatus įrengusios įmonės ar užsakovo atstovų, priimti atliktų darbų kontrolines geodezines nuotraukas ir ašių žymėjimą ant pamatų. Paskui kolona

prikabinama ir keliama dviem etapais. Pirmiausia truputį keliamas vienas jos galas. Įsitikinus, kad kolona prikabinta patikimai, ji keliama į projekcinę padėtį. Kolonos padėtis erdvėje reguliuojama atotampa. Pakėlę koloną virš pamato, montuotojai atsargiai nuleidžia ją ant pamato inkarinių varžtų. Pastatyta kolona sureguliuojama teodolitu, pritvirtinama inkariniais, varžtais, išramstoma ir atkabinama nuo kabinimo įtaisų. Tarp dviejų sumontuotų kolonas, yra montuojamos WQ skerspjuvio sijos. Pakėlus siją į projekcinę padėtį sija yra padedama ant kolonoje esančiu konsolių ir laikinai privirinama naudojant montažines plokšteles, įsitikinus, kad sija pritvirtinta patikimai siją galima atkabinti nuo kabinimo įtaisų. Kitų konstrukcijų montavimas vyksta tokia pačia darbų seka, kaip ir pirmųjų, kranui judant nustatyta judėjimo trajektorija. Sumontavus pirmo aukšto kolonas ir sijas vyksta perdangos plokščių montavimas.

Kiaurymėtos perdangos plokštės montuojamos ant išlyginamosios neopreno juostelės, pritvirtintos prie laikančiosios konstrukcijos. Prieš montuojant perdangos plokštes ant sieninių plokščių, reikia patikrinti atraminio paviršiaus lygumą. Jei atraminis paviršius nelygus, nelygumus reikia pašalinti ar išlyginti. Atrėmimo paviršiumi išlyginti naudojamos plastmasinės ar metalinės (50mm×75mm) išlyginimo plokštelės-tarpikliai nuo 1 iki 20 mm storio. Bendras išlyginimo plokštelių aukštis turi būti ne mažesnis kaip 15mm, kad po perdangos plokštės atramine dalimi pabėgtų betonas. Reikia atkreipti dėmesį į tai, kad išlyginimo plokštelės turi būti padėtos po perdangos plokštės vertikaliosiomis sienelėmis (išlyginimo plokšteles ties perdangų kiaurymėmis dėti draudžiama, kad neišlaužti betono perdangos atraminėje dalyje). Pakeltą perdangos plokštę, montuotojai nukreipia į reikiamą padėtį - tiesiai virš atraminio paviršiaus ir atkabina apsaugines grandines. Signalizuotojui davus komandą, gaminys nuleidžiamas į projekcinę padėtį. Prieš plokštę atkabinant nuo kranu, patikrinama jos šoninė padėtis ir atraminio paviršiaus ilgis.

Pirmo aukšto pagrindinių montavimo darbų apimtys apskaičiuojamos sudarant montuojamųjų elementų specifikacijos lenteles, kuriose nurodoma montuojamųjų elementų tipai, skaičius bei parametrai. Lentelės sudaromos pagal pastato architektūrinius darbo brėžinius.

Suprojektavus statinį, skaičiuojama jo kaina. Šiam tikslui sudaroma statybos darbų sąmata, kurioje įvertinamos visos su statinio statyba susijusios išlaidos.

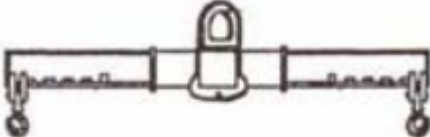
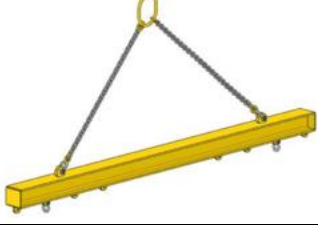
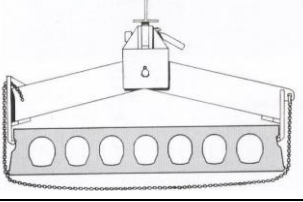

4.1 lentelė. Montuojamųjų elementų skaičiavimas

Elemento pavadinimas	Tipas	Matmenys, m			Elementų skaičius	Vieno elemento		Bendras	
		L	B	H		masė, t	tūris, m ³	masė, t	tūris, m ³
Plieninė kolona	K-1	4,11	0,35	0,35	1	0,83	0,5	0,83	0,5
Plieninė kolona	K-2	4,11	0,4	0,4	1	0,91	0,64	0,91	0,64
Plieninė kolona	K-3	4,11	0,4	0,4	1	1,16	0,64	1,16	0,64
Plieninė kolona	K-4	4,11	0,4	0,4	9	1,19	0,64	10,71	5,76
Plieninė kolona	K-5	4,11	0,4	0,4	1	1,09	0,64	1,09	0,64
Plieninė kolona	K-6	4,11	0,4	0,4	1	1,48	0,64	1,48	0,64
Plieninė kolona	K-7	4,11	0,4	0,4	1	0,89	0,64	0,89	0,64
Plieninė kolona	K-8	4,11	0,4	0,4	1	1,00	0,64	1,00	0,64
Plieninė kolona	K-9	4,11	0,35	0,35	1	0,75	0,50	0,75	0,50
Plieninė kolona	K-10	4,11	0,4	0,4	1	1,00	0,64	1,00	0,64
								Σ=19,92	Σ=9,92
WQ skerspjūvio sija	S-1	7,04	0,47	0,415	14	0,99	1,38	13,86	19,44
WQ skerspjūvio sija	S-2	7,12	0,47	0,415	2	1,05	1,38	2,10	2,77
WQ skerspjūvio sija	S-3	6,60	0,47	0,415	2	0,88	1,29	1,76	2,57
WQ skerspjūvio sija	S-4	6,15	0,47	0,415	1	0,82	1,20	0,82	1,20
								Σ=18,48	Σ=25,98
C skerspjūvio sija (lankstinys)	C-1	6,74	0,25	0,40	3	0,32	0,67	0,97	2,022
Perdangos plokštė	PP-1	6,70	1,2	0,4	18	4,01	3,24	72,21	58,23
Perdangos plokštė	PP-2	13,6	1,2	0,4	48	8,11	6,54	389,1	313,8
Perdangos plokštė	PP-3	13,6	0,36	0,4	1	2,43	1,96	2,42	1,96
Perdangos plokštė	PP-4	3,46	1,2	0,2	9	1,31	0,83	11,81	7,47
Perdangos plokštė	PP-5	3,46	0,6	0,2	3	1,31	0,42	1,97	1,25
Perdangos plokštė	PP-6	13,6	0,6	0,4	1	4,05	3,27	4,05	3,27
Plokščių plotų suma :						ΣS=986,77 m ²	Σ=489,4	Σ=394,71	
Monolitinis ruožas	-	6,74	0,25	0,4	3	1,69	0,67	5,06	2,02

4.1.3. Kabinimo priemonių parinkimas

Pagal kolonos svorį parenkame dvišakį grandininį stropą WIN-8, kurio pagalba kolonos bei sijos bus iškraunamos iš transporto bei montuojamos į projektinę padėtį. Dvišakio grandininio stropo keliamoji galia – 2,5 tonos, grandinės ilgis – 5 metrai, masė – 0,03 tonos, skaičiuojamasis aukštis – 4,0 metrai, paskirtis – kolonų ir sijų montavimas. Pagal sunkiausios perdangos plokštės svorį, prie atitinkamo ilgio parenkamos dvi kėlimo traversos, 1 t keliamosios galios ir 12 m ilgio kėlimo speciali pagal užsakymą gaminama traversa kelti 13,62 m ilgio plokštės, bei 5t keliamosios galios ir 5 m ilgio standartinė traversa su keičiamais kėlimo taškais 6,74 m ir 3,46 m ilgio plokštės kelti, plokštės apglėbti naudojami griebtuvai su grandine, apsaugai nuo kritimo.

4.2 lentelė. Kabinimo priemonės

Kabinėjimo priemonės pavadinimas	Eskizas	Kabinėjimo priemonių			Pritaikymo sritis
		Keliamoji galia, t	Masė, t	Skaičiuojamasis aukštis, m	
Traversa ABT 5m-5t		5	0,5	1	6,74 ir 3,46 m ilgio plokštės kelti
Traversa BLLC 12m-10t (pagal užsakymą)		10	1,5	3,4	13,62 m ilgio plokštės kelti
BLLC Žirklinis griebtuvas		5	0,2	1	Perdangos plokštės kelti
Grandininis stropas WIN-8		2,5	0,02	4	Kolonoms ir sijoms montuoti

4.1.4. Krano parinkimas kolonų, sijų ir plokščių montavimui

$$Q_{reik} = Q_1 + Q_2 = 8,11 + 1,5 + 2 \cdot 0,2 = 10,01t; \quad (4.1)$$

čia: Q_1 – perdangos plokštės masė, t ;

Q_2 – traversos masė, t ;

Q_3 – griebtuvo masė, t ;

Reikalingas krano kablo pakėlimo aukštis:

$$H_{reik} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = 3,95 + 1 + 0,4 + (3,4 + 1) = 9,75m; \quad (4.2)$$

čia: h_1 – aukštis nuo krano stovėjimo plokštumos iki atramos, ant kurios remiasi montuojama kolona, m ;

h_2 – laisvas tarpas virš atramos iki montuojamos santvaros (0,5-1,0 m);

h_3 – montuojamo elemento aukštis, m ;

h_4 – kabinimo priemonės aukštis, m .

Krano strėlės siekis, reikalingas toliausiai nuo krano nutolusiam elementui, kurį montuojant reikia didžiausio kablo pakėlimo aukščio H_{reik} , apskaičiuojamas pagal šią formulę:

$$L_{reik} = \frac{(H_{reik} + h_5 - h) \cdot (b + a)}{h_2 + h_3 + h_4 + h_5} + c = \frac{(9,75 + 1 - 1,5) \cdot (7,0 + 1,5)}{3,95 + 0,4 + 4,4 + 1} + 0,8 = 8,1m; \quad (4.3)$$

čia: h_5 – sutrauktų krano skryščių aukštis ($h_5 = 1m$);

h – strėlės lanksto aukštis nuo krano stovėjimo lygio ($h = 1,5m$);

a – mažiausias leidžiamas atstumas nuo krano strėlės ašies iki sumontuotos konstrukcijos ($a = 1,5m$);

b – atstumas, m , nuo arčiausiai sumontuotos konstrukcijos artimiausio taško iki krano kablo projekcijos į horizontaliąją plokštumą, montuojant labiausiai nuo krano nutolusį elementą;

c – atstumas, m , nuo krano sukimosi ašies iki strėlės lanksto projekcijos.

Pagal apskaičiuotus parametrus pirmo aukšto plieninių kolonų, sijų ir perdangos plokščių montavimui parenku automobilinį strėlinį kraną Liebherr LTM 1050-3.1. Parinkto krano strėlės siekio grafikas pateiktas 7 brėžinyje.

4.1.5. Kokybės reikalavimai ir darbų priėmimas

Atvežtų iš gamyklos perdangos plokščių, kolonų bei sijų kokybė tikrinama dar neiškrovus iš transporto priemonės, statybos vadovas patikrina ar gaminiai atitinka važtaraštyje pateiktą informaciją: gaminių markę, jų kiekį, kokybę, techninės kontrolės antspaudus.

Metalinės konstrukcijos ir jų montavimas laikomas kokybišku, jeigu nuokrypiai atitinka statybos taisyklėse numatytas nuokrypas. Matmenų nuokrypių reikalavimai kolonų ir sijų montavimo kokybei užtikrinti pavaizduoti 4.3 lentelėje.

4.3 lentelė. Leistini metalinių kolonų, santvarų ir sijų montavimo nuokrypiai

Metalo konstrukcijų nuokrypiai	Nuokrypiai
Kolonų atraminių paviršių ir atramų altitudžių nuokrypiai nuo projektinių	±5 mm
Gretimų kolonų atraminių paviršių ir kolonų atramų eilėje ir angoje altitudžių skirtumas	±3 mm
Kolonų ir atramų ašių nuokrypiai nuo projektinių atraminiame pjūvyje	5 mm
Kolonų ašių nuokrypis nuo vertikalės viršutiniame pjūvyje, kai kolonų nuo 8000 iki 16000 mm	12 mm
Kolonų, atramų ir kolonų ryšių įlinkio dydis (kreivumas) iki 0,0013 atstumo tarp tvirtinimo taškų, bet ne daugiau kaip	15 mm
Santvarų ir sijų viršutinių juostų ašies nuokrypis nuo projektinių ties tvirtinimo taškais	15 mm
Atstumo tarp kolonų nuokrypiai nuo projektinių	±5 mm
Įlinkis (kreivumas) tarp santvaros juostų ir sijų tvirtinimo taškų iki 0,0013 atstumo tarp tvirtinimo taškų, bet ne daugiau kaip	15 mm
Atraminių mazgų altitudžių nuokrypiai nuo projektinių	±10 mm
Sijos atraminės briaunos nesutapimas su kolonos ašimi	20 mm

Gelžbetoninės konstrukcijos ir jų montavimas laikomas kokybišku, jeigu nuokrypiai atitinka statybos taisyklėse numatytas nuokrypas. Matmenų nuokrypių reikalavimai kiaurymėtu gelžbetoninių plokščių montavimo kokybei užtikrinti pavaizduoti 4.4 lentelėje

4.4 lentelė. Leistini surenkamų g/b elementų ant metalo konstrukcijų nuokrypiai

Surenkamų g/b elementų ant metalo konstrukcijų nuokrypiai	Nuokrypiai
Atstumas nuo pastato ašies	±25 mm
Atstumas nuo metalo ašinės linijos	±25 mm
Viršaus altitudė elemento gale, perdangai be išlyginamojo sluoksnio	±10 mm
Maksimalus pasistūmimas nuo projektuojamo krašto	25 mm
Siūlės plotis, kai elemento ilgis ≤ 12,0 m	±10 mm
Siūlės plotis, kai elemento ilgis 12,0 < ... ≤ 18,0 m	±15 mm
Vienas šalia kito esančių elementų viršaus altitudžių skirtumas be išlyginamojo sluoksnio perdangai	10 mm
Kiaurymėtu plokščių, esančių matomoje vietoje, apačios altitudžių skirtumas	8 mm

Už kolonų, sijų ir perdangos plokščių montavimo paruošiamuosius darbus, montavimą ir dokumentų įforminimą atsako statybos vadovas. Šiuos darbus vadovas ir kontroliuoja. Koku būdu atliekama kontrolė ir kas ją atlieka pavaizduota 4.5. lentelėje.

4.5 lentelė. Metalinių konstrukcijų montavimo operacijų kontrolė [30]

Kontroliuojama operacija	A* ir K*	Kaip atliekama kontrolė	D*
1. PARUOŠIAMIEJI DARBAI			
- konstrukcijų patikrinimas	SV	rulete	TP
- pamato ašių ir aukščių nužymėjimas	SV	geod. prietaisais	
- ašių nužymėjimas ant kolonų	SV	rulete	G
2. KONSTRUKCIJŲ MONTAVIMAS			
- elementų laikinas įtvirtinimas, išlyginimas	SV	geod. prietaisais	
- elementų pastovus įtvirtinimas	SV	geod. prietaisais	
- konstrukcijų įtvirtinimo kontrolė	SV	geod. prietaisais	
3. DOKUMENTŲ ĮFORMINIMAS			
- įrašai statybos darbų žurnale	SV		TP
- konstrukcijų montavimo kontrolinės geodezinės nuotraukos	SV, G		TP
- sandūrų laboratoriniai tyrimai (jei reikia)	Lab.	lab. prietaisais	SV

*A - atsako, *K - kontroliuoja, *D - dalyvauja.

4.1.6. Darbo ir mašinų darbo sąnaudų skaičiavimas

4.6 lentelė. Darbo sąnaudų suvestinė

Normatyvų šifras	Technologinio proceso (darbo) pavadinimas	Darbo mato vienetas	Darbo apimtis	Darbo sąnaudos žm. h		Darbo sąnaudos žm. d	Mašinų darbo sąnaudos maš. h		Mašinų darbo sąnaudos maš. pam.
				Norma darbo mato vienetui	Visam darbui		Norma darbo mato vienetui	Visam darbui	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N7-289	Bekilpių kiaurymėtu perdangos plokščių montavimas, kurių plotas iki 20m ² , o aukštis 400 mm(be inkaravimo)	m ²	986,77	0,26	256,65	32,07	0,06	59,21	7,40
N9P-0101-4	Metalinių kolonų montavimas kai kolonų masė daugiau 1,0 t iki 2,0t	t.	19,92	14	278,88	34,86	1,5	29,88	3,735
N6P-0603-1	Betono klojimas ant perdangų kranu	m ³	2,02	2,3	4,65	0,58	0,21	0,42	0,05
N9P-0103-4	Metalinių sijų ir ilginių montavimas kai sijų, ilginių masė iki 1,0t	t.	18,48	9,0	168,66	21,08	1,0	18,74	2,34

Naudojantis darbo ir mašinų darbo sąnaudų žiniaraščiu sudaromas pirmo aukšto perdangos plokščių, sijų bei kolonų montavimo darbų kalendorinis grafikas kuris pateikiamas 4 brėžinyje, monolitinių ruožų įrengimas nevertinamas, nes darbas trunka per trumpai.

4.1.7. Materialinių ir techninių išteklių poreikio skaičiavimas

Materialiniai ir techniniai ištekliai apskaičiuoti remiantis kompiuterinės programos „ProSama“ gautais rezultatais.

4.7 lentelė. Materialiniai ištekliai

Eil. Nr.	Pavadinimas	Mato vnt.	Kiekis
1	Plieninės kolonos	t	19,92
2	Plieninės sijos	t	18,48
3	Kiaurymėtos perdangos plokštės, 400 mm aukštis	m ²	986,77
4	Makroflexas	l	2,57
5	Betono mišiniai	m ³	16,82
6	Armatūros karkasai	t	3
7	Inventoriniai faneros skydų klojiniai	m ²	6
8	Pagalbinės plieninės montажinės konstrukcijos	kg	138,8
9	Suvirinimo elektrodai	kg	32,9
10	Tvirtinimo varžtai	kg	146,7
11	Apipjauta mediena(spygliuočių, 1-3 rūš.)	m ³	0,14

4.8 lentelė. Techniniai ištekliai

Eil. Nr.	Pavadinimas	Kiekis
1	Suvirinimo transformatorius	1
2	Vibrosija	1
3	Vibratorius	1
5	Automobilinis kranas „Liebherr LTM 1050-3.1“	1
6	Dvišakis grandininiai stropas „WIN 8“	1
7	Teodolitas	2
8	Lazerinis nivelyras	1
9	Kopėčios	2
9	Šalmai	10

4.2. ORGANIZACINĖ DALIS

Statybvietės planą sudaro projektuojamo pastato skaičiavimais pagrįsti ir grafine dalimi atvaizduoti statybos organizavimo sprendimai. Sudarant statybvietės planą reikia atsižvelgti į daug veiksnių, darbų saugą, apsaugos nuo gaisro reikalavimus. Statybvietės planas sudaromas 1:200, jeigu objektas didelis 1:500 masteliu.

