

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS

Antanas Liakas

**Prekybinės paskirties pastato statybinių konstrukcijų dalies
projektas**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Dr. Aušra Malatokiene

KAUNAS, 2017

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS

STATYBINIŲ KONSTRUKCIJŲ KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas

(parašas) Doc. dr. Mindaugas Augonis

(data)

**PREKYBINĖS PASKIRTIES PASTATO STATYBINIŲ
KONSTRUKCIJŲ DALIES PROJEKTAS**

Baigiamasis magistro projektas

T000M167

Vadovas

(parašas) Dr. Aušra Malatokienė

(data)

Recenzentas

(parašas) Dr. Nerijus Meslinas

(data)

Projektą atliko

(parašas) Antanas Liakas

(data)

KAUNAS, 2018



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Statybos ir architektūros fakultetas

(Fakultetas)

Antanas Liakas

(Studento vardas, pavardė)

Statybos inžinerija 621J80001

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

PREKYBINĖS PASKIRTIES PASTATO STATYBINIŲ KONSTRUKCIJŲ DALIES

PROJEKTAS

AKADEMINIO SAŽINGUMO DEKLARACIJA

20 18 m. sausio 4 d.

Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Antano Liako** baigiamasis projektas tema „Prekybinės paskirties pastato statybinių konstrukcijų dalies projektas“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Liakas, Antanas. Prekybinės paskirties pastato statybinių konstrukcijų dalies projektas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas Dr. Aušra Malatokienė; Kauno Technologijos Universitetas; Statybos ir architektūros fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Statyba

Reikšminiai žodžiai: projektas, konstrukcija, santvara, kolona, tiriamasis darbas.

Kaunas, 2018. 123 p.

SANTRAUKA

Baigiamasis darbas sudarytas iš šių dalių: teisinio reglamentavimo; architektūrinės dalies; konstrukcinės dalies; mokslinio tiriamojo darbo; technologijos; ekonominės dalies; darbo saugos.

Projektas baigiamajame darbe yra paremtas įvairiais reglamentais, kurie aprašyti statybos įstatyme.

Architektūrinėje dalyje apibūdinamas architektūrinis projektavimas. Paskaičiuojamas stogo šilumos perdavimo koeficientas ir patikrinamas ar atitinka normas.

Konstrukcinėje dalyje apskaičiuojamos ir suprojektuojamos laikančiosios konstrukcijos tokios kaip kolona ir santvara.

Moksliniame tiriamajame darbe nagrinėjami skirtumai tarp statybos techninio reglamento STR 2.05.08:2005 ir EN 1993-1-1 Eurokodo 3.

Kitos dalys apima: santvarų montavimo technologiją; statybos mechanizmų parinkimą; plieninės ir medinės santvaros ekonominius skirtumus; darbo saugą.

Liakas, Antanas. Structural Part of Project of Commercial Building. Master's degree final project / supervisor dr. Auštra Malatokienė; Kaunas University of Technology; The Faculty of Civil Engineering and Architecture.

Research area and field: Construction

Key words: project, structure, truss, column, research work.

Kaunas, 2018. 123 p.

SUMMARY

Final thesis consists of parts: legal regulations; architectural part; structural part; research work; construction technology; economical part; workplace safety.

Project in this final thesis is based on various regulations which are described in the construction law.

Architecture design of a building is described in the architectural part. Thermal resistance is calculated and verified whether it's within the mark.

Supporting structures such as column and truss are calculated and designed in the structural part.

Differences between STR 2.05.08:2005 – technical construction regulations of steel structures and EN 1993-1-1 Eurocode 3 are analysed in the research work.

Other parts include: installation technology of steel truss; selection of construction machinery; economical comparison between steel and wooden truss; directives on safety at work.

Turinys

| | |
|---|----|
| ĮVADAS | 8 |
| 1 STATINIO STATYBOS TEISINIS REGLAMENTAVIMAS | 10 |
| 2 ARCHITEKTŪRINĖ DALIS..... | 12 |
| 2.1 Bendrieji objekto duomenys..... | 12 |
| 2.2 Grindys..... | 12 |
| 2.3 Išorinės sienos ir vidinės pertvaros | 12 |
| 2.4 Stogas | 13 |
| 2.5 Langai, durys ir vartai | 13 |
| 2.6 Stogo konstrukcijos šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas..... | 13 |
| 3 KONSTRUKCINĖ DALIS | 16 |
| 3.1 Apkrovų skaičiavimas..... | 16 |
| 3.1.1 Nuolatinė apkrova..... | 16 |
| 3.1.2 Sniego apkrova..... | 17 |
| 3.1.3 Vėjo apkrova..... | 18 |
| 3.1.4 Daliniai patikimumo koeficientai ir deriniai..... | 21 |
| 3.2 Santvaros SN1 skaičiavimas | 22 |
| 3.2.1 Santvaros viršutinės juostos projektavimas | 25 |
| 3.2.2 Santvaros apatinės juostos projektavimas..... | 30 |
| 3.2.3 Santvaros tinklelio projektavimas..... | 32 |
| 3.2.4 Mazgo „1“ projektavimas | 37 |
| 3.2.5 Mazgo „2“ projektavimas | 45 |
| 3.2.6 Mazgo „3“ projektavimas | 50 |
| 3.2.7 Mazgo „4“ projektavimas | 52 |
| 3.3 Santvarų SN2, SN3 skaičiavimas..... | 57 |
| 3.4 Plieninės kolonos K1 skaičiavimas..... | 59 |
| 3.4.1 Kolonos charakteristikos..... | 59 |
| 3.4.2 Kolonos pastovumas momento veikimo plokštumoje | 60 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 3.4.3 | Kolonos pastovumas iš momento veikimo plokštumos..... | 62 |
| 3.4.4 | Kolonos skerspjūvio sienelės pastovumas | 64 |
| 3.4.5 | Kolonos skerspjūvio juostos pastovumas | 64 |
| 3.4.6 | Kolonos bazės projektavimas | 64 |
| 4 | MOKSLINĖ TIRIAMOJI DALIS..... | 71 |
| 4.1 | Skerspjūvio patikra..... | 71 |
| 4.2 | Elemento skerspjūvio laikomoji galia | 72 |
| 4.3 | Elemento skerspjūvio klumpamoji galia | 74 |
| 4.4 | Eurocode ir STR skirtumai..... | 78 |
| 5 | TECHNOLOGINĖ DALIS | 83 |
| 5.1 | Santvarų montavimo technologinė kortelė..... | 83 |
| 5.1.1 | Kabinimo priemonių ir krano parinkimas..... | 83 |
| 5.1.2 | Santvarų ir sijų montavimo technologiniai procesai..... | 88 |
| 6 | EKONOMINĖ DALIS | 93 |
| 7 | DARBO SAUGA | 94 |
| | IŠVADOS | 97 |
| | LITERATŪROS SĄRAŠAS | 98 |
| | PRIEDAI..... | 99 |
| | 1 PRIEDAS. Santvaros SN-2 skaičiavimai..... | 99 |
| | 2 PRIEDAS. Medinės santvaros SN3 skaičiavimai | 111 |
| | 3 PRIEDAS. Kolonos K1 skaičiavimas pagal EC3 | 115 |
| | 4 PRIEDAS. Santvarų montavimo sąmata, resursų žiniaraščiai..... | 118 |

IVADAS

Magistro baigiamajame darbe suprojektuotos prekybinės paskirties pastato dalies laikančiosios konstrukcijos. Pastatą sudaro pagrindinė prekybinė salė, prekių sandėlis, administracinės patalpos.

Magistrantūros baigiamąjį darbą sudaro: statinio statybos teisinio reglamentavimo, architektūrinė, konstrukcinė, mokslinė tiriamoji, technologinė, ekonominė ir darbo saugos dalys.

Darbo pradžioje aprašoma kokiais Lietuvos Respublikos Statybos įstatyme numatytais reglamentais remiantis parengiamas statybos projektas; Statybos rūšis, statinio paskirtis ir kategorija; Techninio ir darbo projekto skirtumai.

Architektūrinėje dalyje aprašomi architektūros elementų – grindų, sienų, stogo ir t.t. sudėtis. Apskaičiuojamas stogo šilumos perdavimo koeficientas ir patikrinamas pagal norminius reikalavimus.

Konstrukcinėje dalyje apskaičiuojamos laikančiasias konstrukcijas veikiančios apkrovos, sudaromos skaičiuojamosios schemas, apskaičiuojamos įrašos, suprojektuojamos laikančiosios pastato konstrukcijos, parenkami konstrukcijų skerspjūviai, sukonstruojami konstrukciniai mazgai. Darbe yra lyginamos dvi denginio laikančiosios konstrukcijos - SN2 plieninė, vienšlaitė santvara ir SN3 medinė, vienšlaitė santvara. Remiantis STR 2.05.08:2005 ir EN 1993-1-1:2005 nuostatomis apskaičiuota metalinė kolona. Gauti skaičiavimai naudojami darbo mokslinėje tiriamojoje dalyje nagrinėjant ekscentriškai gniuždomų kolonų pastovumą.

Technologinėje dalyje parenkami mechanizmai konstrukcijų montavimui. Aprašomi metalinių santvarų ir sijų montavimo technologiniai procesai. Sudaromas darbų atlikimo kalendorinis grafikas.

Ekonominėje dalyje sudaromos vienšlaitės plieninės santvaros ir analogiškos medinės santvaros lokalinės sąmatos. Su sąmatų skaičiavimo programa „SISTELA“ suskaičiuotos sąmatos palyginamos tarpusavyje.

Darbo saugos dalyje aprašomi pagrindiniai saugos sprendimai statybos darbų technologinėse kortelėse.

Pagrindiniai baigiamojo darbo tikslai:

1. Suprojektuoti ekscentriškai gniuždomą koloną pagal *STR 2.05.08:2005* ir *EN 1993-1-1 Eurocode 3*;

2. Atlikti skaičiavimų bei gautų rezultatų analizę ir pateikti skirtumus tarp šių projektavimo normų.
3. Suprojektuoti laikančiąsias denginio konstrukcijas. Atlikti santvarų ekonominį palyginimą ir parinkti ekonomišką variantą. Aprašyti santvarų montavimo technologinį procesą. Sudaryti darbų atlikimo kalendorinį grafiką.