Statybvietės plane pateikiami esminiai statybos organizavimo, darbų saugos ir apsaugos nuo gaisro reikalavimai.

Statybvietės plane turi būti nurodyta įrengti:

- statybvietės ribos (aptvėrimas ir vartai);
- įvažiavimo ir išvažiavimo keliai;
- statybos sklype esami bei statomi pastatai;

- kranų stovėjimo vietos ir judėjimo ribos;
- pavojingų zonų ribos;
- įėjimas į statomą pastatą;
- administracinės, gamybinės, buitinės patalpos;
- laikini sandėliai;
- transporto judėjimo keliai, stovėjimo ir krovos aikštelės;
- laikini inžineriniai tinklai;
- priešgaisrinis skydas (ai);
- informacinis skydas;
- statybinių ir buitinių atliekų konteineriai;
- automobilių ratų plovimo vieta;
- augalinio grunto (grunto užpylimui) sandėliavimo vieta.

4.2.1. Mašinų ir mechanizmų išdėstymas statybvietėje, pavojingų zonų projektavimas

Aplink projektuojamą pastatą išdėstoma pasirinkto automobilinio kranų „Liebherr LTM 1030-2.1“ judėjimo trajektorija. Kranų judėjimo keliai ir darbo vietos numatomi išdėstyti taip, kad kranas galėtų į projekcinę padėtį sumontuoti sunkiausias ir labiausiai nuo kranų nutolusias surenkamas konstrukcijas. Pažymėjus kranų judėjimo kryptis ir vietas pažymimos kranų veikimo zonos ir nuolatinės pavojingos zonos.

Pavojingos zonos spindulys R_{pav} nustatomas pagal formulę:

$$R_{pav} = l + \frac{l_1}{2} + r = 14 + \frac{14}{2} + 7 = 28 \text{ m}, \quad (4.4)$$

čia: l – didžiausias strėlės siekis, m; l_1 – didžiausių matmenų konstrukcijos ilgis, m; r – pavojingos zonos atsargos atstumas (pagal krūvio kritimo aukštį).

Pavojingos zonos turi būti atitvertos apsauginėmis tvoromis ir jose dirbant kranams kitus statybos darbus dirbti draudžiama.

Aplink statomą pastatą atsižvelgiant į aukštį, iš kurio gali kristi krūviai, nustatomos pavojingos zonos dėl galimo medžiagų kritimo. Jos aptveriamos signaliniais aptvarais, kurie turi perspėti žmones apie galimą pavojų aptvertoje teritorijoje.

4.2.2. Laikinių ir privažiavimo kelių projektavimas

Laikinieji keliai statybvietėje projektuojami tiekti medžiagoms, konstrukcijoms, detalėms. Taip pat, kad būtų galima privažiuoti prie sandėlių, darbo vietų, mechanizmų, pagalbinių patalpų.

Projektuojant statybos aikštelės kelius reikia laikytis šių reikalavimų:

- kiek įmanoma išnaudoti esamus ir projektuojamus pastovius kelius;
- jeigu vietos sąlygos leidžia, projektuoti žiedinį arba ištisinį laikiną kelią statybos aikštelėje;
- vienos krypties kelias turi būti ne siauresnis kaip 3,5 m ir medžiagų iškrovimo vietose platinamas iki 6 m;

- kelių posūkių spinduliai turi būti ne mažesni 12 m, o ilgoms konstrukcijoms (ilgesnėms kaip 12 m) pervežti - mažiausiai 30 m;
- laikini keliai turi būti įrengiami prie visų eksploatuojamų, statomų ir laikinų pastatų;
- įrengiant laikinus kelius, būtina laikytis šių minimalių atstumų: tarp kelio ir sandėliavimo aikštelės – 1,0 m, tarp kelio ir tvoros – 1,5 m;

4.2.3. Laikinių sandėlių ir sandėliavimo aikštelių projektavimas

Skaičiuojant laikinų sandėlių ir sandėliavimo aikštelių plotus pagrindinis tikslas - apskaičiuoti jų plotus ir suprojektuoti išdėstymo vietas statybvietės plane.

Statybos aikštelėje laikinam medžiagų ir gaminių sandėliavimui projektuojami 3 tipų sandėliai:

- Atviros sandėliavimo aikštelės, kuriose sandėliuojamos medžiagos ir gaminiai, nebijantys atmosferinio poveikio, temperatūrinių svyravimų, drėgmės (gelžbetoniniai gaminiai, skalda ir pan.);
- Dengtos pastogės (pašiūrės), kuriose sandėliuojamos medžiagos, kurioms keliami apsaugos nuo atmosferinių kritulių reikalavimai (stogo medžiagos, mediena);
- Dviejų tipų uždari sandėliai: šildomus ir nešildomus. Jie parenkami pagal medžiagos laikymo temperatūrą.

Laikinių sandėlių ir sandėliavimo aikštelių plotai skaičiuojami tokiu nuoseklumu:

Reikalinga išteklių atsarga sandėlyje skaičiuojama pagal formulę:

$$Q_a = \frac{Q}{T} \cdot a \cdot k_1 \cdot k_2 ; \quad (4.5)$$

čia: Q – materialinių išteklių kiekis natūraliais vienetais, naudojamas statybos ir montavimo darbams; T – medžiagų naudojimo laikas – iš darbų vykdymo grafiko;

a – atitinkamos medžiagos atsargos norma sandėlyje; k_1 – išteklių pristatymas į sandėlius netolygumo koeficientas ($k_1=1,1$);

k_2 – išteklių naudojimo statyboje netolygumo koeficientas ($k_2=1,3$).

Pagal išteklių atsargą sandėlyje skaičiuojamas naudingas sandėlio plotas:

$$F = \frac{Q_a}{q} ; \quad (4.6)$$

čia: q – išteklių kiekis talpinamas į 1 m² sandėlio ploto.

Bendras sandėlio plotas:

$$S = \frac{F}{k_3} ; \quad (4.7)$$

čia: k_3 – praėjimo takų koeficientas, įvertinantis praėjimus ir pravažiavimus tarp sandėliuojamų medžiagų ir konstrukcijų, atviriems sandėliams $k_3=0,4-0,7$.

Skaiciavimo rezultatai surašomi į lentelę 4.9.

4.4 lentelė. Laikinių sandėlių ir sandėliavimo aikštelių plotų skaičiavimas

Medžiagos ir konstrukcijos, sandėlių tipai	Mat. Vnt.	Bendras poreikis (Q)	Naudojimo laikas (T)	Paros sunaudojimo norma Q/T)	Atsarga dienomis	Netolyg. tiek. koef. (k_1)	Netolyg. naud. koef. (k_2)	Medžiagos atsarga (Q_a)	Sandėliavimo norma į m^2	Naudingas sandėlio plotas (F)	Ploto išnaudojimo koef. (k_3)	Bendras sandėlio plotas S, m^2	Priimtas sandėlio plotas, m^2	Sandėliavimo aukštis, m
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Atviri sandėliai														
Metalinės kolonos	t.	19,92	4	4,98	2	1,1	1,3	6,21	0,7	8,72	0,4	21,8	45	1,6
Metalinės sijos	t.	18,48	5	3,67	3	1,1	1,3	5,25	0,7	7,5	0,4	18,75	20	1,6
Σ												40,55	65	

Atviri apskaičiuoto ploto sandėliai projektuojami kranų veikimo zonoje. Sandėlių ir laikymo aikštelių išdėstymas statybvietėje turi būti toks, kad būtų patogų privažiuoti statybos mašinoms, mechanizmams ir darbininkams tektų kuo mažiau judėti, o krovimo darbų būtų kuo mažiau.

4.2.4. Laikinių administracinių ir buitinių patalpų projektavimas

Projektuojant laikinas administracines ir buitines patalpas pagrindinis tikslas – apskaičiuoti laikinių administracinių ir buitinių patalpų ploto poreikį, parinkti tinkamus inventorinius pastatus ir suprojektuoti jų išdėstymą statybvietėje.

Apskaičiuojamas didžiausias vienoje pamainoje dirbančių darbininkų skaičius, įvertinus inžinerinių techninių darbuotojų skaičių, kuris priimamas 12% nuo maksimalaus vienoje pamainoje dirbančių darbininkų skaičiaus:

$$D = 12\% D_{\max} + D_{\max} = 0,12 \cdot 6 + 6 \approx 7 \quad (4.8)$$

čia: D – didžiausias vienoje pamainoje dirbančių darbininkų skaičius;

D_{\max} – didžiausias vienoje pamainoje dirbančių darbininkų skaičius.

Pagal didžiausią dirbančiųjų skaičių D statybos aikštelėje, sudaromas reikalingų laikinių pagalbinių patalpų sąrašas.

Apskaičiuojamas reikalingas pagalbinių patalpų plotas. Skaiciavimai atliekami pagal formulę:

$$F_0 = D \cdot N_p \quad (4.9)$$

čia: D- didžiausias vienoje pamainoje dirbančių dirbančiųjų skaičius;

N_p – pagalbinių patalpų norma 1 dirbančiajam.

Skaičiavimo rezultatai surašomi į lentelę 4.10:

4.10 lentelė. Laikinių pagalbinių patalpų plotų skaičiavimas

Patalpų pavadinimas	Dirbančiųjų skaičius (D)	Patalpų norma 1 dirbančiajam. N_p, m^2	Reikalingų patalpų plotas F_0, m^2	Priimtas patalpų plotas F, m^2	Pastaba
Administracinė patalpa	1	5	5	9	
Persirengimo patalpa	7	0,35	2,47	4	Patalpos sujungtos. Naudojamas statybinis konteineris „Containex SA24“
Prausykla	7	0,26	1,82	4	
Dušinės	7	1 dušinė 5 žm.	1,4	2	
Rūbų džiovykla	7	0,2	1,4	2	
Tualetai	7	1 unitazas 18 žm.	0,39	1	Patalpos sujungtos. Naudojamas statybinis konteineris „Containex WC cabin 5“
Poilsio ir valgymo patalpa	7	1	7	8	Naudojamas statybinis konteineris „Containex BM 24“

4.2.5. Laikinių vandentiekio projektavimas

Projektuojant laikinus vandentiekio ir nuotekų tinklus, pagrindinis tikslas- apskaičiuoti maksimalų reikalingą vandens poreikį statybai, apskaičiuoti reikalingą laikino vandentiekio vamzdžio skersmenį ir suprojektuoti laikino vandentiekio ir nuotekų trasas statybvietėje.

Statybos aikštelėje vanduo reikalingas gamybos, ūkiniams-buitiniams ir priešgaisriniam tikslams. Vandens vartotojų gamybos tikslams sudėtis nustatoma pagal kalendorinį grafiką. Tokiais vartotojais laikomi statybos montavimo procesai ir statybinės mašinos bei mechanizmai. Skaičiuojant vandentiekį ūkiniams - buitiniams tikslams, priimamas didžiausias vienoje pamainoje dirbančių dirbančiųjų skaičius. Maksimalus vienu metu dirbančių darbuotojų skaičius:

$$D = 12\% D_{\max} + D_{\max} = 0,12 \cdot 6 + 6 \approx 7, \quad (4.10)$$

čia: D – didžiausias vienoje pamainoje dirbančių dirbančiųjų skaičius;

D_{\max} – didžiausias vienoje pamainoje dirbančių darbininkų skaičius.

Vandens poreikis (l/s) gamybos tikslams skaičiuojamas pagal formulę:

$$Q_g = \frac{k_n \cdot \sum V_i \cdot q_i}{t \cdot 3600}, \quad (4.11)$$

čia: V_i – statybos montavimo darbų i rūšies didžiausia apimtis per pamainą arba tam tikrą i rūšies mašinų, mechanizmų skaičius per pamainą atitinkamais montavimo vienetais;

q_i – vandens suvartojimo norma (l);

k_n – vandens suvartojimo per parą netolygumo koeficientas;

t – darbo valandų skaičius pamainoje (h).

Vandens poreikis (l/s) ūkiniams – gėrimo reikalams:

$$Q_{\bar{u}} = \frac{D}{3600} \left(\frac{Z_{n\bar{u}} \cdot k_v}{t} + Z_{nd} \cdot k_d \right), \quad (4.12)$$

čia: D – didžiausias darbuotojų skaičius per pamainą;

Z_{nu} – vieno žmogaus vandens suvartojimo ūkiniams reikalams norma litrais per pamainą;

Z_{nd} – vieno žmogaus vandens suvartojimo maudymuisi duše norma litrais per pamainą;

k_v – netolygaus vandens suvartojimo koeficientas(kai yra kanalizacija $k_v=3$);

k_d – koeficientas, įvertinantis suvartoto vandens kiekį vienu metu naudojantis dušais ($k_d=0,35$).

Vandens poreikis dušams(l/s):

$$Q_d = \frac{k_n \cdot D_{\max} \cdot q_d \cdot k_v}{t_1 \cdot 3600}, \quad (4.13)$$

čia: D_{\max} – maksimalus darbininkų skaičius pamainoje;

q_d – vandens norma 1 žmogui praustis;

k_v – koeficientas, įvertinantis vienu metu dušine besinaudojančių dirbančiųjų skaičius($k_v=1$);

t_1 – vienos dušinės darbo trukmė lygi 45 min. arba 0,75 h

Suminis vandens poreikis apskaičiuojamas:

$$Q_v = Q_g + Q_{\bar{u}} + Q_d. \quad (4.14)$$

Skaičiavimo rezultatai surašomi į 4.11 lentelę:

4.11 lentelė. Vandens poreikio skaičiavimas

Vandens vartotojas	Vartotojų skaičius (darbų apimtis per pamainą)	Vandens poreikio norma, l	Vandens suvartojimo netolygumo koeficientas	Laikas, skirtas debitui apskaičiuoti (t*3600)	Skaičiuojamasis debitas Q, l/s
1	2	3	4	5	6
1. Gamybiniai poreikiai	-	-	-	-	-
2. Automobilių plovimas	1	350	1,2	28800	0,015
3. Ūkiniai - buitiniai poreikiai	-	-	-	-	-
4. Gėrimo tikslams su nuotakynu	7	23	3	28800	0,041
5. Dušai	6	35	1	2700	0,23
Σ=					0,289

Pagal skaičiuojamąjį sekundinį vandens poreikį apskaičiuojamas vamzdžių diametras:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_v \cdot 1000}{\pi \cdot V}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,289 \cdot 1000}{3,14 \cdot 1,5}} = 27 \text{ mm} \quad (4.15)$$

čia: V- vandens tekėjimo greitis (m/s) vamzdyje.

Laikinam vandentiekui parenkami PE – 30 mm vamzdžiai.

Statybvietės plane suprojektuojamos laikino vandentiekio ir buitinių nuotekų trasos, numatant vandens tiekimo šaltinį. Laikinas vandentiekis ir nuotekos prijungiami prie esamų pastovių vandentiekio ir nuotekų tinklų ten, kur sklype yra pastovaus vandentiekio ir nuotekų šuliniai ir išvedžiojami visiems vartotojams.

4.2.6. Laikinių elektros tinklų projektavimas

Projektuojant laikinus elektros tinklus, pagrindinis tikslas - apskaičiuoti maksimalų reikalingą elektros energijos poreikį statybai, parinkti tinkamą laikino aprūpinimo elektra šaltinį ir suprojektuoti laikinas elektros linijų trasas statybvietėje.

Sudaromas laikinos elektros energijos vartotojų statybos aikštelėje sąrašas ir apskaičiuojamos jų darbo apimtys per pamainą. Statybos aikštelėje elektra naudojama gamybos reikalams, taip pat apšvietimui, kuris yra išorės ir vidaus.

Darbo apimtis gamybiniam vartotojams nustatoma pagal maksimalų vienoje pamainoje dirbančių gamybinių vartotojų skaičių, vienetais.

Darbo apimtys vidaus ir išorės apšvietimo vartotojams nustatomos pagal statybvietėje suprojektuotų ir apskaičiuotų laikinų kelių ilgius, laikinų patalpų, laikinų sandėliavimo vietų plotus ir pan.

Skaičiavimo rezultatai surašomi į 4.4 lentelę:

4.4 lentelė. Laikinos elektros energijos vartotojai ir atliekamų darbų apimtys per pamainą

Eil. Nr.	Elektros energijos vartotojai	Darbo apimtys per pamainą	
		Mat. Vnt.	Kiekis
1	2	3	4
	Gamybiniai vartotojai:		
1	Suvirinimo transformatorius	vnt.	1
	Vidaus apšvietimo vartotojai:		
2	Administracinės patalpos	10 m ²	0,9
3	Persirengimo patalpos	10 m ²	0,4
4	Dušu patalpos	10 m ²	0,6
5	Poilsio, maitinimo patalpos	10 m ²	0,8
	Išorės apšvietimo vartotojai:		
7	Statybos teritorijos apšvietimas	100 m ²	129,85

Apskaičiuojamas elektros energijos poreikis kiekvienai vartotojų grupei: gamybiniam reikalams, vidaus ir išorės apšvietimui.

Elektros energijos poreikis gamybos vartotojams (kW) skaičiuojamas pagal formulę:

$$E_{gamyb} = \alpha \sum \frac{k_g \cdot E_g}{\cos \varphi}, \quad (4.16)$$

čia: a - koeficientas, įvertinantis tinklo galios nuostolius (imama $a = 1,05-1,1$),

E_g , - suminė variklių galia (kW), kurios reikia gamybai,

k_g , - apkrovos koeficientas, įvertinantis vienu metu dirbančių gamybos vartotojų skaičių,

$\cos \varphi$ - galios koeficientas gamybos vartotojų grupei (priimamas $\cos \varphi = 0,7$).

Elektros energijos poreikis vidaus apšvietimui (kW) skaičiuojamas pagal formulę:

$$E_{vidaus} = \alpha \sum k_{va} \cdot E_{va}, \quad (4.17)$$

čia: a - koeficientas, įvertinantis tinklo galios nuostolius (imama $a = 1,05-1,1$),

E_{va} , - suminė elektros energijos galia (kW), kurios reikia vidaus apšvietimui,

k_{va} , - apkrovos koeficientas, įvertinantis vienu metu dirbančių vidaus apšvietimo vartotojų skaičių.

Elektros energijos poreikis išorės apšvietimui (kW) skaičiuojamas pagal formulę:

$$E_{išorės} = \alpha \sum k_{ia} \cdot E_{ia}, \quad (4.18)$$

čia: a - koeficientas, įvertinantis tinklo galios nuostolius (imama $a = 1,05-1,1$),

E_{ia} , - suminė elektros energijos galia (kW), kurios reikia išorės apšvietimui,

k_{ia} , - apkrovos koeficientas, įvertinantis vienu metu dirbančių išorės apšvietimo vartotojų skaičių.

Bendras elektros energijos poreikis statybos aikštelėje apskaičiuojamas pagal formulę:

$$E = E_{gamyb} + E_{technolog} + E_{vidaus} + E_{išorės}, \quad (4.19)$$

čia: E_{gamyb} , $E_{technolog}$, E_{vidaus} , $E_{išorės}$, - suminis elektros energijos poreikis kiekvienai vartotojų grupei.

Skaičiavimai surašomi į 4.13 lentelę :

4.13 lentelė. Elektros energijos poreikio skaičiavimas

Elektros energijos vartotojų grupės	Vartotojų sąrašas	Darbų apimtis per pamainą (vartotojų skaičius)		Nominalus galingumas (kW)		Koefficientai			Skaičiuojamas galingumas E, kW
		Mat. Vnt.	Skaičius	Viene-to	Ben-dras	α	k	$\cos\varphi$	
1. Gamybiniai poreikiai	Suvirinimo transformatorius	vnt.	1	42	42,00	1	0,6	0,7	36
									$\Sigma E_{gamyb}=36$
2. Vidaus apšvietimas	Administracinės patalpos	10 m ²	0,9	0,5	0,45	1	1	-	0,45
	Persirengimo patalpos	10 m ²	0,4	0,25	0,10	1	1	-	0,1
	Dušu patalpos	10 m ²	0,6	0,25	0,15	1	1	-	0,15
	Poilsio, maitinimo patalpos	10 m ²	0,8	0,5	0,4	1	1	-	0,4
									$\Sigma E_{vidaus}=1,10$
3. Išorės apšvietimas	Statybos teritorijos apšvietimas	100 m ²	129,85	0,015	1,948	1	1	-	1,948
									$\Sigma E_{išorės}=1,948$
Iš viso:									$\Sigma E=39,05$

Pagal didžiausią elektros energijos poreikį ΣE įvairiems tikslams parenku jėgos transformatorių TM-50/6, kuris yra 50 kW galingumo. Laikinam aprūpinimui elektros energija imam per įvadą iš artimiausios transformatorinės, esančios už statybos aikštelės ribų.

Kur elektros linija kerta laikinus kelius, toje vietoje projektuojamas požeminis kabelis. Kad apsaugoti kabelį nuo sužalojimų, po keliais kabeliai talpinami į apsauginius vamzdžius.

Šviestuvų pakabinimo aukštis $h=7$ m, atstumas tarp jų – $(4...5)h=(4...5)7=28-35$ m, čia h - šviestuvo pakabinimo aukštis.

4.3. EKONOMINĖ DALIS

4.14 lentelė. Statybos kainos išlaidų struktūra



Statinio statybos darbų išlaidas sudaro:

- Medžiagos.
- Mechanizmai.
- Darbo užmokestis.
- Socialinis draudimas.

Šie rodikliai apskaičiuojami sumuojant darbų vienetui atlikti reikalingų medžiagų, mechanizmų eksploatacijos sąnaudų, darbo sąnaudų vertę valandomis, apskaičiuotas skaičiuojamosiomis arba rinkos kainomis, padauginus jas iš darbų vienetų kiekio.

Kitą tiesioginių išlaidų dalį sudaro statybvietės įrengimo, valdymo, eksploatavimo išlaidos, įskaitant statybvietės darbuotojų darbo užmokestį kartu su socialinio draudimo lėšomis nuo šio darbo užmokesčio, taip pat kvalifikuotų darbininkų komandiruočių išlaidos, darbo pamainomis ar pakaitiniu būdu išlaidos, darbininkų pervežimo, elektros eksploatuojant mechanizmus išlaidos, garo, kuro, šiukšlių bei statybinio laužo pristatymo, pridavimo į sąvartyną ir kt. išlaidos. Visos šios išlaidos gali būti apskaičiuojamos tiesioginiu išlaidų kalkuliavimo būdu, parengiant atskirą žiniaraštį, arba apskaičiuojamos procentais nuo

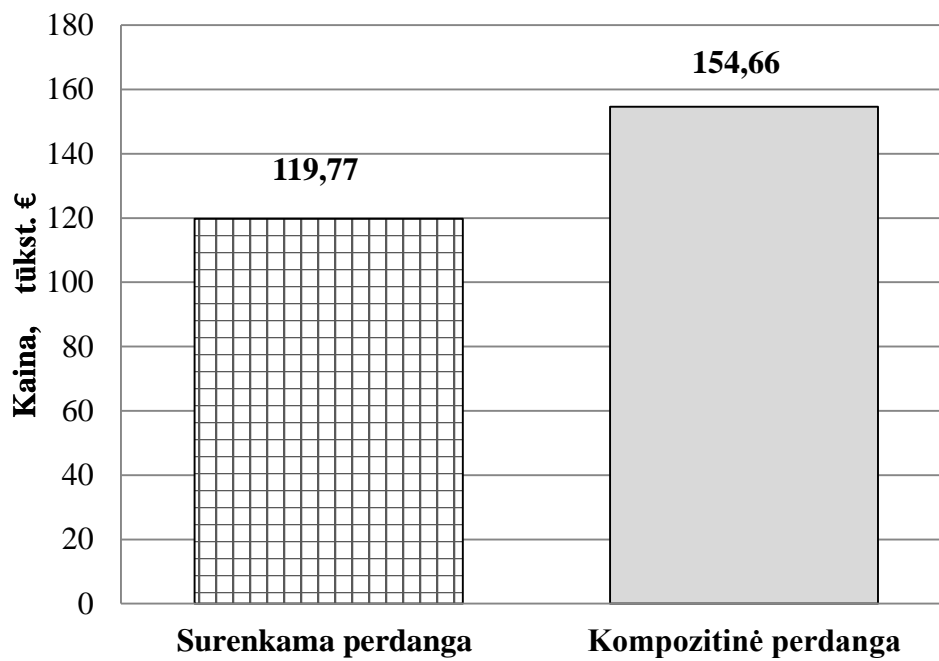
atliekamų darbų išlaidų. Statybvietės išlaidos apskaičiuojamos procentais prie darbų išlaidų lokalinėse sąmatose ir fiksuojamos kaip tiesioginių išlaidų dalis. Statybvietės išlaidos gali būti pagrindžiamos ir atskirai paruošiama lokaline sąmata. Prie statybvietės išlaidų priskiriamos išlaidos, susijusios su medžiagų ir įrenginių sandėliavimu statybvietėje, statybvietės laikinų kelių įrengimu, kėlimo ir transportavimo priemonių įrengimu bei eksploatavimo užtikrinimu, apsauginių užtvartų, statybvietės apšvietimo, informacinių stendų įrengimu.

Netiesiogines išlaidas sudaro pridėtinės, socialinio draudimo išlaidos, PVM ir kainos skirtumas tarp pasiūlytos kainos (sutarties kainos) ir apskaičiuotų tiesioginių išlaidų. Apskaičiuojant netiesiogines išlaidas, atsižvelgiama į numatomas rangovo pridėtinės išlaidas, taip pat numatomą rangovo pelną, įskaitant riziką ir skatinamuosius mokėjimus.

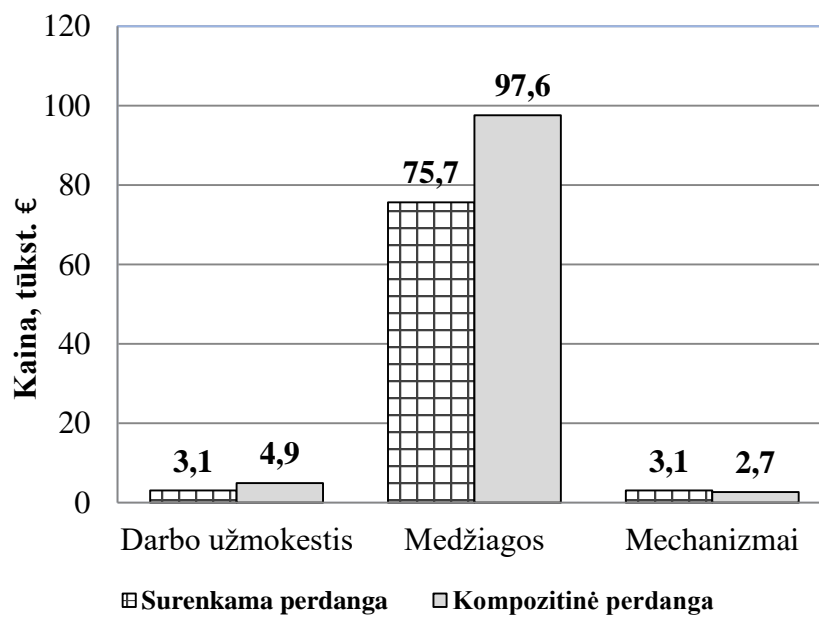
Norint nustatyti statinio statybos darbų tiesiogines ir netiesiogines išlaidas, sudaromos objektinė ir lokalinės sąmatos. Objektinėje sąmatoje surašomos visos lokalinių sąmatų sąmatinės vertės.

Lokalinėse sąmatose skaičiuojamos šių darbų kainos: žemės darbai; statybinių konstrukcijų įrengimo darbai; mechanikos darbai; elektrotechnikos darbai; informacinių sistemų įrengimo darbai; statinio baigiamieji (apdailos) darbai; aplinkos tvarkymo darbai.

Magistro baigiamajame darbe atliktas pastato pirmo aukšto karkaso, kai naudojama surenkama perdanga ir kai naudojama kompozitinė perdanga ekonominis palyginimas. Šiam tikslui sudarytos vieno aukšto pastato karkasų montavimo lokalinės sąmatos (pateiktos 1 ir 2 prieduose). Palyginus karkasų montavimo kainas buvo nustatyta, kad karkaso variantas su surenkama perdanga yra 22,6% pigesnis už karkaso variantą su kompozitine perdanga. Didžiąją karkaso varianto su kompozitine perdanga kainos dalį sudarė sijų kaina. Karkasų montavimo kainų palyginimas pateiktas diagramose 4.1 pav. ir 4.2 pav.:



4.1 pav. Karkasų kainų palyginimas



4.2 pav. Karkasų kainų sudedamosios dalys

5. DARBUOTOJŲ SAUGA IR APLINKOSAUGA

5.1. Bendra statomo objekto charakteristika

Magistro baigiamajame darbe projektuojamas 10 aukštų administracinės paskirties pastatas, kurio statybos trukmė yra vieneri metai. Nagrinėjamas procesas yra plieninių kolonų montavimas, kurio metu be plieninių konstrukcijų, bus naudojami suvirinimo elektrodai, nesitraukiantis betonas, veržlės ir poveržlės. Kolonos į projektinę padėtį bus keliamos kranu, pastačius pirmo aukšto kolonas veržliarakčiu užsukamos inkarinių varžtų veržlės, aukščiau esančios kolonos tarpusavyje yra suvirinamos.

Pavojiškos zonos spindulys nustatomas pagal formulę:

$$R_{pav} = l + \frac{l_1}{2} + r = 50 + \frac{11.85}{2} + 10 = 65,9 \text{ m} \quad (5.1)$$

čia: l – didžiausias strėlės siekis, m; l_1 – didžiausių matmenų konstrukcijos ilgis, m; r – pavojiškos zonos atsargos atstumas (pagal krūvio kritimo aukštį).

Statybos įmonė, kuri statys pastatą, turi darbuotojų saugos ir sveikatos specialistą, kadangi statybos įmonėje dirba daugiau negu 50 darbuotojų ji turi įsteigtą darbuotojų saugos ir sveikatos komitetą [48].

Darbuotojai mokomi saugiau dirbti juos instruktuojuant. Įmonėje darbuotojų saugos ir sveikatos klausimais vykdomi įvadinis, pirminis darbo vietoje, periodinis darbo vietoje, papildomas darbo vietoje, tikslinis darbo vietoje, instruktavimai.

Kiekvienam įmonės darbuotojui atliekamas privalomasis įvadinis instruktavimas. Sudarius darbo sutartį, darbuotojui tuoj pat atliekamas įvadinis instruktavimas ir įforminamas įmonės įvadinio instruktavimo registravimo žurnale. Įmonės struktūrinių padalinių, esančių kitoje negu įmonė teritorijoje ar vietovėje, vadovai, gavę įmonės vadovo įgaliojimus įgyvendinti darbuotojų saugos ir sveikatos priemones šiame padalinyje, turi savo padalinio įvadinio instruktavimo registravimo žurnalą. Instruktuojama pagal įmonės vadovo patvirtintą įvadinio instruktavimo programą, parengtą vadovaujantis Lietuvos Respublikos darbo kodekso, Lietuvos Respublikos darbuotojų saugos ir sveikatos įstatymo, kitų norminių teisės aktų nuostatomis. Įvadinio instruktavimo metu darbuotojas turi būti supažindinamas su įmonės veikla ir jos ypatumais, susijusiais su darbuotojų sauga ir sveikata, darbuotojų saugos ir sveikatos organizavimu įmonėje, pavojišgomis vietomis, būsimojo darbo sąlygomis, kolektyvinės sutarties susitarimais, darbo tvarkos taisyklėmis, kitais darbovietėje galiojančiais ir jo darbą reglamentuojančiais aktais. Darbuotojų informavimo apie įvadinės instrukcijos,

įvadinio instruktavimo programos, instruktavimo turinio pakeitimus tvarką nustato įmonės vadovas. Įvadinio instruktavimo registravimo žurnalas saugomas įmonėje 75 metus po paskutinio įrašo jame [48].

Pirminį instruktavimą prieš pradėdami dirbti įmonėje privalo išklausti darbuotojai, kurių veikla susijusi su gamyba, darbo priemonių naudojimu, priežiūra ir remontu, paslaugų teikimu, medžiagų bei žaliavų laikymu ir naudojimu. Kiekvienas darbuotojas instruktuojamas individualiai, paaiškinant, kaip saugiai atlikti konkrečius jam pavestus darbus, technologines gamybinės darbo operacijas. Instruktuojama pagal įmonėje parengtus darbuotojų saugos ir sveikatos vietinius (lokalinius) norminius teisės aktus. Darbuotojams, išklausiusiems pirminį instruktavimą darbo vietoje, leidžiama dirbti tik po to, kai instruktavimas įforminamas instruktavimų darbo vietoje registravimo žurnale ir specialioje instruktavimo registravimo kortelėje. Instruktavimų darbo vietoje registravimo žurnalas saugomas įmonėje 10 metų po paskutinio įrašo jame [48].

Periodiškai instruktuojama ne rečiau kaip kartą per 12 mėnesių. Konkretų instruktavimo periodiškumą nustato įmonės vadovas, atsižvelgdamas į darbinės veiklos pavojus, profesinės rizikos vertinimo rezultatus[48].

Papildomas instruktavimas darbo vietoje atliekamas:

- Atsiradus naujiems arba pasikeitus darbo aplinkos rizikos veiksniams, keliantiems pavojų darbuotojų saugai ir sveikatai, perkėlus darbuotoją į kitą darbą arba pakeitus darbo vietą, technologinį procesą, darbo organizavimą, pakeitus arba modernizavus darbo priemones, pradedant naudoti naujas pavojingas ar kenksmingas medžiagas [48].
- Patvirtinus naujus arba pataisius įmonės norminius dokumentus.
- Darbuotojui pažeidus darbuotojų saugos ir sveikatos norminių teisės aktų reikalavimus, kurių nevykdant įvyko ar galėjo įvykti nelaimingas atsitikimas, incidentas, avarija, gaisras, sprogdimas, arba pastebėjus jo nesaugų elgesį [48].
- Pareikalavus darbo inspektoriui, kai nustatoma, kad darbuotojo žinių nepakanka atliekamam darbui.
- Darbuotojui nebuvus darbe ilgiau kaip 60 kalendorinių dienų [48].
- Įmonės vadovui ar darbdavio įgaliotam asmeniui nusprendus, kad to reikia siekiant apsaugoti darbuotojus nuo traumų ar profesinių ligų [48].
- Papildomas instruktavimas įforminamas tame pačiame, kaip ir pirminis instruktavimas, instruktavimų darbo vietoje registravimo žurnale ir specialioje instruktavimo

registravimo kortelėje. Papildomo instruktavimo darbo vietoje registravimo kortelės saugomos iki eilinio periodinio instruktavimo darbo vietoje dienos [48].

Tikslinį instruktavimą privalo išklaudyti darbuotojai, dirbantys pagal paskyras-leidimus, rašytinius nurodymus bei pavedimus ar kitus specialius dokumentus, taip pat darbuotojai, kuriems tam tikrais atvejais gali būti pavedama vienkartinė užduotis, nesusijusi su jų nuolatiniu darbu ar profesija (pakrovimas, iškrovimas, teritorijos tvarkymas, avarijų ar stichinės nelaimės padarinių likvidavimo ir kiti panašūs darbai), taip pat masinių (kultūrinių, sportinių) renginių įmonėje dalyviai. Tikslinis instruktavimas įforminamas paskyroje-leidime, rašytiniame nurodyme, specialioje instruktavimo registravimo kortelėje, o jei instruktuojama pagal rašytines instrukcijas – instruktavimų registravimo žurnale [48].

5.2. Darbo vietos charakteristika

Kolonas montuojantys darbininkai turi būti išklause montuotojų darbų saugos instrukciją, turėti montuotojų ir prikabinėtojų pažymėjimus, bei žinoti visus instrukcijos punktus. Stebėti ir užtikrinti, kad į montavimo zona nepatektų pašaliniai asmenys, kad technika neužkliudytų kolonos išramstymų įrenginių. Iškrovimui ir kėlimui į projektinę padėtį turi būti naudojama kolonos svorį ir gabaritus atitinkančia inventorinę įrangą.

Kadangi kolonų montuotojai dirba aukštai, jų sveikata turi būti tikrinama ne rečiau kaip vieną kartą per metus. Montuotojai negali dirbti šio darbo jei gydytojų komisija išvadose neparašiusi „tinka dirbti aukštai“.

Darbininkai privalo dirbti su įrankiais, kurie atitinka techninėse sąlygose nurodytus saugumo reikalavimus. Įrankiai negali būti sugedę, ar netvarkingi. Taip pat neleidžiama dirbti su neišbandytai ir nepriimtais kėlimo kranais, mechanizmais, kabinimo priemonėmis.

Visi montavimo darbininkai turi vilkėti specialią aprangą ir avalynę, turėti ir naudoti apsaugines priemones, tokias kaip: šalmai, akiniai, respiratoriai, išbandyti apsauginiai diržai, įrankių krepšelį [45]. Asmeninės apsaugos priemonės privalo būti keičiamos joms susidėvėjus.

Darbo vieta turi būti tvarkinga, gerai apšviesta. Yra saugiau kai montuojamoje zonoje sukrautos tik montavimui skirtos detalės, konstrukcijos, įrankiai. Praėjimai turi būti neužversti.

Montuojant žiemą turi būti daromos pertraukos montuotojams apšilti. O kaip lauke yra plikšala, pučia smarkus vėjas, smarkiai lyja, siaučia pūga dirbti draudžiama.

Montuojant kolonas kranu, pravažiavimai iki montavimo aptveriami, paženklinami ryškiais ženklais, kad matytųsi ne tik dieną, bet ir naktį. Draudžiama dirbti šalia ar po montuojamomis konstrukcijomis kitus darbus. Draudžiama kelti žmones esančius ant

montuojamų konstrukcijų. O nutraukus darbus konstrukcijos negali būti paliktos pakeltos ir nepritvirtintos.