1 STATINIO STATYBOS TEISINIS REGLAMENTAVIMAS

Projektuojamo prekybinės paskirties pastato Kauno mieste statybos projektas ir jo dalys atliktos remiantis – statybos techniniais reglamentais, euro kodu, kitais galiojančiais normatyviniais dokumentais.

Statybos projektas parengiamas remiantis Lietuvos Respublikos Statybos įstatyme numatytais reglamentais, statybos techniniais reglamentais: STR 1.01.03:2017 „Statinių klasifikavimas“ [12], STR 01.01.08:2002 „Statinio statybos rūšys“ [11], STR 1.05.06:2017 „Statinio projektavimas, projekto ekspertizė“ [10] ir kt.

Statybos rūšis – naujo statinio statyba (pagal STR 01.01.08:2002 „Statinio statybos rūšys“)

Statinio paskirtis – prekybos paskirties pastatas (pagal STR 1.01.03:2017 „Statinių klasifikavimas“ 7.3p.)

Statinio kategorija – ypatingas statinys (STR 1.01.03:2017 „Statinių klasifikavimas“)

Techninis ir darbo projektai

Techninis projektas yra vientisas dokumentas, kurio pagrindu:

- atliekamas naujai statomo ar rekonstruojamo BEOS projekto derinimas nustatyta tvarka;
- atliekama projekto ekspertizė (kai ji privaloma ar kai to pageidauja statytojas);
- gaunamas statybą leidžiantis dokumentas [15];
- parenkamas statinio statybos rangovas;
- rengiamas darbo projektas;
- parenkami statybos produktai, įrenginiai ir pagal pateiktas technines specifikacijas, vadovaujantis darbo projektu, atliekami statybos darbai;
- vertinama (pagal techninių specifikacijų reikalavimus) statybos darbų ir pastatyto statinio normatyvinė kokybė;
- užbaigus statinį, statybos įstatyme nustatytais atvejais išduodamas statybos užbaigimo aktas arba surašoma deklaracija apie statybos užbaigimą, techninio projekto technines specifikacijas pažymint žyma „Taip pastatyta“.

Darbo projektas yra dokumentas, kurio pagrindu, įvertinus techninio projekto technines specifikacijas:

- gaminami statybinių konstrukcijų ir inžinerinių sistemų elementai. Jei reikia, gamintojas pagal darbo projekto brėžinius parengia brėžinius gamybai;
- vykdomi statybos darbai;
- užbaigus statinį, Statybos įstatyme nustatytais atvejais išduodamas statybos užbaigimo aktas arba surašoma deklaracija apie statybos užbaigimą, darbo projekto brėžinius pažymint žyma „Taip pastatyta“;
- Techninis darbo projektas yra dokumentas, kuriuo vadovaujantis pasiekiami techninio projekto ir darbo projekto tikslai;
- Supaprastintas projektas yra dokumentas, kuriuo vadovaujantis pasiekiami techninio darbo projekto tikslai.

2 ARCHITEKTŪRINĖ DALIS

2.1 Bendrieji objekto duomenys

Bendrieji pastato duomenys:

- pastato bendras plotas – 4110,03 m²;
- pastato bendras tūris – 40280 m³;
- aukštų skaičius – 1.

2.2 Grindys

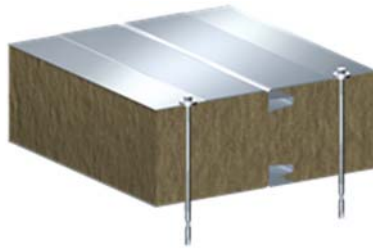
Prekybos salės ir sandėlio grindis sudaro:

- epoksidinė grindų danga, 0,35–2 mm;
- šlifluotas betonas, 200 mm;
- paruošiamasis betono sluoksnis, 100 mm;
- šilumos izoliacija, 100 mm;
- supiltas sutankintas smėlinis – žvyro gruntas, sutankinimo koef. $k = 0,98$.

Administracinėse patalpose grindų danga – parketas, tualetuose – keraminės plytelės.

2.3 Išorinės sienos ir vidinės pertvaros

Išorinės ir vidinės sienas sudaro apskardinta, atspari degimui 150 mm storio daugiasluoksnė termoizoliacinė plokštė iš mineralinės vatos. Prekybos salės sienose montuojamos stiklo vitrinos. Pastato administracinėms patalpoms – 3 m aukščio vidinės atitvaros iš 150 mm daugiasluoksnių plokščių, kurių svoris yra 0,261 kN/m². Vidaus sienų apdailai administracinėse patalpose naudojamos atsparios ugniai gipskartonio plokštės.



2.1 pav. Akmens vatos plokštė

2.4 Stogas

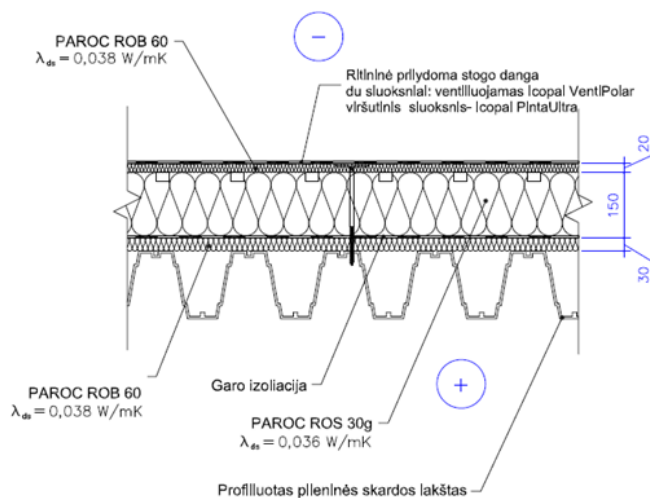
Stogo paklotą sudaro profiliuotas plieninės skardos paklotas, 30 mm storio nedegios, apkrovą laikančios šilumos izoliacijos plokštės iš akmens vatos, klojama garo izoliacinė plėvelė, 150 mm storio šilumos izoliacijos plokštės *ROS 30 g* ir 20 mm storio šilumos izoliacijos plokštės *ROB60*. Stogo danga – dviejų sluoksnių bituminė, ritininė prilydoma, ventiliuojama. Projektuojamo pastato stogo nuolydis – 2,°. Stogo izoliacinės medžiagos pagal degumą skirstomos į A1 euroklasės atsparias ugniai (pagal EN 13162:2012 (EN 13501-1) ir yra gerai izoliuojančios šilumą. Šilumos laidumas: *ROB60* λ_d – 0,038 W/mK, *ROS30g* λ_d – 0,036 W/mK (pagal EN 13162:2012 (EN 13162)).

2.5 Langai, durys ir vartai

Dėl reikalingo gero natūralaus apšvietimo, prekybinės paskirties pastato dalies fasado sienos projektuojamos iš aliuminio profilių stiklo vitrinų su saugiais stiklo paketais. Spalva – *RAL7024*. Pastate projektuojamos dviejų tipų durys. Vidinės – stumdomos atsparios ugniai durys. Išorinės durys – automatinės. Montuojami pakeliami automatiniai vartai.

2.6 Stogo konstrukcijos šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas

Skaičiuojamas stogo konstrukcijos šilumos perdavimo koeficientas, palyginamas su norminiais reikalavimais. Stogo konstrukcija:



2.2 pav. Stogo konstrukcinė schema

Šiluminė varža skaičiuojama kiekvienam stogo sluoksniui, pagal formulę:

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1}; \quad (1)$$

čia R – sluoksnio šiluminė varža, $(m^2K)/W$;

d_1 – sluoksnio storis, m;

λ – sluoksnio šilumos laidumo koeficientas, $W/(mK)$.

Stogo konstrukcijos sluoksnių šiluminės varžos skaičiavimas:

$$R_S = R_{Si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_{Se}; \quad (2)$$

Stogo vidinio paviršiaus šiluminė varža:

$$R_{Si} = 0,1 (m^2 K)/W.$$

Stogo išorinio paviršiaus šiluminė varža:

$$R_{Se} = 0,04 (m^2 K)/W.$$

1 – profiliuotas plieninės skardos lakštas;

2 – akmens vata *PAROC ROB 60*; (apatinis sluoksnis)

3 – garo izoliacija;

4 – akmens vata *PAROC ROS* 30g;

5 – akmens vata *PAROC ROB 60*; (viršutinis sluoksnis);

6 – dviejų sluoksnių prilydoma bituminė stogo danga.

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_{ds}} = \frac{0,002}{50} = 0,00004 \text{ (m}^2\text{K)/W}; \quad (3)$$

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_{ds}} = \frac{0,03}{0,038} = 0,789 \text{ (m}^2\text{K)/W}; \quad (4)$$

$$R_3 = 0,02 \text{ (m}^2\text{K)/W}; \quad (5)$$

$$R_4 = \frac{d_4}{\lambda_{ds}} = \frac{0,15}{0,036} = 4,166 \text{ (m}^2\text{K)/W}; \quad (6)$$

$$R_5 = \frac{d_5}{\lambda_{ds}} = \frac{0,02}{0,038} = 0,526 \text{ (m}^2\text{K)/W}; \quad (7)$$

$$R_6 = \frac{d_6}{\lambda_{ds}} = \frac{0,008}{1} = 0,008 \text{ (m}^2\text{K)/W}. \quad (8)$$

Apskaičiuojama stogo suminė šiluminė varža:

$$R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_{se} = 0,1 + 0,00004 + 0,789 + 0,02 + 4,166 + 0,526 + 0,008 + 0,04 = 5,649 \text{ (m}^2\text{K)/W}. \quad (9)$$

Šilumos perdavimo koeficientas:

$$U = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{5,649} = 0,177 \text{ W/(m}^2\text{K)}; \quad (10)$$

čia U – šilumos perdavimo koeficientas, $\text{W/(m}^2\text{K)}$.

Apskaičiuotas stogo konstrukcijos šilumos perdavimo koeficientas neviršija norminės vertės, kuri prekybos paskirties pastatams yra $0,23 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

3 KONSTRUKCINĖ DALIS

3.1 Apkrovų skaičiavimas

3.1.1 Nuolatinė apkrova

Apskaičiuojama norminė stogo dangos apkrova:

1. Profiliuoti skardos lakštai, kurių svoris 10,7 kg/m²:

$$q_{skard} = 10,7 \cdot 9,81 = 0,105 \quad kN / m^2 \quad (11)$$

2. Šilumos izoliacija Paroc ROB 60 abu sluoksniai 0,05 m storio, tankis 170 kg/m³:

$$q_{izo1} = 0,05 \cdot 170 \cdot 9,81 = 0,0834 \quad kN / m^2 \quad (12)$$

3. Garo izoliacija. Apkrova 0,0017 kN/m²:

$$q_{garo} = 0,0017 \quad kN / m^2 \quad (13)$$

4. Šilumos izoliacija Paroc ROS 30g, storis 0,15 m, tankis 100 kg/m³:

$$q_{izo2} = 0,15 \cdot 100 \cdot 9,81 = 0,1472 \quad kN / m^2 \quad (14)$$

5. Ruloninė stogo danga (hidroizoliacija). Tankis – 5,2 kg/m³, storis 0,008 m:

$$q_{dang} = 5,2 \cdot 0,008 \cdot 9,81 = 0,4081 \quad kN / m^2 \quad (15)$$

Stogo dangos charakteristinė apkrova į horizontalią stogo plokštumos projekciją:

$$g_{1.k} = q_{skard} + q_{izo1} + q_{garo} + q_{izo2} + q_{dang} = 0,105 + 0,0834 + 0,0017 + 0,1472 + 0,4081 = 0,745 \quad kN / m^2 \quad (16)$$

Stogo konstrukcijos skaičiuojamoji apkrova į horizontalią stogo plokštumos projekciją:

$$g_{1.d} = (0,105 + 0,0834 + 0,0017 + 0,1472 + 0,4081) \cdot 1,35 = 1,006 \quad kN / m^2 \quad (17)$$

3.1 lentelė Nuolatinių apkrovų skaičiavimas

| Eil. Nr. | Sluoksnis | Storis, m | Charakteristinė apkrova, kN/m ² | Skaičiuojamoji apkrova, kN/m ² |
|-----------------|--|-----------|--|---|
| 1. | Profiliuoti skardos lakštai | | 0,105 | 3,985 |
| 2. | Šilumos izoliacija Paroc ROB 60 | 0,05 | 0,0834 | 0,11259 |
| 3. | Garo izoliacija | | 0,0017 | 0,002295 |
| 4. | Šilumos izoliacija Paroc ROS 30g | 0,15 | 0,1472 | 0,19872 |
| 5. | Ruloninė stogo danga | 0,008 | 0,4081 | 0,550935 |
| 6. | Ryšiai | | 0,05 | 0,0675 |
| 7. | Santvara ir sienos plokštės (preliminarus) | | 0,163 | 0,22 |
| Iš viso: | | | 0,958 | 1,294 |

Tolygiai išskirstyta charakteristinė apkrova tenkanti vienai santvarai:

$$g_k = g_{1.k} \cdot b = 0,958 \cdot 6 = 5,75 \text{ kN/m}; \quad (18)$$

čia: b – santvarų žingsnis; $g_{1.k}$ – stogo konstrukcijos savojo svorio apkrova (žr. 3.1 lentelę).

3.1.2 Sniego apkrova

Sniego apkrova imama priklausomai nuo Lietuvos sniego apkrovos rajono (žr.[5]).
Skaičiuojamajam atvejui: I sniego apkrovos rajonas, kadangi pastatas statomas Kauno mieste.

I sniego apkrovos rajonui:

$$S_{k.1} = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 1,2 \text{ kN/m}^2 \quad (19)$$

čia: $S_{k.1} = 1.2 \text{ kN/m}^2$ (sniego dangos ant 1 m^2 žemės paviršiaus svorio charakteristinė reikšmė);

$\mu_i = 1,0$ (stogo sniego apkrovos formos koeficientas, kai stogo nuolydis $i = 1^\circ \leq 25^\circ$, pagal STR 2.05.04:2003 2 priedas 1 lentelės 1 schemą);

$C_t = 1,0$ (terminis koeficientas, priklausantis nuo šilumos nuostolių per stogą ar kitos terminės įtakos, dažniausiai lygus 1 esant normaliems šiluminės izoliacijos standartams);

$C_e = 1,0$ (sniego apkrovos atodangos koeficientas, kurio reikšmė paprastai lygi 1,0. C_e koeficiento reikšmė gali būti sumažinta, priimant griežtesnes vėjo sąlygas);

Skaičiuojamoji sniego dangos apkrova į horizontaliąją stogo plokštumos projekciją:

$$S_d = s \cdot \gamma_q = 1,2 \cdot 1,3 = 1,56 \text{ kN/m}^2 \quad (20)$$

čia γ_q – sniego poveikio dalinis koeficientas lygus 1,3.

Santvaros išdėstytos 6 m žingsniu, todėl apkrova tenkanti vienam rėmui (santvarai):

$$s_k = b \cdot S_{k,1} = 6 \cdot 1,2 = 7,20 \text{ kN/m}. \quad (21)$$

3.1.3 Vėjo apkrova

Vėjo greičio pagrindinė atskaitinė reikšmė I vėjo rajonui (Kaunas): pagal reglamento [5] 3 priedo 1 lentelę $v_{ref,0} = 24 \text{ m/s}$. Bendruoju atveju vėjo greitis apskaičiuojamas:

$$v_{ref} = c_{DIR} \times c_{ALT} \times c_{TEM} \times v_{ref} = 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 24 = 24 \text{ m/s}; \quad (22)$$

čia: c_{DIR} – krypties koeficientas, lygus 1,0;

c_{ALT} – aukščio virš jūros lygio koeficientas, lygis 1,0;

c_{TEM} – laikotarpio (sezono) koeficientas.

Atskaitinis vėjo slėgis q_{ref} apskaičiuojamas:

$$q_{ref} = \frac{\rho \times v_{ref}^2}{2} = \frac{1,25 \times 24^2}{2} \cdot 10^{-3} = 0,36 \text{ kN/m}^2; \quad (23)$$

čia: ρ – oro tankis $1,25 \text{ kg/m}^3$.

Aerodinaminiai pastato koeficientai randami pagal Reglamento [5] 4 priedo 4 schemą.

Koeficientas, įvertintais vėjo slėgio pokyčių pagal aukštį, B tipo vietai (reglamento [5] 197.3 punktas, miestų rajonai, užstatyti aukštesniais kaip 25 m statiniais) nustatomas pagal Reglamento [5] 12.1 lentelę.

3.2 lentelė Koeficientai $c(z)$, įvertinantys vėjo slėgio pokytį pagal aukštį

| Aukštis z , m | Koeficientai $c(z)$ vietovės tipams | | |
|-----------------|-------------------------------------|------|-------------|
| | A | B | C |
| ≤ 5 | 0,75 | 0,5 | 0,4 |
| 10 | 1,0 | 0,65 | 0,4 |
| 20 | 1,25 | 0,85 | 0,55 |

Projektuojamo pastato vietovės tipas C. Pastatui esant iki 10 m aukščio $c(z)=0,4$, kai pastato aukštis 20 m - $c(z)=0,55$. Tarpinės koeficiento $c(z)$ reikšmės randamos interpoliuojant - reikšmės pateiktos 3.3 lentelėje.

3.3 lentelė. Koeficiento $c(z)$ reikšmės

| Aukštis z , m | Koeficientas $c(z)$ vietovės tipui C |
|-----------------|--------------------------------------|
| iki 10,0 | 0,4 |
| 11,6 | 0,424 |
| 20 | 0,55 |

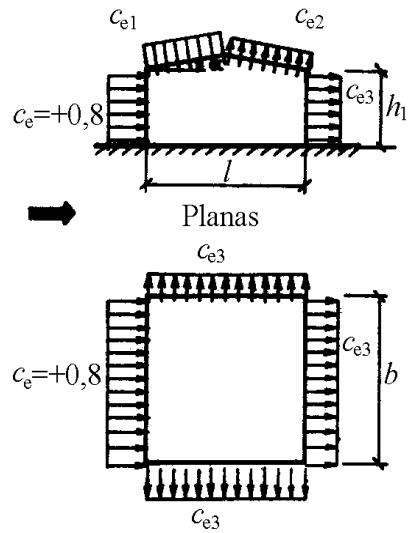
Slėgio į išorinį paviršių vidutinė dedamoji w_{me} apskaičiuojama pagal formulę:

$$w_{me} = q_{ref} \times c(z) \times c_{ei} \quad (24)$$

čia: q_{ref} – atskaitinis vėjo slėgis;

$c(z)$ – koeficientas, priklausantis nuo vietovės reljefo tipo ir aukščio nuo žemės paviršiaus;

c_i – išorinio slėgio aerodinaminiai koeficientai.



3.1 pav. Supaprastinta vėjo apkrovos skaičiuojamoji schema.

$$\frac{h_1}{l} = \frac{11,6}{24} = 0,48 \quad (25)$$

$$\frac{b}{l} = \frac{36,3}{24} = 1,51 \quad (26)$$

Tai:

$$C_{e1} = -0,6$$

$$C_{e2} = -0,4$$

$$C_{e3} = -0,5$$

Vidutinės slėgio į išorinius konstrukcijos paviršius dedamosios w_{me} ir vėjo apkrovos W skaičiavimas pateiktas 3.4 lentelėje.