Suvirintojų darbo vietose neturėtų būti lengvai užsidegančių medžiagų. Kiekviena suvirinimo darbų vieta turi būti aprūpinta tvarkingomis pirminėmis gaisro gesinimo priemonėmis: milteliniais arba angliarūgštės gesintuvais (minimalus gesinimo medžiagos kiekis gesintuve – 4 kg) [46], papildomai gali būti nedegus užtiesalas. Konstrukcijos virinamos naudojantis individualiu ventiliuojamu, skydeliu ar kauke su automatiškai užtamsėjančiu apsauginiu stiklu. Visi elektriniai suvirinimo įrankiai turi būti tvarkingi, laidai turi būti gerai izoliuoti, o įrenginiai ir suvirinami elementai privalo būti įžeminti. Darbų sunkumo kategorija III.

5.3. Darbo aplinkos profesinės rizikos veiksniai ir jų šaltiniai

Prie fizikinių veiksnių priskiriama ir patalpų šiluminė aplinka, apšvietimas, triukšmas, vibracija, jonizuojantis ir kiti spinduliavimai, elektros srovė ir kt.. Fizikiniai veiksniai, kurie gali sukelti pavojų sveikatai nustatomi ir pateikiami 5.2. lentelėje.

5.1 lentelė. Fizikiniai veiksniai sukeliantys pavojų sveikatai.

Tipinių veiksnių, galinčių kelti pavojų profesinei saugai ir sveikatai, sąrašas	Veiksnių pasireiškimo charakteristikos, atsižvelgiant į nustatytą poveikį ar pavojų	Ar buvo nustatytas poveikis ar pavojus		Ar būtinos prevencinės priemonės	
		Ne	Taip	Ne	Taip
1	2	3	4	5	6
Darbo vietos šiluminė aplinka (patalpų mikroklimatas)	Šaltuoju metų laiku veikia šaltis, skersvėjis ir drėgmė. Temperatūra iki -10° C Šiltuoju metų laiku veikia karštis, skersvėjis ir drėgmė. Temperatūra iki 30° C		×		×
Darbo vietos apšvietimas	Natūralus apšvietimas yra, tamsiu paros metu naudojamas vietinis ir bendras statybos aikštelės apšvietimas.	×		×	
Triukšmas	Dirbant kampiniu šlifuoekliu triukšmui slopinti naudojamos ausinės arba ausų kištukai [26]	×		×	
Vibracija, darbas su vibruojančiais įrankiais, vibraciją keliančios mašinos	Naudojami kampiniai šlifuoekliai kuriais galima dirbti visą pamainą be kenksmingo vibracijos poveikio. Vibracijos iki intensyvumas $a = 2,5 \text{ m/s}^2$.	×		×	

1	2	3	4	5	6
Infraraudonasis spinduliavimas	Suvirinimo metu per trumpą laiką išskiriamas didelis infraraudonųjų spindulių kiekis 141-350 W/m ² .		×		×
Ultravioletinis spinduliavimas	Suvirinimo metu per trumpą laiką išskiriamas didelis ultravioletinių spindulių kiekis.		×		×
Jonizuojantis spinduliavimas	Tikrinant suvirinimo siūles naudojamas jonizuojančią spinduliuotę skleidžiantis įrenginys, bandymai atliekami pietų pertraukų metu, kai montuotojai yra pakankamai toli.	×		×	

Fiziniai veiksniai – besisukančios ar judančios mašinų dalys, pjovimo įrankiai, transportavimo įranga, kranai, liftai, transporto ir priėjimo keliai, pastoliai, kopėčios, karštos medžiagos ar paviršiai, slėginiai indai, sprogimo ir gaisro atžvilgiu pavojingi aparatai, indai ir kt.. Fiziniai veiksniai, kurie gali sukelti pavojų sveikatai pateikiami ir nustatomi 5.2 lentelėje.

5.2 lentelė. Fiziniai veiksniai sukeliantys pavojų sveikatai.

Tipinių veiksmų, galinčių kelti pavojų profesinei saugai ir sveikatai, sąrašas	Veiksnių pasireiškimo charakteristikos, atsižvelgiant į nustatytą poveikį ar pavojų	Ar buvo nustatytas poveikis ar pavojus		Ar būtinos prevencinės priemonės	
		Ne	Taip	Ne	Taip
Besisukančios ar judamos mašinų dalys	Montavimo metu visos kranų besisukančios dalys yra uždengtos.	×		×	
Pjovimo įrankiai (rankiniai ir mechaniniai)	Pjovimui bei šlifavimui naudojami kampiniai šlifuočiai su disko apsauga.	×		×	
Kėlimas kranu	Galimas konstrukcijų kritimas keliant kranu.		×		×
Pastoliai	Gresia pavojus nukristi, virinant kolonų sandūras.		×		×
Karštos medžiagos ir/ar paviršiai	Karšti paviršiai po suvirinimo.		×		×
Elektros įtampa	Izoliacija, įnulinimas ir įžeminimas suvirinimo aparatams bei kampiniams šlifuočiams tinkami.	×		×	
Darbo vietos priešgaisrinis parengimas	Yra gaisro gesinimo priemonės kiekvienoje suvirinimo vietoje .		×		×

Ergonominiai veiksniai – veiksniai, kurių pagrindą sudaro fizinio darbo krūvis ir įtampa bei darbo vietos pritaikymas darbuotojo galimybėms;

Psichosocialiniai veiksniai – veiksniai, kurie dėl darbo sąlygų, darbo reikalavimų, darbo organizavimo, darbo turinio, įmonės darbuotojų tarpusavio ar darbdavio ir darbuotojo tarpusavio santykių sukelia darbuotojui psichinį stresą.

Ergonominiai ir psichologiniai veiksniai, kurie gali sukelti pavojų sveikatai pateikiami ir nustatomi 5.3 lentelėje.

5.3 lentelė. Ergonominiai ir psichologiniai veiksniai sukeliantys pavojų sveikatai.

Tipinių veiksnių, galinčių kelti pavojų profesinei saugai ir sveikatai, sąrašas	Veiksnių pasireiškimo charakteristikos, atsižvelgiant į nustatytą poveikį ar pavojų	Ar buvo nustatytas poveikis ar pavojus		Ar būtinos prevencinės priemonės	
		Ne	Taip	Ne	Taip
Darbo sunkumas (Dinaminis darbas)	Darbo galia iki 45W, vienkartinio krūvio masė iki 30 kg, smulkių stereotipinių plaštakos judesių skaičius per pamainą iki 20 000[47]	×		×	
Darbo sunkumas (Statinis darbas)	Statinio krūvio dydis per pamainą prilaikant svorį iki 43 000 kg·s[47]	×		×	
Valdymo įrangos išdėstymas nuolatinėje darbo vietoje	1 zona[47]	×		×	
Pastangų dydis, judinant valdymo įrangą	2 -4,5 kg[47]	×		×	
Darbo poza	Darbas sėdint arba stovint; darbas nuolat pasilenkus iki 30° kampu 25% pamainos laiko[47]	×		×	
Judėjimo atstumas darbo aplinkoje	4 - 8 km[47]	×		×	
Darbo įtampa (dėmesys)	Vienu metu stebima iki 25 darbo proceso objektų, koncentracijos trukmė iki 75% pamainos laiko, informacinių signalų skaičius iki 300 per val. [47]	×		×	
Darbo įtampa (Regos ir klausos analizatoriai)	Objektų dydis didesnis negu 5 mm, suprantamų žodžių ir signalų skaičius didesnis negu 70%[47]	×		×	
Darbo emocinė įtampa	Darbas pagal nustatytą grafiką su galimybe jį koreguoti veiklos eigoje[47]	×		×	

5.4. Profesinės rizikos vertinimas

Profesinės rizikos vertinimo tikslas yra nustatyti ir įvertinti esamą ar galimą riziką darbe, ją pašalinti, o jei negalima pašalinti, įdiegti prevencijos priemonės, kad darbuotojai būtų apsaugoti nuo rizikos arba ji būtų kiek įmanoma sumažinta.

Priimant sprendimus dėl rizikos priimtumo, reikėtų konsultuotis su darbuotojais ir atsižvelgti į visus darbuotojams kylančius pavojus. Taip pat reikėtų atsižvelgti į tai, kaip rizikos veiksniai veikia atskirus darbuotojus, kurie priklauso pažeidžiamoms grupėms, tokioms kaip nauji arba nepatyrę darbuotojai, jauni asmenys, nėščios ar krūtimi maitinančios moterys ir kt.

Nustatant didelės rizikos sritis, kuriose reikia imtis priemonių užtikrinant saugą ir sveikatą, rizikos dydį galima kiekybiškai apskaičiuoti ir įvertinti pasinaudojant Danijoje taikoma metodika - priskiriant pavojui, traumas ar kitokio sveikatos pakenkimo tikimybei ir pasekmėms balus nuo 1 iki 3.

Pavojaus dydis gali būti vertinamas tokiais balais:

3 – labai didelis (labai kenksmingos darbo sąlygos arba gali įvykti nelaimingas atsitikimas (sunkus, mirtinas);

2 – didelis (kenksmingos darbo sąlygos arba gali įvykti nelaimingas atsitikimas, kurio metu patiriama sveikatai pavojinga trauma);

1 – nedidelis (normalios darbo sąlygos, gali susirgti profesine liga arba patirti lengvą traumą).

Traumos ar kitokio sveikatos pakenkimo tikimybė gali būti vertinama balais taip:

3 – didelė (traumos ar kitokie sveikatos pakenkimai dažni);

2 - vidutinė (atsitiktinės traumos ar kitokie sveikatos pakenkimai);

1 – maža (traumos ar kitokie sveikatos pakenkimai reti).

Nustatant traumas ar kitokio sveikatos pakenkimo tikimybę, reikia atsižvelgti tiek į galimybę, kad tai įvyks kiekvieną kartą atliekant užduotį, tiek į užduoties atlikimo dažnumą bei trukmę.

Pasekmės gali būti vertinamos kaip veikiančios:

3 – padalinį (paveikia daugelį asmenų);

2 – grupę (paveikia šalia esančius asmenis);

1 – asmenį.

5.4 lentelė. Rizikos nustatymo duomenys

Veikla	Pavojai	Taikomos saugos priemonės	Priemonių pakanka	Pastebėti trūkumai	Pavojaus dydis	Traumos ar kitokio sveikatos pakenkimo tikimybė (balais)	Pasekmės	Rizikos dydis balais
Kolonų kėlimas kranu	Fiziniai	Kolonos stropuojamos patikrintomis kėlimo priemonėmis. Darbuotojai atliekantys kėlimo darbus atestuoti ir instruktuoti. Kėlimo darbams vadovauja kranų darbų vadovas.	TAIP	Kėlimo stropai neužregistruoti kėlimo priemonių žurnale	2	1	2	4
Virinimas	Fizikinis ir fizinis	Naudojamas ventiliuojamas, skydelis su automatiškai užtamsėjančiu apsauginiu stiklu, apsauginės pirštinės, šalmas, apsauginiai rūbai, metalu kaustyti batai, apraišai [45].	TAIP	Suvirintojas periodiškai neinstrukuotas.	2	2	1	4
Virintinės siūlės šlifavimas kampiniu šlifuoekliu	Fizikinis ir fizinis	Naudojamas kampinis šlifuoeklis su apsauga. Naudojamas šalmas, pirštinės, apsauginiai rūbai, metalu kaustyti batai, apsauginiai akiniai, pirštinės, apsauginės ausinės, respiratorius [45].	TAIP	Pasibaigus kampinio šlifuoeklio patikra.	2	2	1	4
Suvirinimo aparato pernešimas	Ergonominis	Naudojamas šalmas, pirštinės, apsauginiai rūbai, metalu kaustyti batai, pirštinės[45].	TAIP	Suvirinimo aparatas sveria daugiau negu 30 kg	1	3	1	3
Stropų atkabimas	Fizinis	Naudojamas šalmas, pirštinės, apsauginiai rūbai, metalu kaustyti batai, pirštinės [45].	TAIP	Susidėvėjusios darbuotojo pirštinės	1	2	1	2

Ištyrus plieninių kolonų montavimo darbo vietą nustatyta, kad darbų rizikos priimtumas yra toleruotinas.

Stropų atkabinimas ir suvirinimo aparato pernešimas surinko 2-3 rizikos balus, todėl nereikia jokių papildomų rizikos mažinimo ar šalinimo priemonių, išskyrus atvejus, kai joms įgyvendinti nereikia didelių sąnaudų (laiko, pinigų ir pastangų). Reikėtų užtikrinti, kad veiktų esamos rizikos šalinimo ir mažinimo priemonės.

Kolonų kėlimas kranu, virinimas ir virintinės siūlės šlifavimas surinko po 4 rizikos balus, todėl reikėtų nagrinėti, ar riziką galima pašalinti arba sumažinti iki priimtino lygio. Rizikos šalinimo ir mažinimo priemonės turėtų būti įgyvendintos per nustatytą laikotarpį. Reikėtų užtikrinti, kad veiktų esamos rizikos šalinimo ir mažinimo priemonės.

5.5. Aplinkosauga

Darbų eigoje už tvarkomos teritorijos ribų išardytos arba apgadintos esamos dangos turi būti pilnai atstatytos pagal pirminę padėtį. Savavališkai kirsti medžius griežtai draudžiama. Norint pagal projektą kirsti medžius prieš tai privaloma suderinti su reikiamomis institucijomis.

Visi statybos mechanizmai turi būti tvarkingi. Tepalų ir degalų nutekėjimai ir patekimas į gruntą kategoriškai draudžiamas. Taip pat draudžiama naudoti kitas medžiagas, kenksmingas aplinkai. Jokie remonto ir techninės priežiūros metu susidarantys skysčiai (išskyrus nuotekas) negali patekti į nuotakynus.

Bendruoju atveju pasiruošimo statybai metu nuo galimų pažeidimų apsaugomi medžiai, esantys arti kelių, statinių. Apie kamienus dedamos 2,0 – 2,5 m aukščio lentos ir sukalamos lentų karkasas arba suveržiamos viela. Atliekant žemės kasybos darbus, būtina išsaugoti derlingąjį dirvožemio sluoksnį. Būtina kiek įmanoma sumažinti nuimamo augalinio sluoksnio plotą, o nuimtą saugoti būsimiems aplinkos tvarkymo darbams.

Statybos metu mažinant oro taršą privaloma:

- vengti atviros ugnies kaitinant bitumą, vandenį;
- naudoti mažiau toksiškų medžiagų;
- valyti ir laistyti privažiuojamo kelius, aikšteles;
- mašinų varikliai privalo būti sureguliuoti taip, kad išmetamųjų dujų kiekis neviršytų leidžiamųjų;
- laikytis normų;
- prižiūrėti, kad nedirbančios mašinos būtų su išjungtais varikliais.

Atliekant statybos darbus Rangovinė organizacija privalo garantuoti, kad nebūtų užterštas gruntinis vanduo (į gruntą nepatektų betono ar skiedinio likučiais bei išamosios medžiagos ir t. t.).

IŠVADOS

1. Suprojektuotos atitvarinės denginio konstrukcijos, kurių šilumos perdavimo koeficientas $U = 0,119 \frac{W}{m^2 \cdot K}$, ir jis neviršija norminio šilumos perdavimo koeficiento $U_N = 0,125 \frac{W}{m^2 \cdot K}$.
2. Naudojantis trimačio modeliavimo kompiuterine programa „Tekla Structures“, buvo sukurti du trimačiai pastato karkaso modeliai, kuriuos importavus į kompiuterinę programą „Scia Engineer“ ir galutinai aprašius skaičiuojamąją schemą buvo nustatytos įrašos ir deformacijos konstrukcijose.
3. Ekonominėje dalyje nustatyta, kad karkaso su surenkama perdanga variantas yra 22,6% pigesnis už karkaso variantą su kompozitine perdanga.
4. Mokslinėje dalyje atliktas plieninės WQ skerspjūvio sijos, integruotos perdangoje, bei kompozitinės perdangos plokštės ir ją laikančios sijos projektavimas.
5. Suprojektuota plieninė WQ skerspjūvio sija. Plieno sąnaudos vienam kvadratiniam metrui patalpų ploto yra 16,75 kg.
6. Pirmo aukšto karkaso montavimui parinktas automobilinis kranas Liebherr LTM 1050-3.1. Montavimo darbai numatyti atlikti per 16 darbo dienų.

LITERATŪRA

1. Lietuvos Respublikos statybos įstatymas. 1996 m. kovo 19 d. Nr. I-1240. Aktuali įstatymo redakcija nuo 2010 m. Spalio 1 d. [žiūrėta 2014-09-15].
2. STR 1.11.01:2010. Statybos užbaigimas.
3. STR 1.05.08:2003. Statinio projekto architektūrinės ir konstrukcinės dalių brėžinių braižymo taisyklės ir grafiniai žymėjimai. Valstybinės Žinios, 2003, Nr. 122-5541.
4. STR 2.01.01(3):1999. Esminiai statinio reikalavimai. Higiena, sveikata, aplinkos apsauga.
5. STR 2.01.03:2009. Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projektinės vertės.
6. STR 2.05.01:2005. Pastatų atitvarų šiluminė technika.
7. STR 2.05.02:2008. Statinių konstrukcijos. Stogai.
8. STR 2.05.04:2005. Poveikiai ir apkrovos.
9. LST EN 1990:2004. Eurokodas. Konstrukcijų projektavimo pagrindai.
10. LST EN 1991-1-1:2004. Eurokodas 1. Poveikiai konstrukcijoms. 1-1 dalis. Bendrieji poveikiai. Tankiai, savasis svoris, pastatų naudojimo apkrovos.
11. LST EN 1991-1-3:2004. Eurokodas 1. Poveikiai konstrukcijoms. 1-3 dalis. Bendrieji poveikiai. Sniego apkrovos.
12. LST EN 1991-1-4:2005. Eurokodas 1. Poveikiai konstrukcijoms. 1-4 dalis. Bendrieji poveikiai. Vėjo apkrovos.
13. LST EN 1992-1-1:2005. Eurokodas 2. Gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas. 1-1 dalis. Bendrosios ir pastatų taisyklės.
14. LST EN 1993-1-1:2005. Eurokodas 3. Plieninių konstrukcijų projektavimas. 1-1 dalis. Bendrosios ir pastatų taisyklės.
15. LST EN 1993-1-8:2005. Eurokodas 3. Plieninių konstrukcijų projektavimas. 1-8 dalis. Mazgų projektavimas.
16. LST EN 1997-1-1:2004. Eurokodas 7. Geotechninis projektavimas. 1 dalis. Pagrindinės taisyklės.
17. Marčiukaitis G., Jonaitis B., Papinigis V., Valivonis J. 2007. Gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas pagal euronormas. Vilnius: Technika.
18. A. Karpavičius, V. Statybinių kranų skaičiavimas ir parinkimas. Vilnius, 2001.
19. Kainodara statyboje [žiūrėta 14-11-20]. Prieiga per internetą:
<<http://www.sistela.lt/Kainodara/statyboje>>.

20. LST EN 1991-1-1:2004. Eurokodas 1. Poveikiai konstrukcijoms.1-1 dalis. Bendrieji poveikiai. Tankiai, savasis svoris, pastatų naudojimo apkrovos.
21. LST EN 1991-1-2:2004. Eurokodas 1. Poveikiai konstrukcijoms.1-2 dalis. Bendrieji poveikiai. Gaisro poveikiai konstrukcijoms.
22. LST EN 1991-1-3:2003. Eurokodas 1. Poveikiai konstrukcijoms.1-3 dalis. Bendrieji poveikiai. Sniego apkrovos.
23. LST EN 1991-1-4:2005. Eurokodas 1. Poveikiai konstrukcijoms.1-4 dalis. Bendrieji poveikiai. Vėjo poveikiai.
24. LST EN 1991-1-6:2005. Eurokodas 1. Poveikiai konstrukcijoms.1-6 dalis. Bendrieji poveikiai. Poveikiai vykdymo metu.
25. LST EN 1991-1-7:2006. Eurokodas 1. Poveikiai konstrukcijoms.1-6 dalis. Bendrieji poveikiai. Ypatingieji poveikiai.
26. LST EN 1992-1-1:2005. Eurokodas 2. Gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas.1-1 dalis. Bendrosios ir pastatų taisyklės.
27. LST EN 1992-1-2:2005. Eurokodas 2. Gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas.1-2 dalis. Konstrukcijų elgsenos ugnyje skaičiavimas.
28. LST EN 1993-1-1:2005+AC:2006. Eurokodas 3. Plieninių konstrukcijų projektavimas.1-1 dalis. Bendrosios ir pastatų taisyklės.
29. LST EN 1993-1-2:2005+AC:2006. Eurokodas 3. Plieninių konstrukcijų projektavimas.1-2 dalis. Konstrukcijų elgsenos ugnyje skaičiavimas.
30. LST EN 1994-1-1:2005. Eurokodas 4. Kompozitinių plieninių-betoninių konstrukcijų projektavimas.1-1 dalis. Bendrosios ir pastatų taisyklės.
31. LST EN 1994-1-2:2006. Eurokodas 4. Kompozitinių plieninių-betoninių konstrukcijų projektavimas.1-1 dalis. Konstrukcijų elgsenos ugnyje skaičiavimas.
32. Fasado svoris– [žiūrėta 2015-06-22]. Prieiga per internetą <http://us.vocuspr.com/>
33. Pakeliamosios grindys– [žiūrėta 2015-06-22]. Prieiga per internetą <http://www.fibro.lt/pakeliamos-grindys>
34. Denginio ir pertvarų konstrukcija– [žiūrėta 2015-06-22]. Prieiga per internetą <http://www.paroc.lt>
35. Pertvarų konstrukcija– [žiūrėta 2015-06-22]. Prieiga per internetą <http://www.ruukki.com>
36. Mikuckis F. Medžiagų atsparumas. Kaunas: Ardiva, 2008, 185 p.
37. Žiliukas A. Medžiagų mechanika. Kaunas: Technologija, 2004, 595 p.
38. Apkrovos laikantys profiliuoti skardos lakštai – [žiūrėta 2013-05-26]. Prieiga per internetą: <http://www.ruukki.lt/>

39. Atitvarinės konstrukcijos – [žiūrėta 2015-06-22].Prieiga per internetą: <http://paroc.lt>
40. Bituminė stogo danga – [žiūrėta 2015-06-22]. Prieiga per internetą: www.mida.lt/
41. Hughes A. F. WIND ACTIONS TO BS EN 1991-1-4. Berkshire: SCI, 2014
42. Lawson R. M.,Hicks S.J. DESIGN OF COMPOSITE BEAMS WITH LARGE WEB OPENINGS. Berkshire: SCI, 2011
43. Ongelin P . HITSATUT PROFIIILIT EN 1993-käsikirja. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy, 2010
44. Hjort-Hansen E. SNOW ENGINEERING RECENT ADVANCES AND DEVELOPMENTS. A.A. Balkema, Rotterdam, 2000
45. Darbuotojų aprūpinimo asmeninėmis apsauginėmis priemonėmis nuostatai. Valstybės žinios, 2007, Nr. 123 -5055.
46. Bendrosios gaisrinės saugos taisyklės. Valstybės žinios, 2010, Nr. 99 -5167 (Aktuali redakcija: Valstybės žinios Nr. 118-5970).
47. Higieninė darbo aplinkos veiksnių klasifikacija. Valstybės žinios, 1998-10-30, Nr. 95-2641.
48. Darbuotojų saugos ir sveikatos instrukcijų rengimo ir instruktavimo tvarka. Valstybės žinios, 2002-12-11, Nr. 117-5293

1 PRIEDAS

LOKALINĖ ŠAMATA									
ŠAMATA		Sudaryta pagal 2013.3 kainas							
Statinių grupė	K001	Surenkama perdanga							
Statinys	O1	Administracinės paskirties pastatas Kaune, Partizanų g.							
Žiniaraštis	S1								
2016.01.11		Suma žiniaraščiui			413544,64		Lapas 1		
Sąm. eil.	Darbo, resursų pavadinimas			Mato vienetas	Norma	Kiekis	Kaina Lt	Iš viso Lt	
1	N9P-0103-4			t		19,72			
	Metalinių sijų ir ilginių montavimas kai sijų, ilginių masė daugiau 0,5t iki 1,0t K8=1.03								
	10450	Darbo jėga su vidutine kategorija 4.50	žm.v.al.	10,5	207,06	17,09	3538,18		
	520003	Plieninės statybinės konstrukcijos	t	1,0	19,72	5010,43	98805,68		
	120038	Suvirinimo elektrodai	kg	1,0	19,72	6,83	134,64		
	120051	Tvirtinimo varžtai (įvairūs)	kg	4,6	90,712	6,63	601,19		
	520349	Pagalbinės plieninės montažinės konstrukcijos	kg	6,0	118,32	5,01	592,83		
	380004	Suvirinimo transformatorius	maš.v.al	1,3	25,636	9,4	240,98		
	489051	Kranas ant automob. važiuoklės 16 t keliam. galios	maš.v.al	1,3	25,636	91,0	2332,88		
N9P-0103-4		Darbo užm.	3538,18	Medžiagos	100134,34	Mechanizmai	2573,85	Iš viso	106246,38
2	N9P-0101-3			t		12,02459			
	Metalinių kolonų montavimas kai kolonų masė daugiau 0,5 t iki 1,0t K8=1.03								
	10460	Darbo jėga su vidutine kategorija 4.60	žm.v.al.	16,0	192,39344	17,22	3313,32		
	520349	Pagalbinės plieninės montažinės konstrukcijos	kg	0,6	7,21475	5,01	36,15		
	520003	Plieninės statybinės konstrukcijos	t	1,0	12,02459	5010,43	60248,37		
	534013	Apipjauta mediena (spygliuočių, 1-3 rūš.)	m3	0,004	0,0481	672,15	32,33		
	120038	Suvirinimo elektrodai	kg	0,75	9,01844	6,83	61,57		
	120051	Tvirtinimo varžtai (įvairūs)	kg	2,0	24,04918	6,63	159,39		
	380004	Suvirinimo transformatorius	maš.v.al	1,1	13,22705	9,4	124,33		
	489051	Kranas ant automob. važiuoklės 16 t keliam. galios	maš.v.al	1,6	19,23934	91,0	1750,78		
N9P-0101-3		Darbo užm.	3313,32	Medžiagos	60537,8	Mechanizmai	1875,11	Iš viso	65726,24

3	N7-289			m2		941,136			
	Bekilpinių kiaurymėtu perdangos plokščių montavimas, kurių plotas iki 20 m2, o aukštis 400 mm								
	10350	Darbo jėga su vidutine kategorija 3.50	žm.v.al.	0,26	244,69536	15,05	3682,67		
	260970	Kiaurymėtos perdangos plokštės	m2	1,0	941,136	100,0	94113,6		
	250347	Makroflexas	l	0,0025	2,35284	16,48	38,77		
	600043	Betono mišiniai	m3	0,015	14,11704	242,14	3418,3		
	489042	Kranas ant vikšrinės važiuoklės 25 t keliamosios galios	maš.v.al	0,06	56,46816	104,0	5872,69		
	489192	Vibratorius	maš.v.al	0,05	47,0568	1,6	75,29		
N7-276		Darbo užm.	3682,67	Medžiagos	97570,67	Mechanizmai	5947,98	Iš viso	107201,32
4	N7-275			m2		43,596			
	Bekilpinių kiaurymėtu perdangos plokščių montavimas, kurių plotas iki 10 m2, o aukštis 200 mm								
	10350	Darbo jėga su vidutine kategorija 3.50	žm.v.al.	0,31	13,51476	15,05	203,4		
	260970	Kiaurymėtos perdangos plokštės	m2	1,0	43,596	70,0	3051,72		
	250347	Makroflexas	l	0,0025	0,10899	16,48	1,8		
	600043	Betono mišiniai	m3	0,006	0,26158	242,14	63,34		
	489041	Kranas ant vikšrinės važiuoklės 16 t keliamosios galios	maš.v.al	0,07	3,05172	104,0	317,38		
	489192	Vibratorius	maš.v.al	0,03	1,30788	1,6	2,09		
N7-275		Darbo užm.	203,4	Medžiagos	3116,85	Mechanizmai	319,47	Iš viso	3639,72
Viso žiniaraštyje		Darbo užm.	10737,57	Medžiagos	261359,66	Mechanizmai	10716,41	Iš viso	282813,66
	Papildomų medžiagų vertė 3,00%					7840,79		7840,79	
	Papildomų mechanizmų vertė 3,00%						321,49	321,49	
	Kiti darbo užmokesčio priskaitymai 8,00%				859,01			859,01	
	Iš viso				11596,58	269200,45	11037,9	291834,95	
	Soc. Draudimas 31,00%				3594,94			3594,94	
	Iš viso				15191,52	269200,45	11037,9	295429,89	
	Statybvietės išlaidos 9,00%				1367,24	24228,04	993,41	26588,69	
	Iš viso (tiesioginės išlaidos)				16558,76	293428,49	12031,31	322018,58	
	Pridėtinės išlaidos 30,00%				3478,97			3478,97	
	Iš viso				20037,73	293428,49	12031,31	325497,55	
	Pelnas 5,00%				1001,89	14671,42	601,57	16274,88	
	Iš viso (su netiesioginėmis išlaidomis)				21039,62	308099,91	12632,88	341772,43	
	PVM 21,00%				4418,32	64700,98	2652,9	71772,21	
	Iš viso				25457,94	372800,89	15285,78	413544,64	

2 PRIEDAS

LOKALINĖ SĄMATA									
SĄMATA		Sudaryta pagal 2013.3 kainas							
Statinių grupė	K001	Kompozitinė perdanga							
Statyns	O1	Administracinės paskirties pastatas Kaune, Partizanų g.							
Žiniaraštis	S1								
2016.01.11		Suma žiniaraščiui			534032,44		Lapas 1		
Sąm. eil.	Darbo, resursų pavadinimas		Mato vienetas	Norma	Kiekis	Kaina Lt	Iš viso Lt		
1	N9P-0103-4		t		9,77925				
	Metalinių sijų ir ilginių montavimas kai sijų, ilginių masė daugiau 0,5t iki 1,0t K8=1.03								
	10450	Darbo jėga su vidutine kategorija 4.50	žm.v.al.	10,5	102,68213	17,09	1754,6		
	520003	Plieninės statybinės konstrukcijos	t	1,0	9,77925	5010,43	48998,25		
	120038	Suvirinimo elektrodai	kg	1,0	9,77925	6,83	66,77		
	120051	Tvirtinimo varžtai (įvairūs)	kg	4,6	44,98455	6,63	298,13		
	520349	Pagalbinės plieninės montažinės konstrukcijos	kg	6,0	58,6755	5,01	293,99		
	380004	Suvirinimo transformatorius	maš.v.al	1,3	12,71303	9,4	119,5		
	489051	Kranas ant automob. važiuoklės 16 t keliam. galios	maš.v.al	1,3	12,71303	91,0	1156,89		
N9P-0103-4		Darbo užm.	1754,6	Medžiagos	49657,14	Mechanizmai	1276,39	Iš viso	52688,13
2	N9P-0103-5		t		23,2288				
	Metalinių sijų ir ilginių montavimas kai sijų, ilginių masė daugiau 1,0t K8=1.03								
	10450	Darbo jėga su vidutine kategorija 4.50	žm.v.al.	9,0	209,0592	17,09	3572,34		
	520003	Plieninės statybinės konstrukcijos	t	1,0	23,2288	5010,43	116386,28		
	120038	Suvirinimo elektrodai	kg	0,8	18,58304	6,83	126,88		
	120051	Tvirtinimo varžtai (įvairūs)	kg	4,0	92,9152	6,63	615,79		
	520349	Pagalbinės plieninės montažinės konstrukcijos	kg	6,0	139,3728	5,01	698,32		
	380004	Suvirinimo transformatorius	maš.v.al	1,04	24,15795	9,4	227,08		
	489051	Kranas ant automob. važiuoklės 16 t keliam. galios	maš.v.al	1,0	23,2288	91,0	2113,82		
N9P-0103-5		Darbo užm.	3572,34	Medžiagos	117827,26	Mechanizmai	2340,91	Iš viso	123740,51

3	N9P-0101-3			t		9,01746			
	Metalinių kolonų montavimas kai kolonų masė daugiau 0,5 t iki 1,0t K8=1.03								
	10460	Darbo jėga su vidutine kategorija 4.60	žm.v.al.	16,0	144,27928	17,22	2484,72		
	520349	Pagalbinės plieninės montažinės konstrukcijos	kg	0,6	5,41047	5,01	27,11		
	520003	Plieninės statybinės konstrukcijos	t	1,0	9,01746	5010,43	45181,33		
	534013	Apipjauta mediena (spygliuočių, 1-3 rūš.)	m3	0,004	0,03607	672,15	24,24		
	120038	Suvirinimo elektrodai	kg	0,75	6,76309	6,83	46,17		
	120051	Tvirtinimo varžtai (įvairūs)	kg	2,0	18,03491	6,63	119,53		
	380004	Suvirinimo transformatoriai	maš.v.al	1,1	9,9192	9,4	93,24		
	489051	Kranas ant automob. važioklės 16 t keliam. galios	maš.v.al	1,6	14,42793	91,0	1312,94		
N9P-0101-3		Darbo užm.	2484,72	Medžiagos	45398,38	Mechanizmai	1406,18	Iš viso	49289,28
4	N9P-0401-1			100m2		10,29			
	Denginių metalinių profiliuotų lakštų montavimas Denginių metalinių profiliuotų lakštų laikančio pakloto montavimas								
	10350	Darbo jėga su vidutine kategorija 3.50	žm.v.al.	17,0	174,93	15,05	2632,7		
	120323	Savisriegiai sraigtai (metalui)	v.nt	450,0	4630,5	0,23	1065,02		
	90290	Laikantys profiliai	m2	100,0	1029,0	81,58	83945,82		
	489244	Smulkūs mechanizmai su el. varikliu	maš.v.al	8,0	82,32	1,6	131,71		
	489034	Kranas ant automob. važioklės keliam.galios iki 10 t	maš.v.al	1,4	14,406	73,0	1051,64		
N9P-0401-1		Darbo užm.	2632,7	Medžiagos	85010,84	Mechanizmai	1183,35	Iš viso	88826,88
5	N6P-0610-3			t		1,8			
	Monolitinių gelžbetoninių perdangų armavimas karkasais (tinklais) Monolitinių gelžbetoninių perdangų armavimas karkasais, kai karkaso masė daugiau 50kg iki 100kg K8=1.17, K9=1.15								
	10300	Darbo jėga su vidutine kategorija 3.00	žm.v.al.	11,0	19,8	18,82	372,7		
	93390	Armatūrinis karkasas	t	1,0	1,8	3560,94	6409,69		
	120341	Plieninė viela	kg	0,8	1,44	3,08	4,44		
	489131	Kranas	maš.v.al	2,0	3,6	73,0	262,8		
N6P-0610-3		Darbo užm.	372,7	Medžiagos	6414,13	Mechanizmai	262,8	Iš viso	7049,63

6	N6P-0602-4			m3		132,7			
	Monolitinių gelžbetoninių perdangų betonavimas, kai armavimas viengubas perdangos briaunotos (sijinės), naudojant siurblij K8=1.04, K9=1.15								
	10350	Darbo jėga su vidutine kategorija 3.50		žm.v.al.	2,6	345,02	17,91	6179,14	
	600043	Betono mišiniai		m3	1,015	134,6905	242,14	32613,96	
	489092	Betono siurblys		maš.v.al	0,14	18,578	139,0	2582,34	
	489192	Vibratorius		maš.v.al	0,8	106,16	1,6	169,86	
N6P-0602-4		Darbo užm.	6179,14	Medžiagos	32613,96	Mechanizmai	2752,2	Iš viso	41545,29
Viso žiniaraštyje		Darbo užm.	16996,2	Medžiagos	336921,71	Mechanizmai	9221,83	Iš viso	363139,72
	Papildomų medžiagų vertė 3,00%						10107,65		10107,65
	Papildomų mechanizmų vertė 3,00%							276,65	276,65
	Kiti darbo užmokesčio priskaitymai 8,00%					1359,7			1359,7
	Iš viso					18355,9	347029,36	9498,48	374883,72
	Soc. Draudimas 31,00%					5690,33			5690,33
	Iš viso					24046,23	347029,36	9498,48	380574,05
	Statybvietės išlaidos 9,00%					2164,16	31232,64	854,86	34251,67
	Iš viso (tiesioginės išlaidos)					26210,39	378262,0	10353,34	414825,72
	Pridėtinės išlaidos 30,00%					5506,77			5506,77
	Iš viso					31717,16	378262,0	10353,34	420332,49
	Pelnas 5,00%					1585,86	18913,1	517,67	21016,63
	Iš viso (su netiesioginėmis išlaidomis)					33303,02	397175,1	10871,01	441349,12
	PVM 21,00%					6993,63	83406,77	2282,91	92683,32
	Iš viso					40296,65	480581,87	13153,92	534032,44

3 PRIEDAS

3.1.P KARKASO SU KOMPOZITINE PERDANGA VARIANTO PLIENINĖS KOLONOS PROJEKTAVIMAS

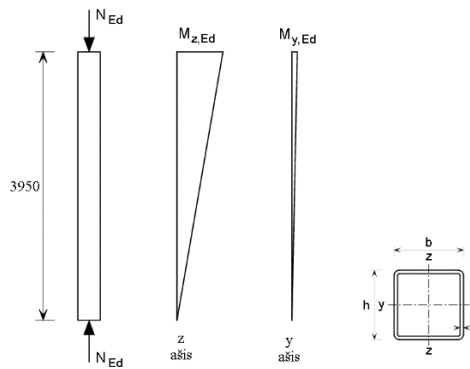
Karkaso su kompozitine perdanga variantui projektuojama pirmojo aukšto, kvadratinio skerspjūvio kolona iš S355 klasės plieno, esanti F-3 ašių sankirtoje. Įrašos gautos iš projektuojamojo pastato skaičiuojamosios schemos, kuri buvo sumodeliuota naudojantis programa SCIA, įrašų reikšmės nuo pavojingiausių derinių pateikiamos 3.1.P pav..