3.4 lentelė. Vėjo slėgio į išorinį paviršių vidutinės dedamosios skaičiavimo duomenis.

| Eil. Nr. | Aukštis, m | Atskaitinis vėjo greitis v_{ref} | Koeficientas $c(z)$ | Aerodinaminiai koeficientai | | Skaičiuojamas vėjo slėgis w_{me} kN/m ² | Charakteristinė vėjo apkrova, kN/m |
|----------|-----------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------------|------|--|------------------------------------|
| | | | | | | | |
| 1 | iki 10 | 0,36 | 0,4 | C_e | 0,8 | 0,115 | 0,691 |
| 2 | | | 0,4 | C_{e3} | -0,5 | -0,072 | -0,432 |
| 3 | nuo 10 iki 11,6 | | 0,424 | C_e | 0,8 | 0,122 | 0,733 |
| 4 | | | 0,424 | C_{e1} | -0,6 | -0,092 | -0,550 |
| 5 | | | 0,424 | C_{e2} | -0,4 | -0,061 | -0,366 |
| 6 | | | 0,424 | C_{e3} | -0,5 | -0,076 | -0,458 |

3.1.4 Daliniai patikimumo koeficientai ir deriniai

Bendroju atveju pastato konstrukcija veikiančios apkrovos pateiktos 3.5 lentelėje.

3.5 lentelė. Pastatą veikiančios apkrovos.

| APKROVOS NR. PROGRAMOJE | APKROVOS APIBŪDINIMAS |
|-------------------------|---|
| (1) | Savasis skaičiuojamų konstrukcijų svoris. |
| (2) | Denginio savasis svoris. |
| (3) | Sniego apkrova |
| (4) | Vėjo apkrova |

Pagal Reglamento [5] rekomenduojami pastatų koeficientai bei skaičiuotinės reikšmės nustatomos pagal žemiau pateiktas išraiškas (3.6 lentelėje).

3.6 lentelė. Rekomenduojamų koeficientų reikšmės.

| EIL. NR. | POVEIKIS | ψ_0 | ψ_1 | ψ_2 |
|----------|----------------------------------|----------|----------|----------|
| 1. | E kategorija: saugyklų plotai | 0,7 | 0,9 | 0,8 |
| 2. | H kategorija: stogai | 0 | 0 | 0 |
| 3. | Statinių sniego apkrovos | 0,7 | 0,5 | 0,2 |
| 4. | Statinių vėjo apkrova | 0,6 | 0,2 | 0 |
| 5. | 4K-6K darbo režimo grupės kranai | 1,0 | 0,9 | 0,5 |

3.7 lentelė. Poveikių skaičiuotinių reikšmių išraiškos.

| NUOLATINIAI POVEIKIAI | | VYRAUJANTY SIS KINTAMASIS POVEIKIS * | KARTU VEIKIANTYS KINTAMIEJI POVEIKIAI | |
|------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| NEPALANK ŪS | PALANK ŪS | | PAGRINDINIS (JEI YRA) | KITI |
| $\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$ | $\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$ | $\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ | | $\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$ |

Rekomenduojami dalinių koeficientų reikšmės pagal Reglamento [5] 3 lentelę: $\gamma_{Gj,sup} = 1,35$; $\gamma_{Gj,inf} = 1,0$; $\gamma_{Q,1} = 1,35$, kai poveikis nepalankus ($\gamma_{Q,1} = 1,0$ kai palankus).

Šiuo atveju mus domina nepalankiausias derinys (ULS rėmo skaičiavimams). Nepalankiausias derinys bus gaunamas tuomet, kai pastatą veikia savasis svoris ir vyraujantis poveikis (sniegas, kranų apkrova ar vėjas) bei kartu veikiantis poveikis.

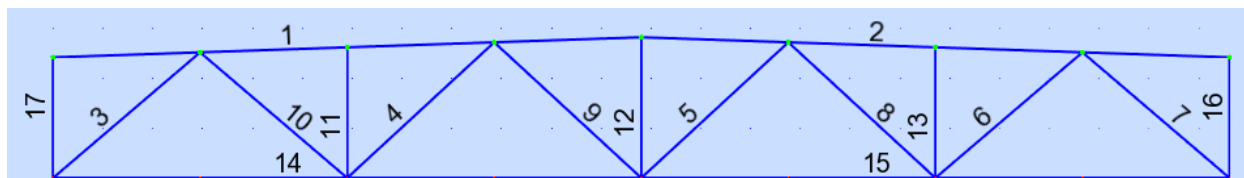
3.8 lentelė. Galimi pavojingiausi deriniai saugos ir tinkamumo ribiniam būviui.

| DERINYS | DERINIO ŽYMUO PROGRAMOJE | DERINIO APIBŪDINIMAS |
|---------|--|----------------------------------|
| COMB1 | $ULS/1 = (1 + 2) \times 1,35$ | Nuolatinė |
| COMB2 | $ULS/2 = (1 + 2) \times 1,35 + 3 \times 1,30$ | Nuolatinė + vyr. sniegas |
| COMB3 | $ULS/3 = (1 + 2) \times 1,35 + 3 \times 1,30 + 4 \times 1,30 \times 0,6$ | Nuolatinė + vyr. sniegas + vėjas |
| COMB4 | $ULS/4 = (1 + 2) \times 1,35 + 3 \times 1,30 \times 0,7 + 4 \times 1,30$ | Nuolatinė + sniegas + vyr. vėjas |
| COMB5 | $SLS/1 = (1 + 2) \times 1,00$ | Nuolatinė |
| COMB6 | $SLS/2 = (1 + 2) \times 1,00 + 3 \times 1,00$ | Nuolatinė + vyr. sniegas |
| COMB7 | $SLS/3 = (1 + 2) \times 1,00 + 3 \times 1,00 + 4 \times 1,00 \times 0,6$ | Nuolatinė + vyr. sniegas + vėjas |
| COMB8 | $SLS/4 = (1 + 2) \times 1,00 + 3 \times 1,00 \times 0,7 + 4 \times 1,00$ | Nuolatinė + sniegas + vyr. vėjas |

3.2 Santvaros SN1 skaičiavimas

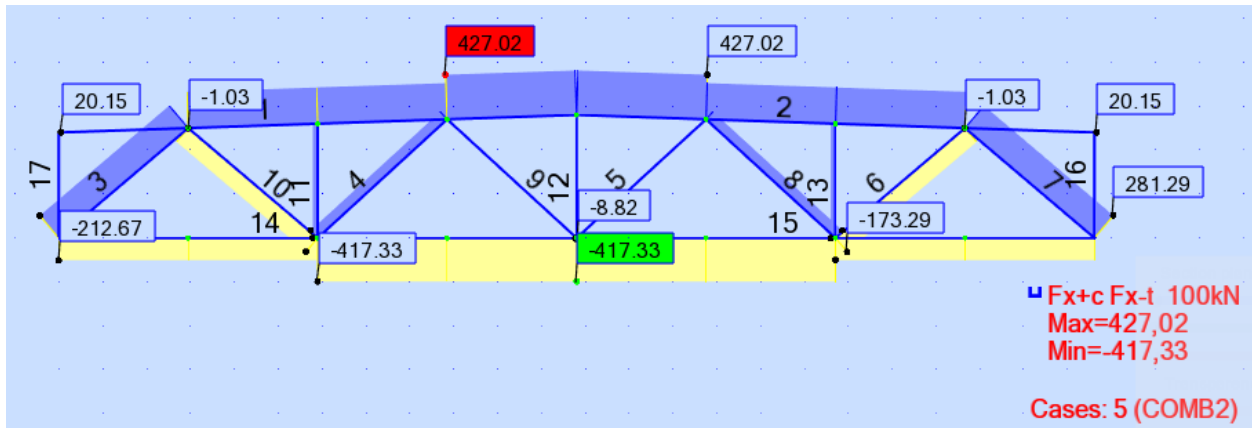
Santvaros elementai projektuojami iš stačiakampių vamzdinių profilių. Elementų parinkimas atliekamas kompiuterine skaičiavimo programa *Autodesk Robot Structural Analysis Profesional*. Toliau skaičiavimai atliekami pagal STR 2.05.08:2005.

Kadangi ant viršutinės juostos bus remiamos daugiasluoksnės plokštės, tai viršutinė juosta bus parenkama, kai veikia ašinė jėga ir lenkimo momentas. Kiti santvaros elementai bus parenkami atsižvelgiant į statybinės mechanikos prielaidas, pagal idealizuotą skaičiuojamąją schemą, kaip centriškai gniuždomi/tempiami elementai.

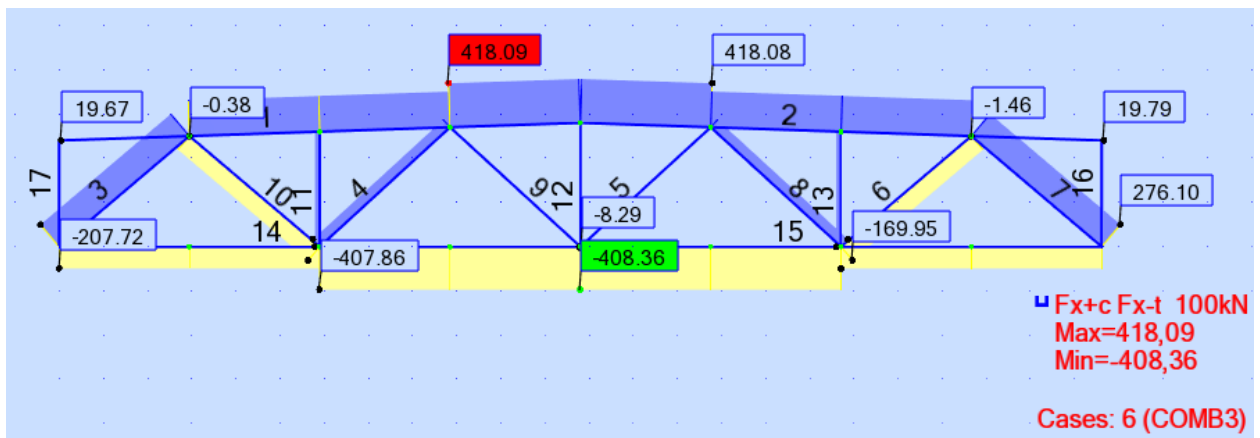


3.2 pav. SN1 Santvaros schema

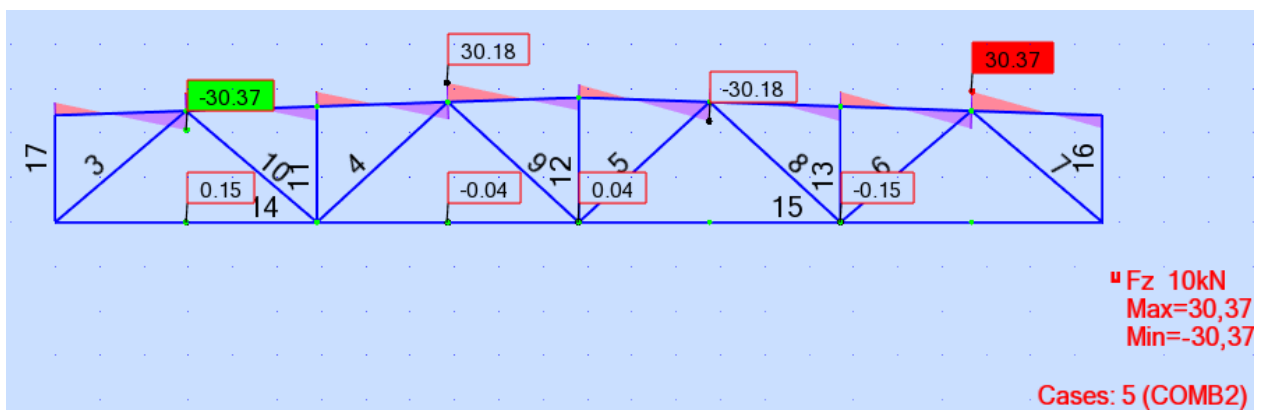
Santvarą veikiančios maksimalios įrašos pateiktos 4.2 - 4.7 pav.



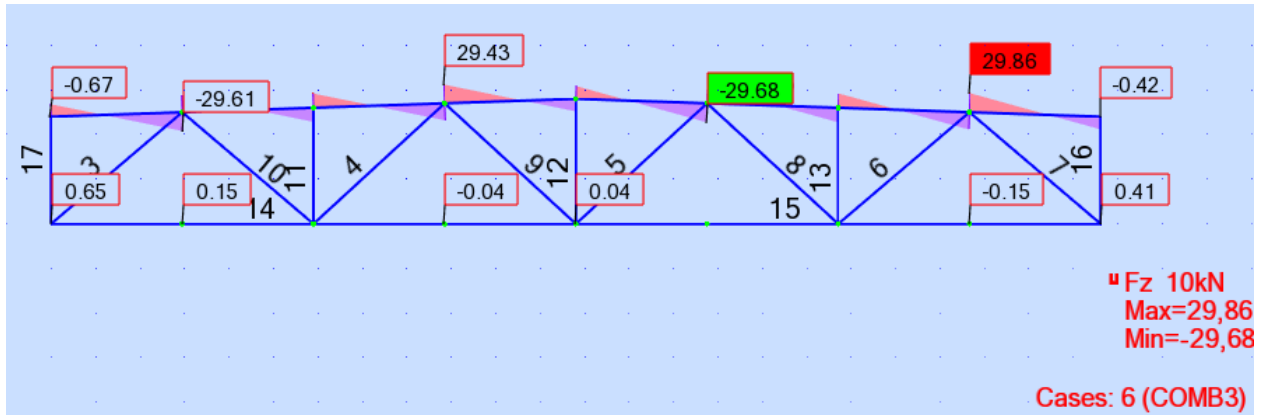
3.3 pav. Maksimalios santvaros ašinės jėgos N nuo apkrovų derinio COMB2



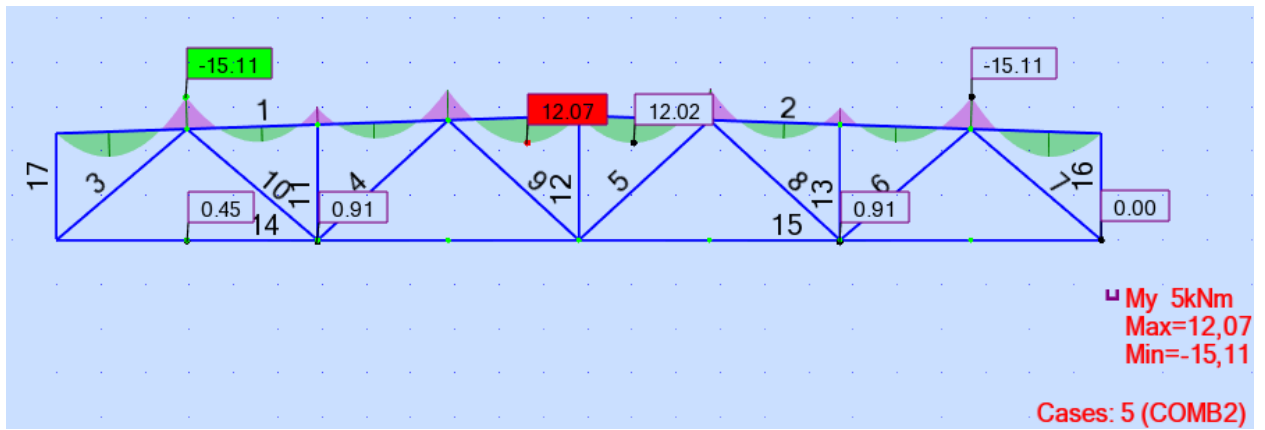
3.4 pav. Maksimalios santvaros ašinės jėgos N nuo apkrovų derinio COMB3



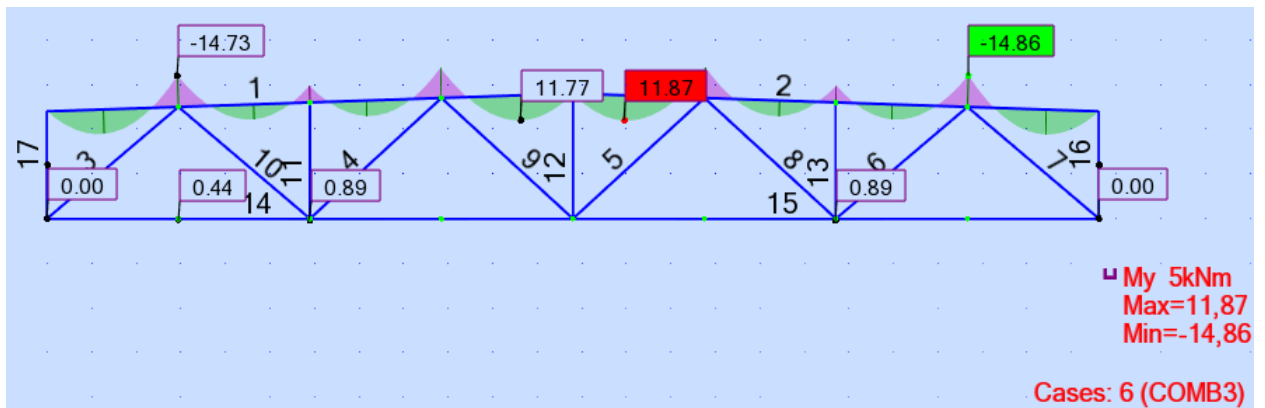
3.5 pav. Maksimalios santvaros skersinės jėgos V nuo apkrovų derinio COMB2



3.6 pav. Maksimalios santvaros skersinės jėgos V nuo apkrovų derinio COMB3



3.7 pav. Maksimaliūs santvaros lenkimo momentai M nuo apkrovų derinio COMB2



3.8 pav. Maksimaliūs santvaros lenkimo momentai M nuo apkrovų derinio COMB3

3.9 lentelė. Didžiausios įrašos veikiančios santvaros SN1 elementus

| Santvaros elementas | Elemento numeris | Apkrovų derinys | Maksimalios skaičiuojamosios įrašos | | |
|--------------------------------------|------------------|-----------------|-------------------------------------|---------------|----------------|
| | | | N_{ED} , kN | V_{ED} , kN | M_{ED} , kNm |
| Viršutinė juosta | 1 | COMB2 | 427,02 | 30,37 | 15,11 |
| | 2 | | 427,02 | 30,37 | 15,11 |
| Apatinė juosta | 14 | COMB2 | 417,33 | 0,15 | 0,91 |
| | 15 | | 417,33 | 0,15 | 0,91 |
| Spyriai C-gniuždomi T-tempiami | 3 (C) | COMB2 | 281,29 | - | - |
| | 4 (C) | | 98,22 | - | - |
| | 7 (C) | | 281,29 | - | - |
| | 8 (C) | | 98,22 | - | - |
| | 10 (T) | | 173,29 | - | - |
| | 9 (T) | | 8,82 | - | - |
| | 5 (T) | | 8,80 | - | - |
| | 6 (T) | | 173,29 | - | - |
| Statramsčiai | 11 | COMB2 | 45,92 | - | - |
| | 12 | | 11,82 | - | - |
| | 13 | | 45,92 | - | - |
| | 16 | | 20,15 | | |
| | 17 | | 20,15 | | |

3.2.1 Santvaros viršutinės juostos projektavimas

Santvaros viršutinės juostos elementai parinkti pagal apkrovų derinį COMB2, kai veikia maksimali gniuždanti ašinė jėga $N_{Ed}=427,02 \text{ kN}$ ir lenkimo momentas $M_{Ed}=15,11 \text{ kNm}$. Santvaros viršutinė juosta projektuojama iš šaltai temptų vamzdžių 160x160x6 mm. Charakteristikos:

- Skerspjūvio plotas: $A = 36,0 \text{ cm}^2$;
- Skerspjūvio atsparumo momentas: $W_{el,y} = W_{el,z} = 176 \text{ cm}^3$;
- Inercijos spindulys: $i_y = i_z = 6,25 \text{ cm}$;
- Inercijos momentas: $I_y = I_z = 1405 \text{ cm}^4$.
- Stipris pagal takumo ribą, kai plieno klasė S355: $f_y = 355 \text{ MPa}$.