Member	css	dx [m]	Case	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B11	CS1 - SHSCF400/400/16.0	0,000	CO15/3	-7650,27	0,41	1,15	0,00	0,00	0,00
B11	CS1 - SHSCF400/400/16.0	3,950	CO3/1	-3550,27	0,18	0,49	0,00	1,95	0,69
B11	CS1 - SHSCF400/400/16.0	0,000	CO39/4	-4868,87	-1,30	-0,99	0,00	0,00	0,00
B11	CS1 - SHSCF400/400/16.0	0,000	CO12/5	-6338,82	1,89	2,63	0,00	0,00	0,00
B11	CS1 - SHSCF400/400/16.0	0,000	CO38/6	-5570,87	0,35	-0,99	0,00	0,00	0,00
B11	CS1 - SHSCF400/400/16.0	0,000	CO10/7	-6265,92	-1,24	2,63	0,00	0,00	0,00
B11	CS1 - SHSCF400/400/16.0	0,000	CO2/8	-4802,52	0,24	0,67	0,00	0,00	0,00
B11	CS1 - SHSCF400/400/16.0	3,950	CO38/6	-5563,72	0,35	-0,99	0,00	-3,89	1,37
B1	CS1 - SHSCF400/400/16.0	3,950	CO10/7	-6256,27	-1,24	2,63	0,00	10,37	-4,90
B1	CS1 - SHSCF400/400/16.0	3,950	CO39/4	-4861,72	-1,30	-0,99	0,00	-3,89	-5,15
B1	CS1 - SHSCF400/400/16.0	3,950	CO12/5	-6329,17	1,89	2,63	0,00	10,37	7,45

Member	css	dx [m]	Case	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B11	CS1 - SHSCF400/400/16.0	0,000	CO15/3	-7650,27	0,41	1,15	0,00	0,00	0,00
B11	CS1 - SHSCF400/400/16.0	3,950	CO15/3	-7640,62	0,41	1,15	0,00	4,53	1,61

3.1P pav. Įrašų apskaičiuotų programa SCIA, ataskaitos fragmentas

Kaip matyti iš 3.1P pav. lenkimo momentai palyginus su ašinėmis jėgomis yra labai maži, tačiau kolonos skerspjūvis bus projektuojamas, kaip dviejose ašyse lenkiamas elementas veikiamas $N_{Ed}=7650 \text{ kN}$ gniuždymo jėgos, bei lenkimo momentams $M_{z,Ed}=1,61 \text{ kNm}$ ir $M_{y,Ed}=4,53 \text{ kNm}$, kolonos ilgis $L_{cr}=3,95 \text{ m}$.



3.3P pav. Kolonos skaičiuojamoji schema

Reikiamas centriškai gniuždomos kolonos plotas, darant prielaidą, kad skerspjūvis 1 klasės ir sienutės storis mažesnis negu 40 mm:

$$A_{reik} = \frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M0}}{f_y} = \frac{7650 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{355} = 21549 \text{ mm}^2$$

Pagal reikiamą plotą parenkama SHS 400x400x16 skerspjūvio kolona, kurios pagrindinės skerspjūvio charakteristikos yra šios:

$$t=16 \text{ mm}; \quad W=W_x=W_y=3601 \text{ cm}^3; \quad A=235 \text{ cm}^2; \quad r_1=24 \text{ mm};$$

$$b=h=400 \text{ mm}; \quad I=I_y=I_x=56154 \text{ cm}^4; \quad m=184,5 \text{ kg/m}; \quad i=i_y=i_x=15,5 \text{ cm};$$

3.1.1P Kolonos skerspjūvio tikrinimas dviašiam lenkimui

Atstumas tarp profilio sienučių yra:

$$c = h - 2 \cdot t - r_1 = 400 - 2 \cdot 16 - 2 \cdot 24 = 320 \text{ mm}$$

Tikriname skerspjūvį galima priskirti 1 skerspjūvio klasei:

$$\frac{c}{t} = \frac{320}{16} = 20 < 33 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 33 \cdot \sqrt{\frac{235}{355}} = 26,73$$

Skerspjūvis priskiriamas 1 klasei.

Lenkiamoji plastinė skerspjūvio galia:

$$M_{pl,Rd} = \frac{W \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{3601 \cdot 10^3 \cdot 355}{1,0} \cdot 10^{-6} = 1278 \text{ kNm}$$

Skaičiuotinė ašinė plastinė gniuždomoji skerspjūvio galia:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{235 \cdot 10^2 \cdot 355}{1,0} = 8343kN$$

Skerspjūvio skaičiuotinės ašinės jėgos ir skaičiuotinės ašinės plastinės skerspjūvio gniuždomosios galios santykis:

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{7650}{8343} = 0,92 > a_w = \frac{(A - 2 \cdot b \cdot t)}{A} = \frac{(235 - 2 \cdot 40 \cdot 1,6)}{235} = 0,46$$

Sumažintos skaičiuotinės lenkiamosios galios reikšmė, atsižvelgiant į ašinės jėgas:

$$M_{N,Rd} = M_{pl,Rd} \cdot \frac{1-n}{1-a_w} = 1278 \cdot \frac{1-0,92}{1-0,46} = 189kNm > \begin{matrix} M_{y,Ed} = 4,53kNm \\ M_{z,Ed} = 1,61kNm \end{matrix}$$

Sumažinta skaičiuotinė skerspjūvio lenkiamoji galia didesne už kiekvieną veikiančią momentą atskirai.

Tikrinamas skerspjūvio stiprumas dviašiam lenkimui:

$$\left[\frac{M_{y,Rd}}{M_{N,Rd}} \right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,Rd}} \right]^\beta = \left[\frac{4,53}{189} \right]^{2,18} + \left[\frac{1,61}{189} \right]^{2,18} \approx 0 < 1$$

Konstantos:

$$\alpha = \beta = \frac{1,66}{1 - 1,13 \cdot n^2} = \frac{1,66}{1 - 1,13 \cdot 0,46^2} = 2,18$$

Skerspjūvis atsparus dviašiam lenkimui.

3.1.2P Kolonos skerspjūvio tikrinimas dviašiam lenkimui ir gniuždymui

Kolonos skerspjūvio tikrinimas bendram ašinės jėgos bei lenkimo momentų poveikiui turi tenkinti šiuos reikalavimus :

$$\frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{(M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}) \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{yz} \cdot \frac{(M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}) \cdot \gamma_{M1}}{M_{z,Rk}} \leq 1$$

$$\frac{N_{Ed} \cdot \gamma_{M1}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{(M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}) \cdot \gamma_{M1}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{zz} \cdot \frac{(M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}) \cdot \gamma_{M1}}{M_{z,Rk}} \leq 1$$

čia: $\Delta M_{z,Ed}$ ir $\Delta M_{y,Ed}$ – momentai dėl sunkio ašies poslinkio pagal 4 klasės skerspjūviams taikomas nuostatas, 1 klasės skerspjūviams $\Delta M_{z,Ed} = \Delta M_{y,Ed} = 0$;

χ_y ir χ_z – lenkiamojo klupumo koeficientai;

χ_{LT} – skersinio sukamojo klupumo koeficientas, $\chi_{LT}=1,0$, nes skerspjūvis atsparus sukimui;

$k_{yy}, k_{yz}, k_{zy}, k_{zz}$ – sąveikos koeficientai;

χ_{LT} – skersinio sukamojo klupumo koeficientas $\chi_{LT}=1$.

Charakteristinė ašinė kritinio skerspjūvio gniuždomoji galia:

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 235 \cdot 10^2 \cdot 355 = 8343kN$$

Charakteristinė kritinio skerspjūvio lenkiamoji galia:

$$M_{y,Rk} = M_{z,Rk} = W \cdot f_y = 4558 \cdot 10^3 \cdot 355 \cdot 10^{-6} = 1278kNm$$

Sąlyginis skersinio sukamojo klupumo liaunis:

$$\bar{\lambda} = \frac{L}{i \cdot 76} = \frac{395}{15,5 \cdot 76} = 0,33$$

Skersinio sukamojo klupumo koeficientas:

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}}, \text{bet} \begin{cases} \chi \leq 1 \\ \chi \leq \frac{1}{\bar{\lambda}^2} \end{cases}$$

Φ – rodiklis skersinio sukamojo klupumo koeficientui nustatyti.

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

čia: α – nuokrypos koeficientas, kvadratinio skerspjūvio profiliaus $\alpha=0,21$.

Tada, rodiklis skersinio sukamojo klupumo koeficientui nustatyti lygus:

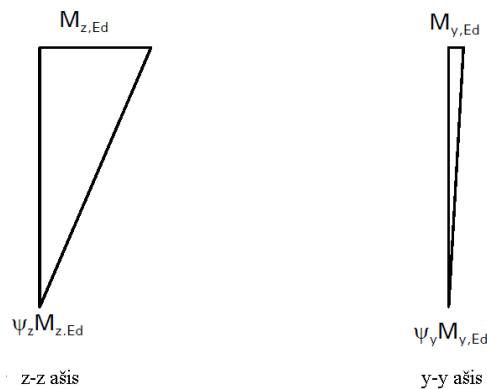
$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,33 - 0,2) + 0,33^2] = 0,57 < 1$$

Tada skersinio sukamojo klupumo koeficientas:

$$\chi = \frac{1}{0,57 + \sqrt{0,57^2 - 0,33^2}} = 0,97 < 1$$

Sąveikos koeficientų nustatymui naudojama sukamosioms deformacijoms nejautrių elementų sąveikos koeficientų lentelė B.1

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left[1 + (\bar{\lambda} - 0,2) \cdot \left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right], \text{ bet } k_{yy} \leq C_{my} \cdot \left[1 + \left(\frac{0,8 \cdot N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$



3.2P pav. Momentų diagrama tolygiojo momento koeficiento nustatymui

Iš 3.20 pav. matyti, kad $\psi=0$, tada tolygiojo momento koeficientai C_m :

$$C_{my} = C_{mz} = C_{mLT} = 0,6 + 0,4 \cdot \psi \geq 0,4$$

$$C_{my} = C_{mz} = C_{mLT} = 0,6 + 0,4 \cdot 0 = 0,6 > 0,4$$

Tada:

$$k_{yy} = 0,6 \cdot \left[1 + (0,33 - 0,2) \cdot \left(\frac{7650}{0,97 \cdot 8343 / 1,0} \right) \right] = 0,673$$

$$k_{yy} \leq 0,6 \cdot \left[1 + \left(\frac{0,8 \cdot 7650}{0,97 \cdot 8343 / 1,0} \right) \right] = 1,05$$

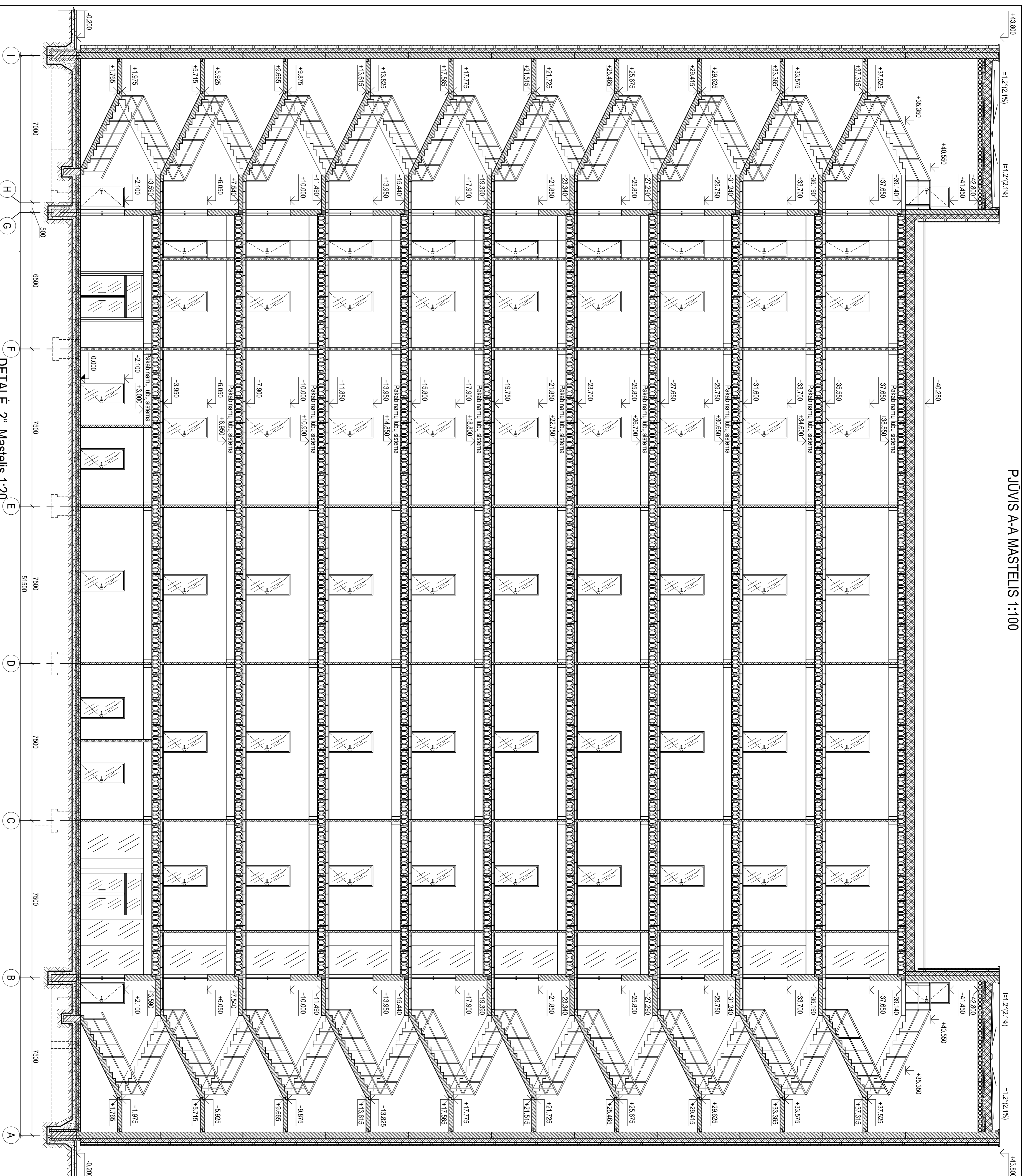
Kadangi koeficientas, $k_{yy}=k_{zz}=0,673$, tai

$$k_{zy} = k_{yz} = 0,6 \cdot k_{yy} = 0,6 \cdot 0,677 = 0,404$$

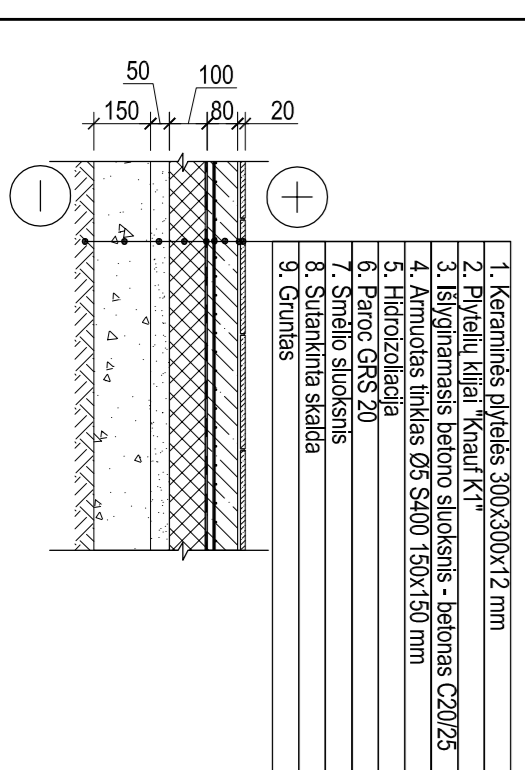
$$\frac{7650 \cdot 1,0}{0,97 \cdot 8343} + 0,663 \cdot \frac{(4,53+0) \cdot 1,0}{1 \cdot 1278} + 0,404 \cdot \frac{(1,61+0) \cdot 1,0}{1278} = 0,948 \leq 1$$

$$\frac{7650 \cdot 1,0}{0,97 \cdot 8343} + 0,404 \cdot \frac{(4,53+0) \cdot 1,0}{1 \cdot 1278} + 0,663 \cdot \frac{(1,61+0) \cdot 1,0}{1278} = 0,947 \leq 1$$

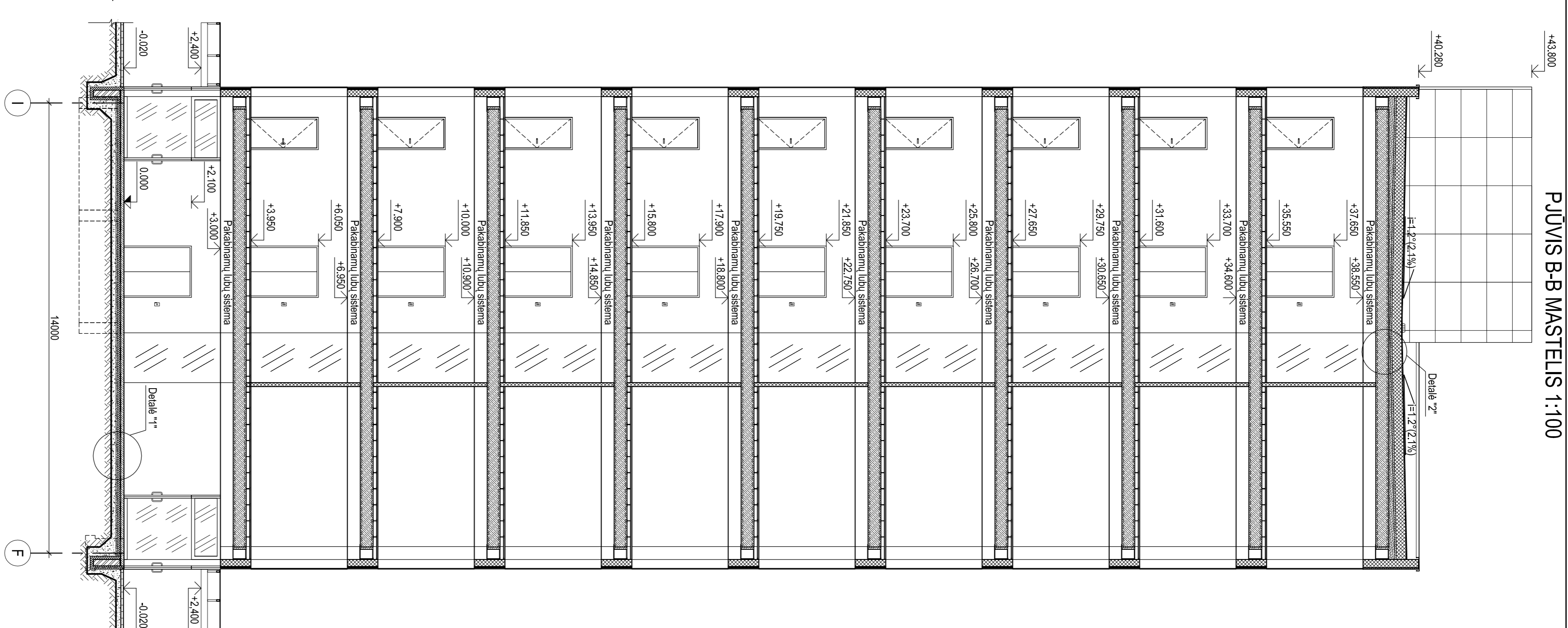
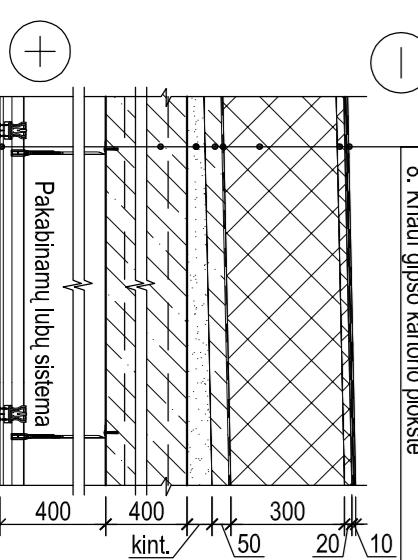
Skerspjūvio stiprumas pakankamas su 5,2% atsarga.