Skaičiuotinis elemento stipris pagal [[6] 6.3 lentelę]:

$$f_{y,d} = f_y / \gamma_M = 355 / 1,1 = 323 \text{ Mpa} \quad (27)$$

čia: γ_M - medžiagos patikimumo koeficientas, lygus $\gamma_M = 1,1$.

Saugos ribinio būvio tikrinimas rėmo plokštumoje

Skaičiuojamasis santvaros viršutinės juostos ilgis tarp tvirtinimo taškų [[4], 6 priedas 7.1 lent.]:

$$l_{eff,y} = l_{eff,z} = l = 2,95 \text{ m} \quad (28)$$

čia: l - atstumas tarp mazgų įtvirtinimo taškų.

Elemento liaunis:

$$\lambda_y = \frac{l_{eff,y}}{i_y} = \frac{295}{6,25} = 47,20. \quad (29)$$

Sąlyginis elemento liaunis:

$$\bar{\lambda} = \lambda_y \cdot \sqrt{\frac{f_{y,d}}{E}} = 47,20 \cdot \sqrt{\frac{323 \cdot 10^{-3}}{210}} = 1,85. \quad (30)$$

čia: E – plieno tamprumo modulis, randamas pagal Reglamento [[6] 6.4 lentelę], $E = 210 \text{ GPa}$.

Ašinės jėgos ekscentricitetas:

$$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{15,11}{427,02} = 0,0353 \text{ m}. \quad (31)$$

Santykinis ekcentricitetas pagal Reglamento [[6] 82] punktą:

$$e_{rel} = \frac{e \cdot A}{W_c} = \frac{0,0353 \cdot 36 \cdot 10^{-4}}{176 \cdot 10^{-6}} = 0,72. \quad (32)$$

Tuomet skerspjūvio formos koeficientas pagal Reglamento [[6] 7.6 lentelę], kai

Skaičiavimai atliekami pagal Reglamento [Error! Reference source not found.] III skyrių. Skerspjūvio formos koeficientas, pagal Reglamento [6] 7.6 lentelę kai $0 \leq \bar{\lambda} = 1,85 \leq 5$ ir $0,1 \leq e_{rel} = 0,72 \leq 5$:

$$k_{shape} = 1,57. [6]$$

Santykinis lyginamasis ekscentricitetas:

$$e_{rel,eff} = k_{shape} \cdot e_{rel} = 1,57 \cdot 0,72 = 1,13. \quad (33)$$

Klupumo koeficientas pagal Reglamento [6] 1 priedo 2 lentelę interpoliuojant, kai $\bar{\lambda} = 1,85$ ir $e_{rel,eff} = 1,13$ tai $\varphi_e = 0,384$.

Tuomet ekscentriškai gniuždomo elemento pastovumo atsparis lenkimo plokštumoje:

$$N_{NM,c,Rd} = \varphi_e \cdot A \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 0,384 \cdot 36 \cdot 323 \cdot 0,9 \cdot 10^{-1} = 446,42 \text{ kN}. \quad (34)$$

čia: γ_c – darbo sąlygų koeficientas, pagal Reglamento [[6] 7.1 lentelę], $\gamma_c = 0,9$.

Ekscentriškai gniuždomų ir gniuždomųjų-lenkiamųjų pastoviojo skerspjūvio elementų pastovumas momento veikimo plokštumoje, sutampančioje su simetrijos plokštuma, tikrinamas pagal formulę:

$$\alpha = \frac{N_{Ed}}{N_{NM,c,Rd}} = \frac{427,02}{446,42} = 0,96 \leq 1,0 \quad (35)$$

Neišnaudojimo atsarga:

$$\Delta = \frac{N_{NM,c,Rd} - N_{Ed}}{N_{NM,c,Rd}} \cdot 100\% = 4,35 \%. \quad (36)$$

Santvaros viršutinės juostos ribinis liaunis pagal Reglamento [6] 7.18 lentelę:

$$\lambda_u = 180 - 60\alpha = 180 - 60 \cdot 0,96 = 122,6 \quad (37)$$

Išvada: viršutinės juostos atsparis lenkimo (rėmo) plokštumoje pakankamas. Atsarga 4,35%, ekonomiškumo kriterijai tenkinami ($\Delta = 4,35\% > 5\%$). Liaunis neviršija ribinio liaunio $\lambda_y = 47,20 \leq \lambda_u = 122,6$.

Saugos ribinio būvio tikrinimas iš rėmo plokštumos

- Skerspjūvio plotas: $A = 36,0 \text{ cm}^2$;
- Skerspjūvio atsparumo momentas: $W_{el,y} = W_{el,z} = 176 \text{ cm}^3$;
- Inercijos spindulys: $i_y = i_z = 6,25 \text{ cm}$;
- Inercijos momentas: $I_y = I_z = 1405 \text{ cm}^4$.

$$l_{eff,z} = l_1 = 5,9 \text{ m} \quad (38)$$

čia: l_1 - atstumas tarp elemento įtvirtinimo iš santvaros plokštumos taškų (mazgų).

Elemento liaunis:

$$\lambda_z = \frac{l_{eff,z}}{i} = \frac{590}{6,25} = 94,40. \quad (39)$$

Sąlyginis elemento liaunis:

$$\bar{\lambda} = \lambda_z \cdot \sqrt{\frac{f_{y,d}}{E}} = 94,40 \cdot \sqrt{\frac{323 \cdot 10^{-3}}{210}} = 3,70. \quad (40)$$

stypų lanksčiai (šarnyriškai) įtvirtintais galais, sutvirtintų nuo pasislinkimo statmenai momento veikimo plokštumai, – didžiausiam momentui strypo ilgio viduriniame trečdalyje, bet ne mažiau kaip pusė didžiausio visame strypo ilgyje veikiančio momento:

$$M_{z,Ed} = \frac{M_{Ed}}{2} = \frac{15,11}{2} = 7,55 \text{ kNm}. \quad (41)$$

Ekscentricitetas naudojamas skaičiuojant pastovumą iš rėmo plokštumos:

$$e_z = \frac{M_{z,Ed}}{N_{Ed}} = \frac{7,55}{427,02} = 0,0177 \text{ m}. \quad (42)$$

Santykinis ekscentricitetas:

$$e_{rel,z} = \frac{e_z \cdot A}{W_c} = \frac{0,0177 \cdot 36 \cdot 10^{-4}}{176 \cdot 10^{-6}} = 0,36. \quad (43)$$

Liaunis:

$$\lambda_c = 3,14 \sqrt{\frac{E}{f_{y.d}}} = 3,14 \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3}{323}} = 80,06. \quad (44)$$

Kadangi $\lambda_z = 94,40 > \lambda_c = 80,06$, tai pagal koeficientas pagal Reglamento [6] 7.8 lentelę

$$\beta = \sqrt{\frac{\varphi_c}{\varphi_z}} = \sqrt{\frac{0,604}{0,492}} = 1,11. \quad (45)$$

čia: φ_c, φ_z – klupumo koeficientai nustatomi pagal Reglamento [6] 58 punktą.

Kai $2,5 < \bar{\lambda}_z = 3,70 \leq 4,50$,

$$\begin{aligned} \varphi_z &= 1,47 - 13,0 \cdot \frac{f_{y.d}}{E} - \left(0,371 - 27,3 \frac{f_{y.d}}{E}\right) \bar{\lambda}_z + \left(0,0275 - 5,53 \frac{f_{y.d}}{E}\right) \bar{\lambda}_z^2 = 1,47 - \\ &13,0 \cdot \frac{323 \cdot 10^{-3}}{210} - \left(0,371 - 27,3 \frac{323 \cdot 10^{-3}}{210}\right) \cdot 3,70 + \left(0,0275 - 5,53 \frac{323 \cdot 10^{-3}}{210}\right) \cdot 3,70^2 = \\ &0,492 \end{aligned} \quad (46)$$

$$\bar{\lambda}_c = \lambda_c \cdot \sqrt{\frac{f_{y.d}}{E}} = 80,06 \cdot \sqrt{\frac{323 \cdot 10^{-3}}{210}} = 3,14. \quad (47)$$

Kai $2,5 < \bar{\lambda}_c = 3,14 \leq 4,50$,

$$\begin{aligned} \varphi_c &= 1,47 - 13,0 \cdot \frac{f_{y.d}}{E} - \left(0,371 - 27,3 \frac{f_{y.d}}{E}\right) \bar{\lambda}_c + \left(0,0275 - 5,53 \frac{f_{y.d}}{E}\right) \bar{\lambda}_c^2 = 1,47 - \\ &13,0 \cdot \frac{323 \cdot 10^{-3}}{210} - \left(0,371 - 27,3 \frac{323 \cdot 10^{-3}}{210}\right) \cdot 3,14 + \left(0,0275 - 5,53 \frac{323 \cdot 10^{-3}}{210}\right) \cdot 3,14^2 = \\ &0,604 \end{aligned} \quad (48)$$

Kadangi $e_{rel.z} = 0,36 < 5,0$, tai koeficientas pagal Reglamento [6] 86 punktą:

$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha \cdot e_{rel.z}} = \frac{1,14}{1 + 0,6 \cdot 0,36} = 0,92. \quad (49)$$

čia: β – koeficientas pagal Reglamento [6] 7.8 lentelę.

α – koeficientas pagal Reglamento [6] 7.8 lentelę kai $e_{rel.z} = 0,36 < 1,0$, $\alpha = 0,6$.

Skaičiuotinis ekscentriškai gniuždomo elemento lenkiamasis-sukamasis pastovumo atsparis apskaičiuojamas taip:

$$N_{NM,TF,Rd} = \varphi_z \cdot c \cdot A \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 0,492 \cdot 0,92 \cdot 36 \cdot 323 \cdot 10^{-1} \cdot 0,9 = 526,016 \text{ kN} \quad (50)$$

Ekscentriškai gniuždomų pastoviojo skerspjūvio elementų pastovumas iš momento veikimo plokštumos tikrinamas pagal formulę:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{NM,TF,Rd}} = \frac{427,02}{526,016} = 0,812 < 1,0. \quad (51)$$

Neišnaudojimo atsarga:

$$\Delta = \frac{N_{NM,TF,Rd} - N_{Ed}}{N_{NM,TF,Rd}} \cdot 100\% = 18,82 \%. \quad (52)$$

Santvaros viršutinės juostos ribinis liaunis pagal Reglamento [6] 7.18 lentelę:

$$\lambda_u = 180 - 60\alpha = 180 - 60 \cdot 0,812 = 131,3 \quad (53)$$

Išvada: viršutinės juostos pastovumas iš rėmo plokštumos pakankamas. Atsarga 18,82 % netenkina ekonomiškumo kriterijaus, bet sumažinus profilį 160x160x5 pastovumas netenkintų sąlygų. Liaunis neviršija ribinio liaunio $\lambda_z = 94,40 \leq \lambda_u = 131,3$.

3.2.2 Santvaros apatinės juostos projektavimas

Apatinė juosta projektuojama iš vientiso dėžinio profilio vamzdžio. Didžiausią ašinės jėgos įrašą apatinės juostos elementas turi veikiant jėgų kombinacijai COMB2: $N_{Ed} = 417,33 \text{ kN}$. Santvaros vertikalūs ryšiai išdėlioti kas 5,9 m.

Parenkamas dėžinio profilio skerspjūvis 100x100x4 mm, kurio charakteristikos:

- Skerspjūvio plotas: $A = 14,90 \text{ cm}^2$;
- Skerspjūvio atsparumo momentas: $W_{el,y} = W_{el,z} = 45,3 \text{ cm}^3$;
- Inercijos spindulys: $i_y = i_z = 3,89 \text{ cm}$;
- Inercijos momentas: $I_y = I_z = 226 \text{ cm}^4$.
- Stipris pagal takumo ribą, kai plieno klasė S355:

Skaičiuotinio ašinės jėgos veikiamo skerspjūvio stiprumo atspario reikšmė pagal takumo ribą:

$$N_{pL.Rd} = A_{net} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 14,90 \cdot 323 \cdot 10^{-1} \cdot 1,0 = 481,27 \text{ kN}. \quad (54)$$

Tikrinant centriškai tempiamojo elemento bet kurio skerspjūvio stiprumą, turi būti tenkinama sąlyga:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pL.Rd}} = \frac{417,33}{481,27} = 0,87 \leq 1,0. \quad (55)$$

Sąlyga tenkinama.

Efektyvusis santvaros juostos strypo ilgis:

$$l_{eff,y} = l_{eff,z} = 590 \text{ mm} \quad (56)$$

Strypo ribinio liaunio patikrinimas:

$$\lambda_{y,z} \leq \lambda_{u,t} \quad (57)$$

$$\lambda_{y,z} = \frac{l_{eff,y,z}}{i_{y,z}} = \frac{590}{3,89} = 152 < \lambda_{u,t} = 400$$

Sąlyga tenkinama

Neišnaudojimo atsarga:

$$\Delta = \frac{N_{pL.Rd} - N_{Ed}}{N_{pL.Rd}} \cdot 100\% = 13 \%. \quad (58)$$

Išvada: apatinės juostos stiprumas pakankamas. Atsarga 13%, ekonomiškumo kriterijai netenkinami. Mažesnio skerspjūvio parinkti negalime dėl minimalaus sienelės storio ir juostos pločio. Dėl tinklelio elementų didelio skerspjūvio ploto juosta didinama 120x120x4

3.2.3 Santvaros tinklelio projektavimas

Gniuždomi santvaros spyriai

Didžiausios gniuždymo įrašos gniuždomuose santvaros tinklelio elementuose atsiranda veikiant jėgų kombinacijai COMB2 spyriuose Nr. 3, 7(žr. 3.2pav): $N_{Ed} = 281,29 \text{ kN}$. Gniuždomi santvaros spyriai, pagal [4]IV skyrių, skaičiuojami kaip centriškai gniuždomi elementai. Gniuždomi santvaros strypai projektuojami iš šaltojo formavimo dėžinio profilio vamzdžių 120x120x4 mm. Skerspjūvio charakteristikos:

- Skerspjūvio plotas: $A = 18,1 \text{ cm}^2$;
- Skerspjūvio atsparumo momentas: $W_{el,y} = W_{el,z} = 52,1 \text{ cm}^3$;
- Inercijos spindulys: $i_y = i_z = 4,76 \text{ cm}$;
- Inercijos momentas: $I_y = I_z = 312 \text{ cm}^4$.

Geometrinis strypo ilgis: $l = 3,87 \text{ m}$.

Skaičiuojamasis santvaros tinkliuko ilgis tarp tvirtinimo taškų pagal Reglamento **[Error! Reference source not found.]** 7.1 lentelę: $l_{eff,y} = 1,0 \cdot l = 1,0 \cdot 3,87 = 3,87 \text{ m}$.

Elemento liaunis:

$$\lambda_y = \frac{l_{eff,y}}{i} = \frac{387}{4,76} = 82,17. \quad (59)$$

Sąlyginis elemento liaunis:

$$\bar{\lambda} = \lambda_y \cdot \sqrt{\frac{f_{y,d}}{E}} = 82,17 \cdot \sqrt{\frac{323 \cdot 10^{-3}}{210}} = 3,22. \quad (60)$$

Klupumo koeficientas pagal Reglamento [6] 58 punktą kai $2,5 < \bar{\lambda} = 3,22 \leq 4,5$,

$$\begin{aligned} \varphi &= 1,47 - 13,0 \cdot \frac{f_{y,d}}{E} - \left(0,371 - 27,3 \frac{f_{y,d}}{E}\right) \bar{\lambda} + \left(0,0275 - 5,53 \frac{f_{y,d}}{E}\right) \bar{\lambda}^2 = 1,47 - \\ &13,0 \cdot \frac{323 \cdot 10^{-3}}{210} - \left(0,371 - 27,3 \cdot \frac{323 \cdot 10^{-3}}{210}\right) \cdot 3,22 + \left(0,0275 - 5,53 \cdot \frac{323 \cdot 10^{-3}}{210}\right) \cdot 3,22^2 = \\ &0,587. \end{aligned} \quad (61)$$

Skaičiuotinio centriškai gniuždomo elemento pastovumo atspario reikšmė, apskaičiuojama taip:

$$N_{c.Rd} = \varphi \cdot A \cdot f_{y.d} \cdot \gamma_c = 0,587 \cdot 18,1 \cdot 323 \cdot 10^{-1} \cdot 0,9 = 308,88 \text{ kN} \quad (62)$$

Tikrinant centriškai gniuždomo elemento pastovumą, turi būti tenkinama sąlyga:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c.Rd}} = \frac{282,29}{308,88} = 0,91 < 1,0. \quad (63)$$

Neišnaudojimo atsarga:

$$\Delta = \frac{N_{c.Rd} - N_{Ed}}{N_{c.Rd}} \cdot 100\% = 9\%. \quad (64)$$

Santvaros viršutinės juostos ribinis liaunis pagal Reglamento [6] 7.18 lentelę:

$$\lambda_u = 180 - 60\alpha = 180 - 60 \cdot 0,91 = 125,36 \quad (65)$$

Išvada: tinkliuko spyrių Nr. 3, 7 stiprumas ir pastovumas rėmo plokštumoje pakankamas. Atsarga 9%. Liaunis neviršija ribinio liaunio $\lambda_y = 82,17 \leq \lambda_u = 125,36$.

Saugos ribinio būvio tikrinimas iš rėmo plokštumos

Pagal Reglamento [6] 87 punktą, kai $\lambda_y = \lambda_z$ pastovumo tikrinti iš rėmo plokštumos nereikia.

Tempiami santvaros spyriai

Didžiausia tempimo įrąža atsiranda veikiant jėgų kombinacijai COMB2: $N_{Ed} = 173,29 \text{ kN}$. Tempiami santvaros spyriai, pagal [4] IV skyrių, skaičiuojami kaip centriškai tempiami elementai.

Tempiamiems santvaros strypams parenkami šaltojo formavimo dėžinio profilio vamzdžiai 50x50x4 mm. Skerspjūvio charakteristikos:

- Skerspjūvio plotas: $A = 6,95 \text{ cm}^2$;
- Skerspjūvio atsparumo momentas: $W_{el,y} = W_{el,z} = 9,45 \text{ cm}^3$;
- Inercijos spindulys: $i_y = i_z = 1,85 \text{ cm}$;
- Inercijos momentas: $I_y = I_z = 23,7 \text{ cm}^4$.

Geometrinis strypo ilgis: $l=3,87m$.

Skaičiuojamasis santvaros tinkliuko ilgis tarp tvirtinimo taškų pagal Reglamento [Error! Reference source not found.] 7.1 lentelę: $l_{eff,y} = 1.0 \cdot l = 1,0 \cdot 3,87 = 3,87 m$. (66)

Skerspjūvio stiprumo atsparis:

$$N_{pl,Rd} = A \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 6.95 \cdot 323 \cdot 10^{-1} \cdot 1,0 = 224,49kN \quad (67)$$

Tikrinant centriškai tempiamo elemento bet kurio skerspjūvio stiprumą, turi būti tenkinama sąlyga:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \leq 1,0 \quad (68)$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{173.29}{224.49} = 0.77 < 1.0$$

Sąlyga tenkinama.