DETALE „1“. Mastelis 1:20



DETALE „2“. Mastelis 1:20

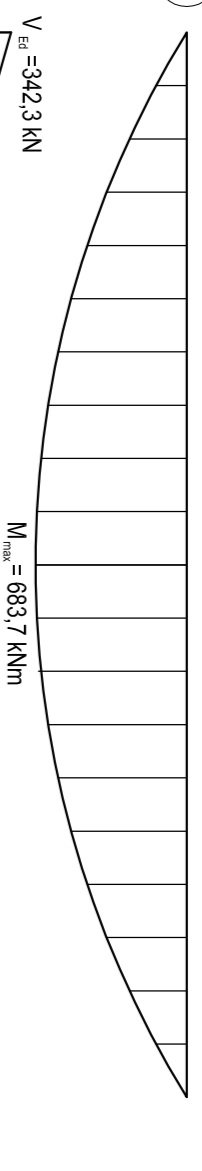
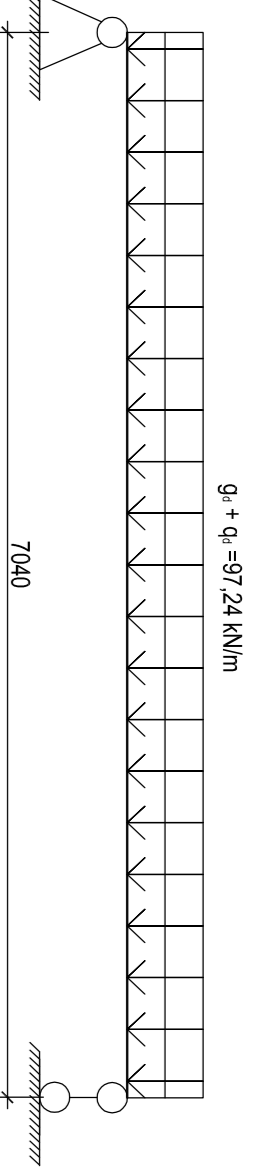


KTU Statybos ir Architektūros fakultetas

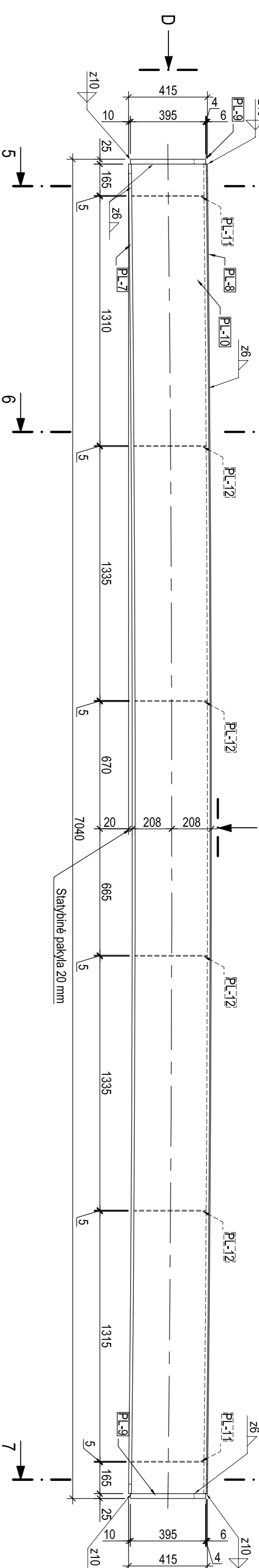
Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas	Mesistro bei gaminės darbas
SSI/4	Sudėjęs A. Urbonas	2016-
	Vadovė N. Adamkavičė	2016-
	Konsult. G. Štikaytė	2016-
	Konsult. J. Šarūnaitienė	2016-
	Konsult.	
	Konsult.	

Pr. etapas	Statybinė konstrukcijų katedra	2016-MBD-SK
MBD	L1-3-387 Sudėjęs 46 kaunas	

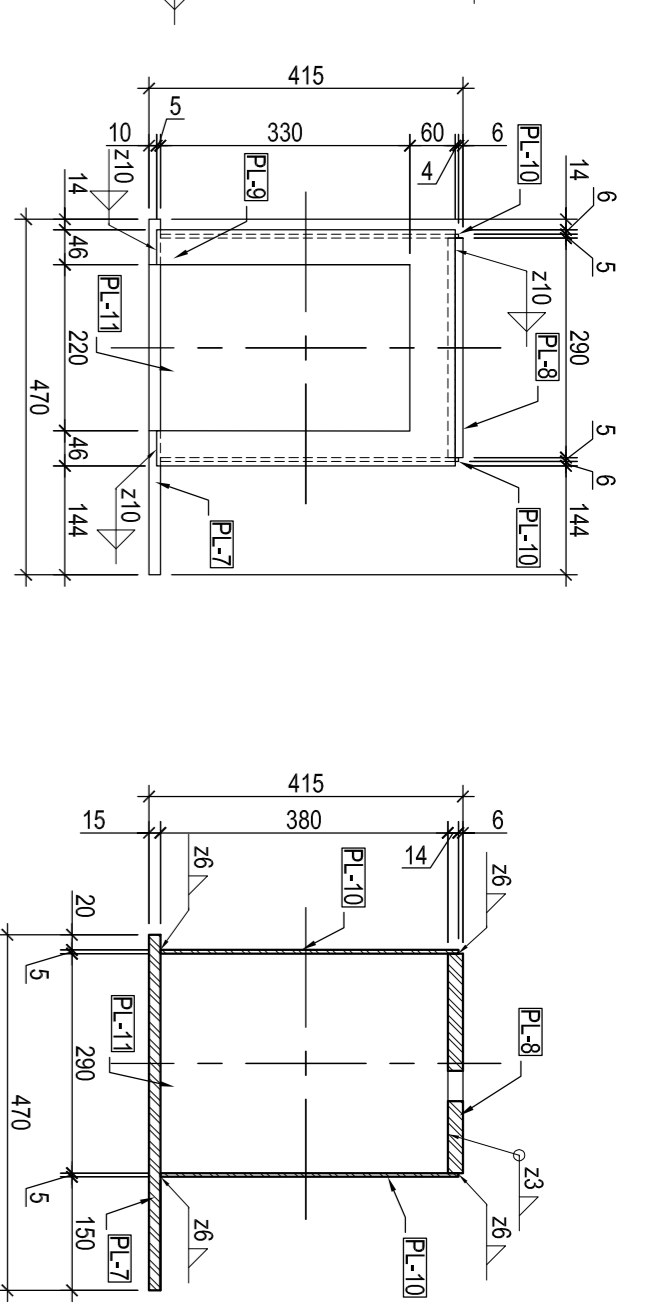
WQ SKERSPJŪVIŲ SIJOS
SKAIČIUJAMOJI SCHEMA



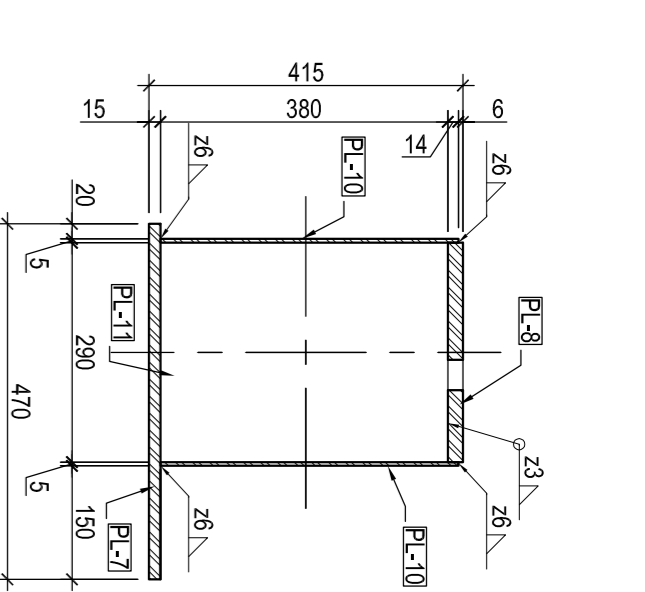
SJA S-1 MASTELIS 1:20



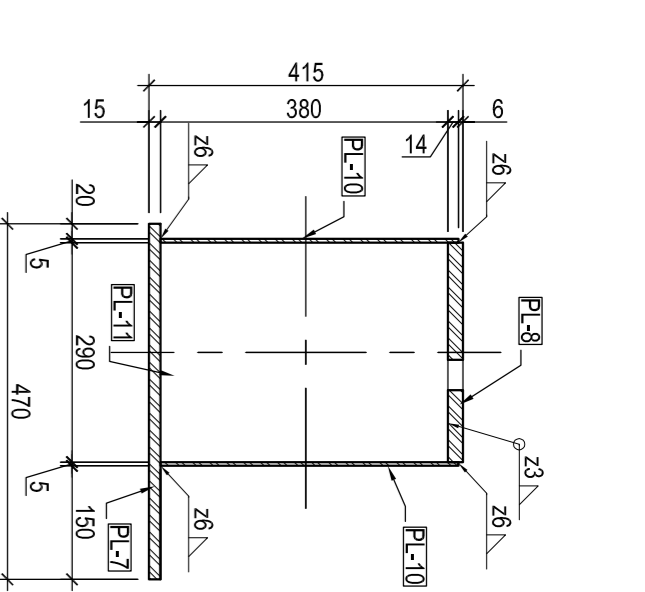
VAIZDAS "D" MASTELIS 1:10



PJŪVIS "6-6" MASTELIS 1:10



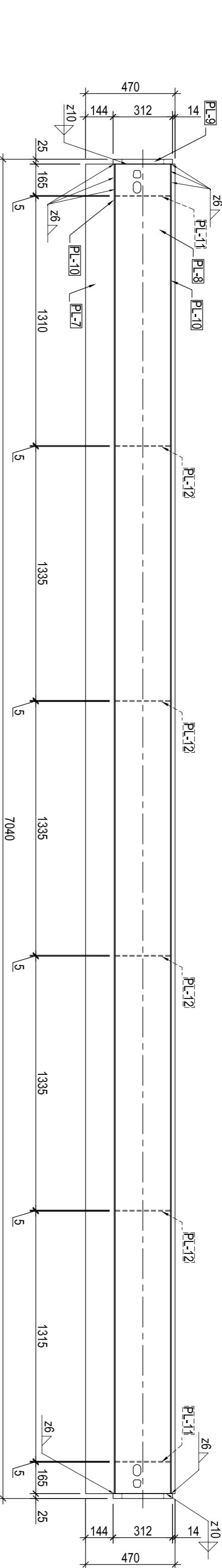
PJŪVIS "7-7" MASTELIS 1:10



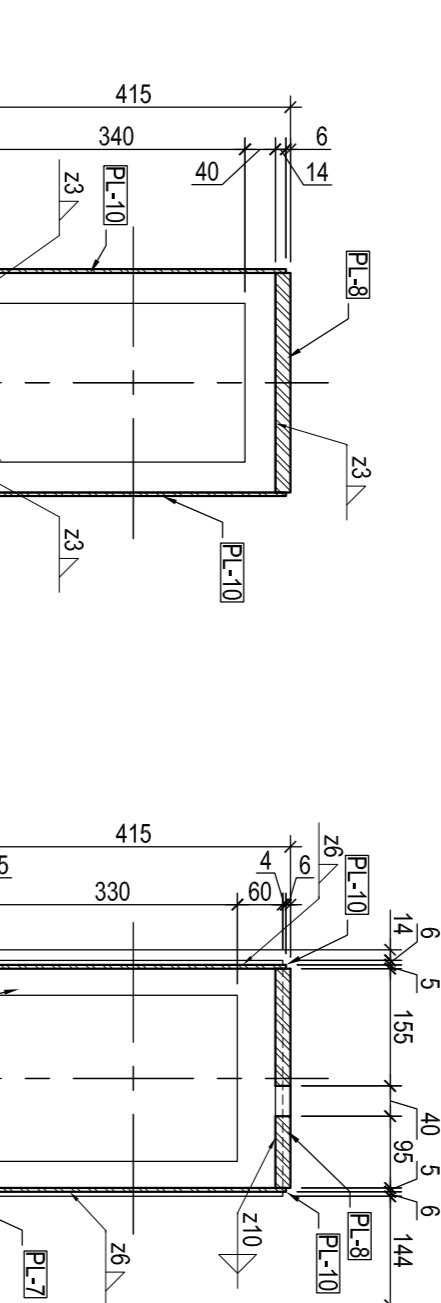
PJŪVIS "8-8" MASTELIS 1:10



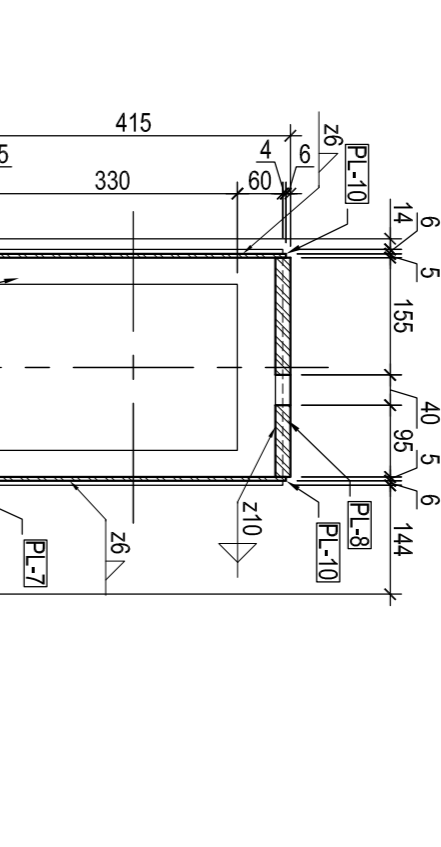
VAIZDAS "C" MASTELIS 1:20



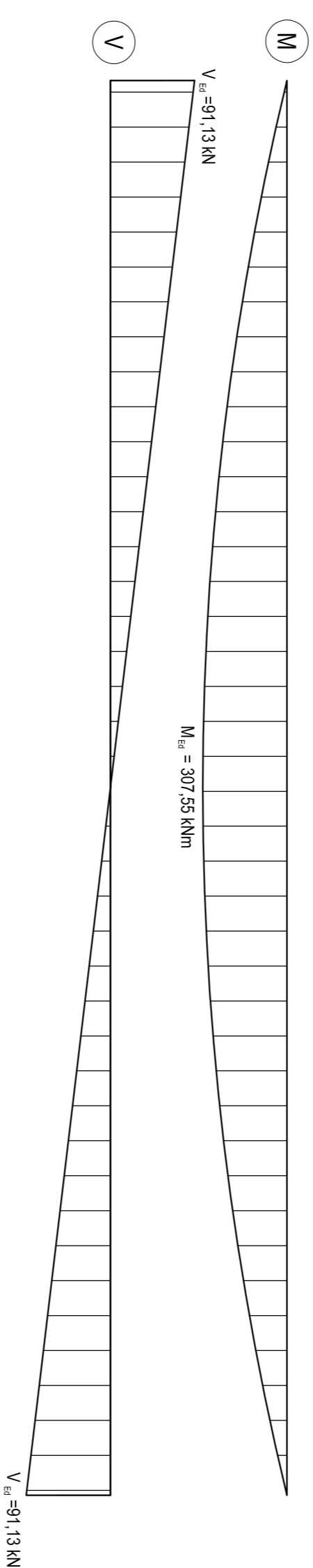
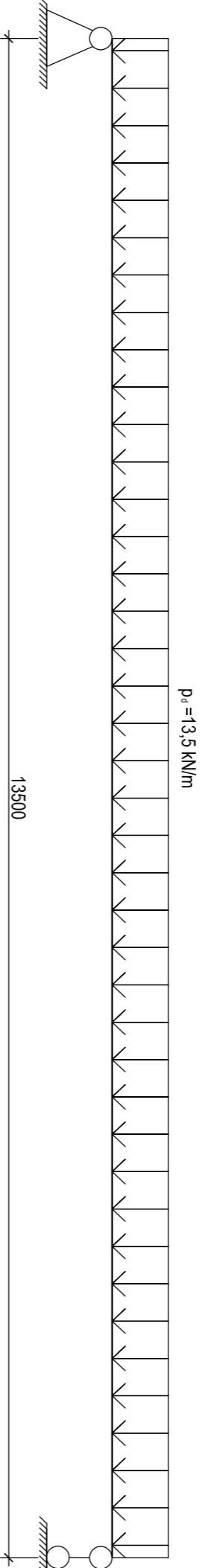
PJŪVIS "7-7" MASTELIS 1:10



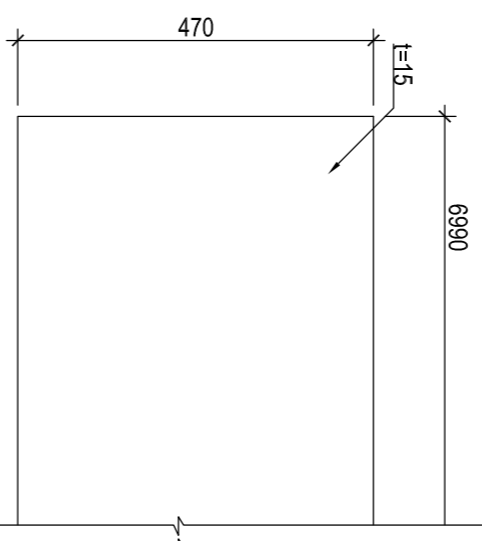
PJŪVIS "8-8" MASTELIS 1:10



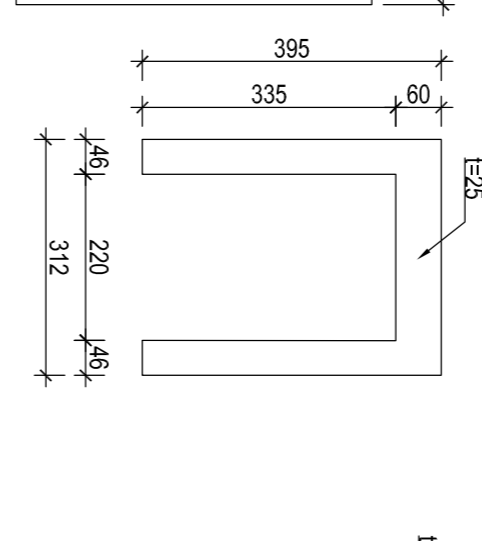
KLAURYMĖTOSIOS PERDANGOS PLOKŠTĖS
SKAIČIUJAMOJI SCHEMA



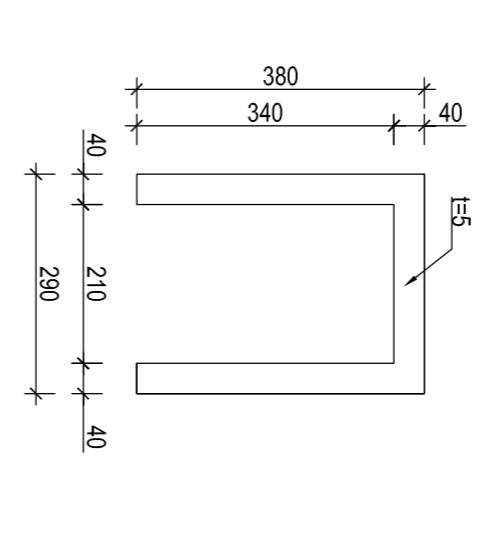
PL-7 MASTELIS 1:10



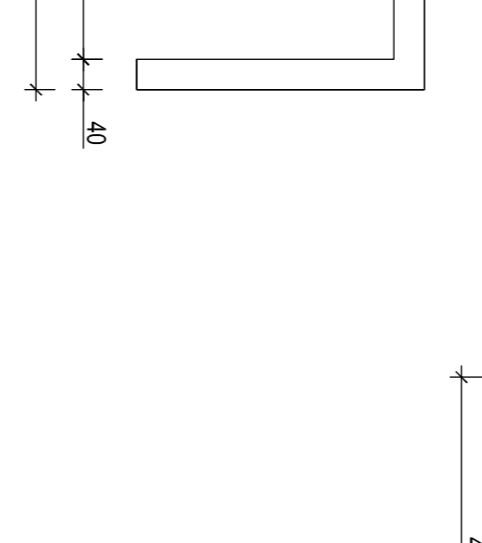
PL-9 MASTELIS 1:10



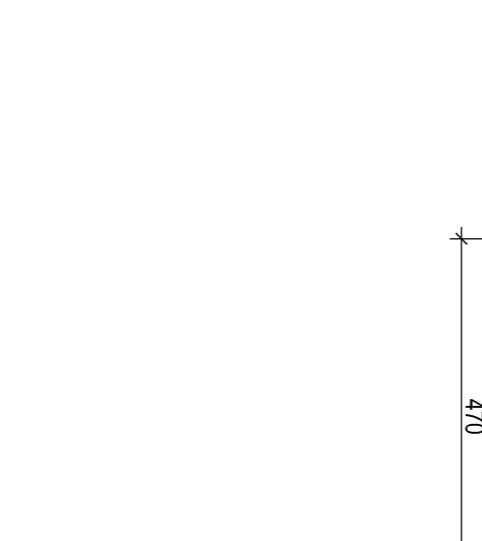
PL-10 MASTELIS 1:20



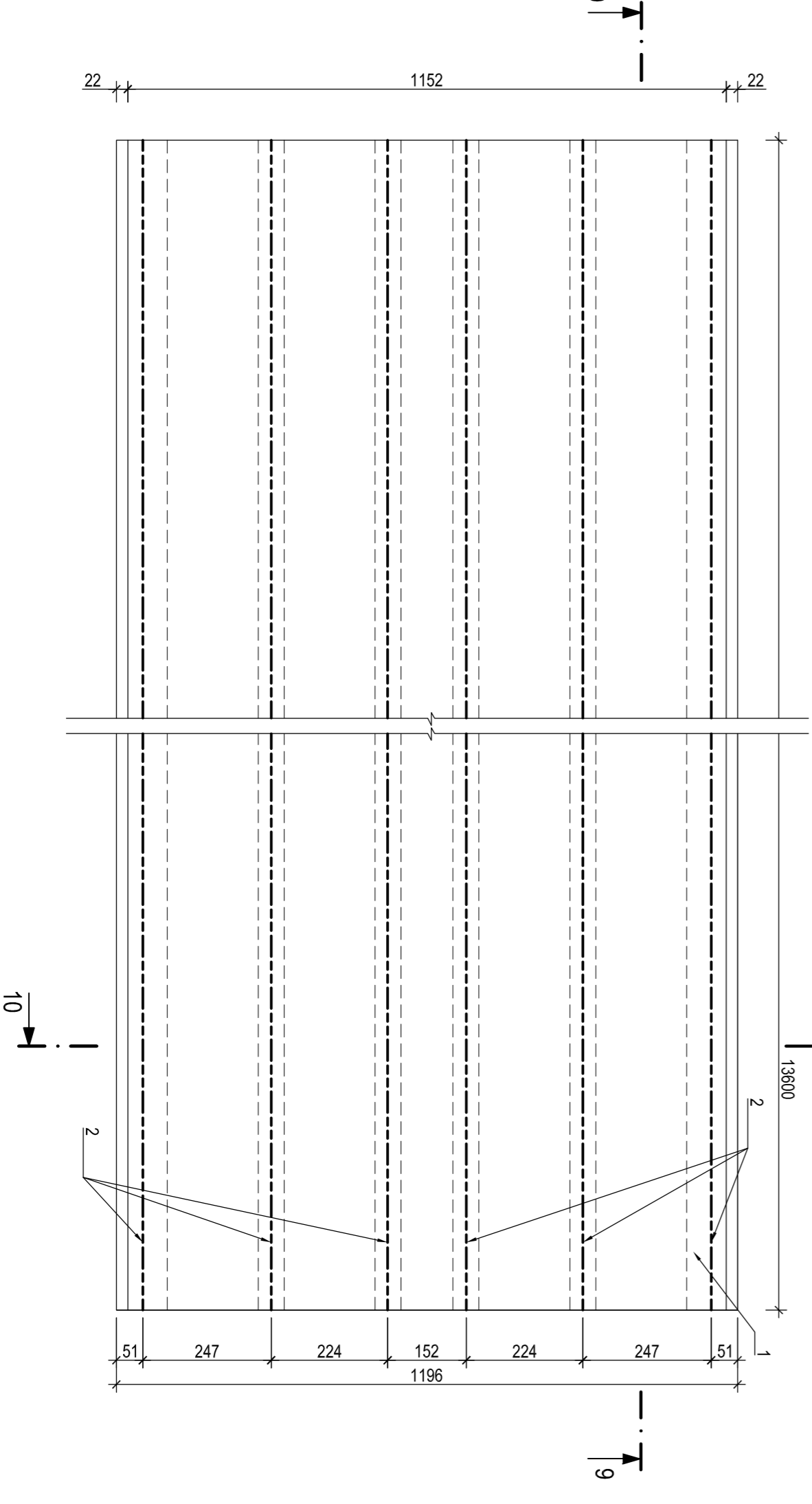
PL-11 MASTELIS 1:10



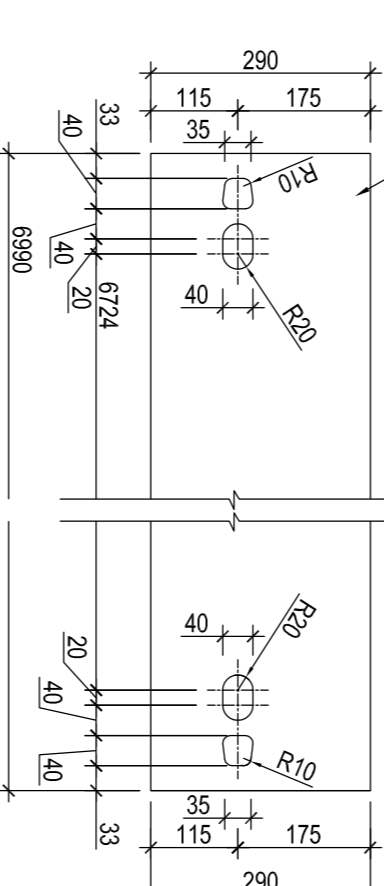
PL-12 MASTELIS 1:10



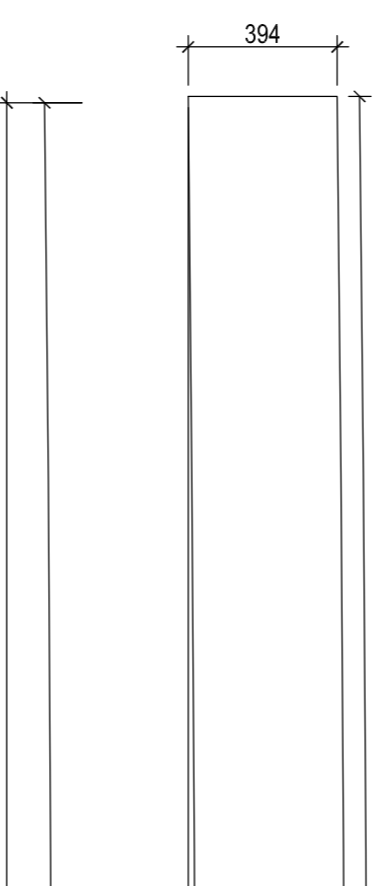
PERDANGOS PLOKŠTĖ PP-2 MASTELIS 1:10



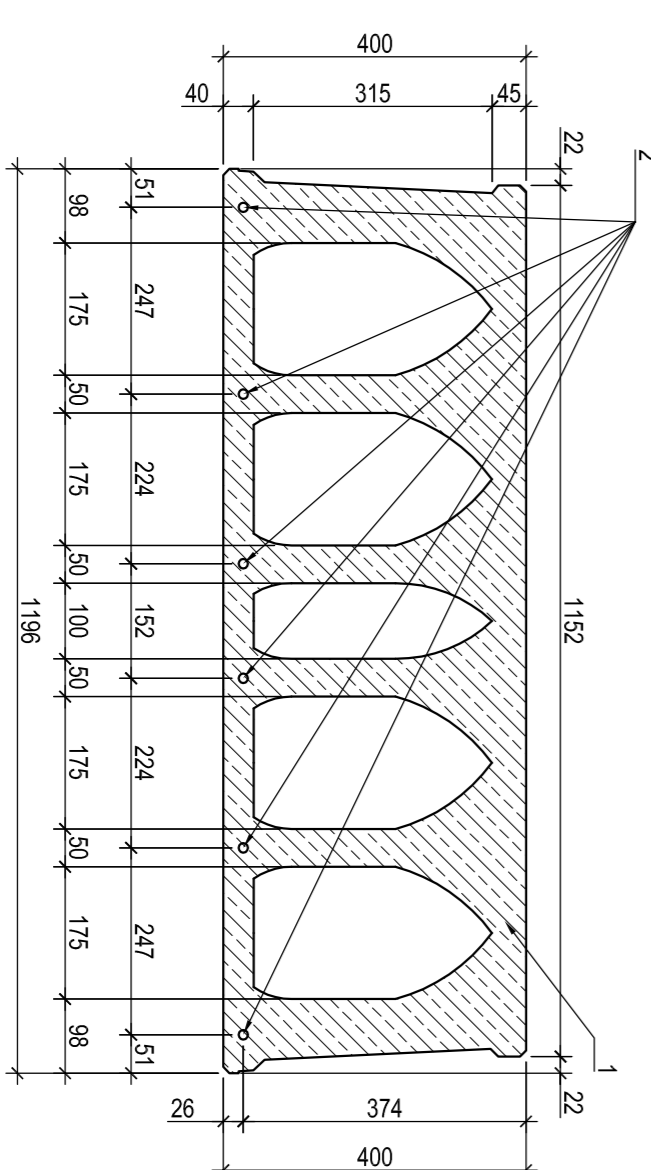
PJŪVIS 8 - 8 MASTELIS 1:10



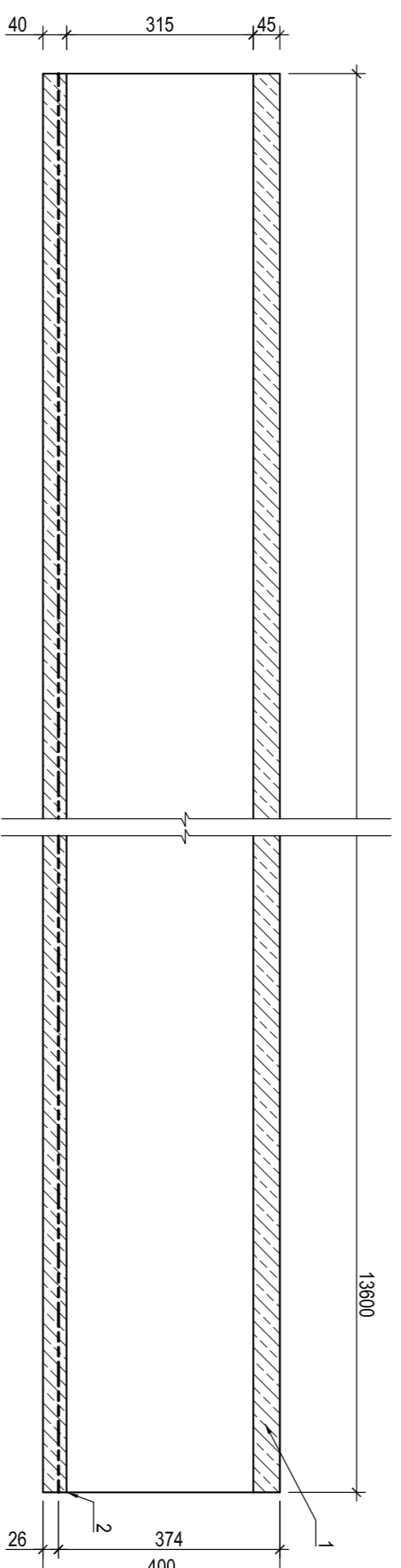
PJŪVIS 10 - 10 MASTELIS 1:10



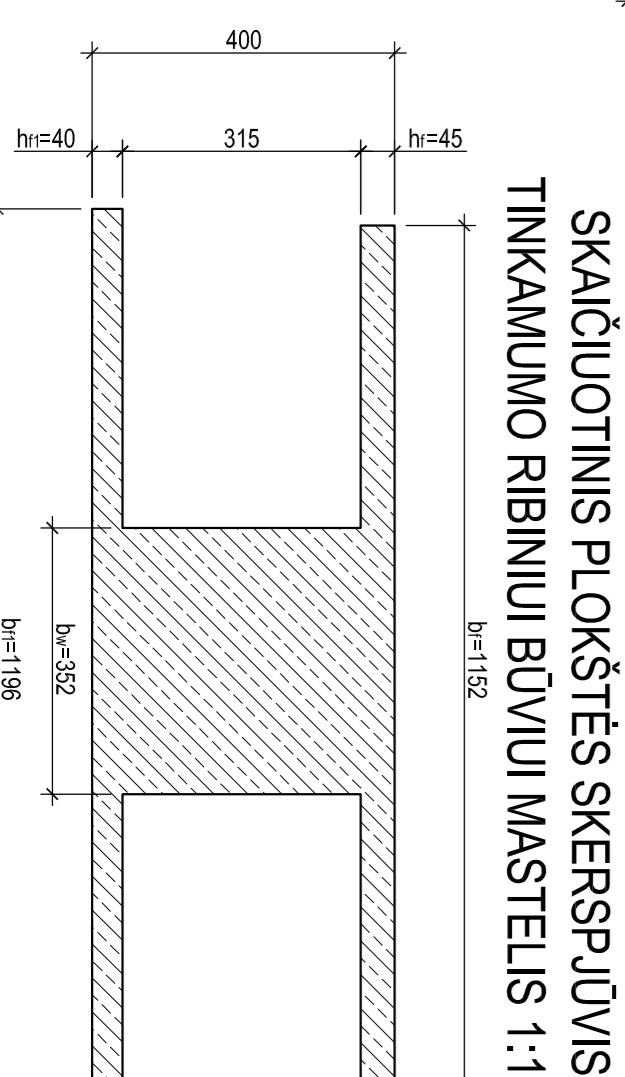
PJŪVIS 10 - 10 MASTELIS 1:10



SKAIČIUOTINIS PLOKŠTĖS SKERSPJŪVIS
SAUGOS RIBINIŲ BŪVIŲ MASTELIS 1:10



SKAIČIUOTINIS PLOKŠTĖS SKERSPJŪVIS
TINKAMUMO RIBINIŲ BŪVIŲ MASTELIS 1:10



1. Matmenys pateikti milimetrais;
2. Suvirinto stiepių aukštis pagal plintausio virinamo elemento sienutę, bet ne daugiau $kf=1,2lf$ - ploniusios virinamo elemento sienutės storis) jei nenurodyta kitaip brėžinyje;
3. Konstrukcijos suvirinti pusiau automatinu būdu, aktyviųjų dujų apšilkoje (MAG 135). Suvirinimo vieta GA2 4 M21 3S1(L)ST EN ISO 14341-A);
4. Plieninių konstrukcijų paviršaus svarumo klasė SA2.5. Konstrukcijos gruntuojamos epoksidiniu gruntu, sausos dangos sluoksnio storis 60mm;
5. Konstrukcijų išpildymo klasė - EXC2 (EN1090-2);
6. Kraurymėtosis plokštės betono klasė C40/50;
7. WQ silja gaminama su 20 mm išankstiniu išlinkiu;
8. Kraurymėtosis plokštės įtempimos armatūros lyrai įtempiami į asparas;
9. Kraurymėtosis plokštės įtempimos armatūros lyrai įtempiami į asparas;
10. Kraurymėtosis plokštėje normaliniai ir ištrūžiai pyšiai neatsiranda;

Gaminiių specifikacija

Gaminio matė Nr.	Paveiklinas, (skerspjūvis, mm)	Pieno matė (betono klasė)	Ilgis, mm	Kiekis	elemento bendra masė	Standartai Pasėtos			
PL-7	PL 15x470	S355L2-N	6990	1	386,84	386,84	EN 10025		
PL-8	PL 20x290	S355L2-N	6990	1	318,25	318,25	EN 10025		
PL-9	PL 25x312	S355L2-N	395	2	24,19	48,38	EN 10025		
PL-10	PL 5x394	S355L2-N	6990	2	108,10	216,20	EN 10025		
PL-11	PL 5x290	S355L2-N	390	2	4,33	8,66	EN 10025		
PL-12	PL 5x290	S355L2-N	390	4	2,16	8,64	EN 10025		
			Viso:		986,97				
			Sėdėms 1%:		9,87				
1			Betonas 3,386 m³	C40/50	-	1	8465	8465,00	EN 206-1
2			Įtempoji armatūra Ø12,5	Y1770C	13900	6	52,55	315,30	EN 10080
			Viso:		8790,30				

Grupė	KTJ Statybos ir architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis darbas
SSM/4	Sudėtinis A. Urbonas	2016-
	Vadovas N. Adamkavicius	2016-
	Konsult. J. Šeštaskevičė	
VJO skerspjūvio silos skaičiuojamoji schema. Kraurymėtosis perdangos plokštės skaičiuojamoji schema. SJA S-1. Perdangos plokštė PP-2. Pjūvis 6-7, 8-8, 9-9, 10-10. Sijos S-1 plokštėliu rodiniai. VAIZDAS "C", "D". Skaičiuojamasis skerspjūvis.		
Pr. etapas	Statybinė konstrukcijų vaizdas	
MBD	L1-3-387 Sudėtinė 46. Kaunas	2016-MBD-SK
		6
		7