Tempiamo santvaros spyrio liaunis:

$$\lambda_{y,z} = \frac{l_{eff,y,z}}{i_{y,z}} = \frac{387}{1.85} = 209.19 \quad (69)$$

Kadangi santvarą veikia tik statinės apkrovos, ribinis tempiamo strypo liaunis:

$$\lambda_{u,t} = 400$$

Tikrinama sąlyga:

$$\lambda_{y,z} \leq \lambda_{u,t} \quad (70)$$

$$\lambda_{y,z} = 209.19 < \lambda_{u,t} = 400$$

Sąlyga tenkinama

Neišnaudojimo atsarga:

$$\Delta = \frac{N_{pl,Rd} - N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \cdot 100\% = 22.8\% \quad (71)$$

Išvada: Apatinės juostos stiprumas pakankamas, ribinis liaunis neviršijamas. Ekonomiškumo kriterijai netenkinami, tačiau parinkti mažesnio skerspjūvio negalime dėl minimalaus skerspjūvio pločio reikalavimų.

Santvaros staramsčiai

Santvaros statramsčiai skaičiuojami kaip centriškai gniuždomi elementai. Didžiausios gniuždymo įrašos šiuose santvaros elementuose atsiranda veikiant jėgų kombinacijai COMB2 statramstyje: $N_{Ed}=45,92\text{kN}$. (pagal [4] IV skyrių)

Gniuždomi santvaros strypai projektuojami iš šaltojo formavimo dėžinio profilio vamzdžių 50x50x4 mm. Skerspjūvio charakteristikos:

- Skerspjūvio plotas: $A = 6,95 \text{ cm}^2$;
- Skerspjūvio atsparumo momentas: $W_{el,y} = W_{el,z} = 9,45 \text{ cm}^3$;
- Inercijos spindulys: $i_y = i_z = 1,85 \text{ cm}$;
- Inercijos momentas: $I_y = I_z = 23,7 \text{ cm}^4$.

Geometrinis strypo ilgis: $l=2,6\text{m}$.

Skaičiuojamasis santvaros tinkliuko ilgis tarp tvirtinimo taškų pagal Reglamento **[Error! Reference source not found.]** 7.1 lentelę: $l_{eff,y} = 1.0 \cdot l = 1,0 \cdot 2,6 = 2,6 \text{ m}$. (72)

Spyrio liaunis:

$$\lambda_{c,y,z} = \frac{l_{eff,y,z}}{i_{y,z}} = \frac{260}{1.85} = 140.54 \quad (73)$$

Sąlyginis elemento liaunis:

$$\bar{\lambda}_c = \lambda_c \sqrt{\frac{f_{y,d}}{E}} = 140.54 \sqrt{\frac{323}{210 \cdot 10^3}} = 5,51 \quad (74)$$

Klupumo koeficientas φ , kai $\bar{\lambda}_c = 5,51 > 4,5$:

$$\varphi_c = \frac{322}{\bar{\lambda}_c^2 \cdot (51 - \bar{\lambda}_c)} = \frac{322}{5,51^2 \cdot (51 - 5,51)} = 0,233 \quad (75)$$

Gniuždomo elemento pastovumo atsparis:

$$N_{c,Rd} = \varphi \cdot A \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 0,233 \cdot 6.95 \cdot 323 \cdot 10^{-1} \cdot 0,9 = 47,07kN \quad (76)$$

Elemento darbo sąlygų koeficientas $\gamma_c = 0,9$

Tikrinama centriškai gniuždomo elemento pastovumo sąlyga:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} < 1,0 \quad (77)$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{45.92}{47.07} = 0,975 < 1,0$$

Sąlyga tenkinama.

Centriškai gniuždomo sanvaros atraminio strypo ribinis liaunis:

$$\lambda_u = 180 - 60 \cdot \alpha = 180 - 60 \cdot 0,975 = 121.47 \quad (78)$$

Išvada: Pastovumo sąlyga tenkinama, atsarga – 2,5% . Ribinis liaunis neviršijamas. Statramsčiai ties atramomis į kolonas dėl tinkamo jungimo su juostomis ir didesnių apkrovų parenkami tokio pat profilio kaip viršutinės juostos.

3.10 lentelė. Suvestiniai SN1 santvaros elementų skaičiavimo rezultatai

| Santvaros elementas | Elemento numeris | Skerspjūvis, mm | Skerspjūvio plotas, cm ² |
|--------------------------------------|------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Viršutinė juosta | 1 | 160x160x6 | 36,0 |
| | 2 | | |
| Apatinė juosta | 14 | 120x120x4 | 18,1 |
| | 15 | | |
| Spiriai C-gniuždomi T-tempiami | 3 (C) | 120x120x4 | 18,1 |
| | 4 (C) | | |
| | 7 (C) | | |
| | 8 (C) | | |
| | 10 (T) | 50x50x4 (pakeistas į 100x100x4) | 6,95 (pakeistas į 14,9) |
| | 9 (T) | | |
| | 5 (T) | | |
| | 6 (T) | | |
| Statramsčiai | 11 | 50x50x4 | 6,95 |
| | 12 | | |
| | 13 | | |

3.2.4 Mazgo „1“ projektavimas

Gniuždomojo santvaros tinklelio spyrio ir viršutinės juostos jungties laikomosios galios tikrinimas

Santvaros viršutinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atspario tikrinimas

Įrašos ženklo koeficientas: $\gamma_1 = 1$, nes tinklelio elementas yra gniuždomas.

Kadangi:

$$\frac{|N_{02}|}{A_0 f_{y,d}} = \frac{427,02 \cdot 10^3}{36 \cdot 10^{-4} \cdot 323 \cdot 10^6} = 0,367 < 0,5 ; \quad (79)$$

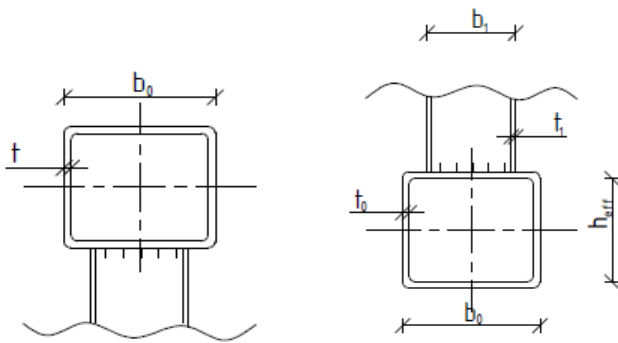
tai santvaros juostoje veikiančios ašinės jėgos įtakos koeficientas: $\gamma_0 = 1,0$.

Čia: N_{02} - juostos ašinė jėga, veikianti gniuždomo tinklelio elemento pusėje;

A_0 - santvaros juostos skerspjūvio plotas

Santvaros juostos iškyša:

$$a = \frac{b_0 - b_1}{2} = \frac{0,16 - 0,12}{2} = 0,02 \text{ m.} \quad (80)$$



3.9 pav. Santvaros juostų pjūvis.

Tinklelio ir juostos sąlyčio atkarpos ilgis:

$$c = \frac{h_1}{\sin \alpha} = \frac{0,12}{\sin 38^\circ} = 0,195 \text{ m.} \quad (81)$$

Pusė tarpo tarp santvaros tinklelio strypų:

$$g = 0,055 / 2 = 0,0275 \text{ m.} \quad (82)$$

Kadangi $\frac{b_1}{b_0} = \frac{0,12}{0,16} = 0,75 < 0,9$ ir $\frac{g}{c} = \frac{0,0275}{0,195} = 0,141 < 0,25$, santvaros viršutinės juostos,

veikiamos gniuždomojo spyrinio, praspaudimo atsparis tikrinamas pagal šią nelygybę (pagal Reglamento [7] 89 p.):

$$|N_1| + \frac{1,5 \cdot |M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_0 \cdot f_{y,d} \cdot t_0^2 (b + g + \sqrt{2 \cdot b_0 \cdot a})}{(0,4 + 1,8g/c) a \cdot \sin \theta_1}; \quad (83)$$

Čia: N_l - ašinė jėga prijungiamajame elemente; M_l - lenkiamasis momentas prijungiamajame elemente mazgo plokštumoje, sutampančiame su juostos lentyna pjūvyje (momento dėl mazgų standumo galima nevertinti); γ_c - darbo sąlygų koeficientas; γ_1 - įrašos ženkle prijungiamajame elemente įtakos koeficientas (tempiamam $\gamma_1=1.2$, kitais atvejais $\gamma_1=1.0$); γ_0 - juostoje veikiančios ašinės jėgos įtakos koeficientas, lygus 1,0.

Lenkiamasis momentas tinklelio elemente ties juostos kraštu $M=0$;

$$|N_1| + \frac{1,7 \cdot |M_1|}{h_1} = 281,29 + \frac{1,7 \cdot 0}{0,10} = 281,29 \text{ kN} \quad (84)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\gamma_c \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_0 \cdot f_{y,d} \cdot t_0^2 (b + g + \sqrt{2 \cdot b_0 \cdot a})}{(0,4 + 1,8g/c) a \cdot \sin \theta_1} = \\ & = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 3,23 \cdot 10^5 \cdot 0,006^2 (0,12 + 0,0275 + \sqrt{2 \cdot 0,16 \cdot 0,02})}{(0,4 + 1,8 \cdot 0,0185 / 0,162) 0,03 \cdot \sin 38} = 328,57 \text{ kN} \end{aligned} \quad (85)$$

$281,29 \text{ kN} < 328,57 \text{ kN}$ Santvaros viršutinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atsparis yra **pakankamas**.

Santvaros viršutinės juostos sienutės pastovumo atspario tikrinimas gniuždomojo spyrio prijungimo vietoje

Tikriname sąlygą: $\frac{b_1}{b_0} = \frac{120}{160} = 0,75 < 0,85$; todėl juostos sienutės atspario mazgo plokštumoje

skaičiuoti nereikia.

Tinklelio elemento atspario tikrinimas jo prijungimo prie juostos srityje

Koeficientas, įvertinantis tinklelio elemento sienutės liaunį ir plieno stiprį, $k = 1$, nes:

$$b_1/t_1 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot f_{yd}^2 - 0,2 \cdot f_{yd} + 81,8; \quad (86)$$

$$\frac{120}{4} < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot 323^2 - 0,2 \cdot 323 + 81,8;$$

$$30 < 42.77$$

Nustatant sienutės liaunį, naudojami tinklelio skerspjūvio matmenys. ($A=18,1\text{cm}^2$)

Tinklelio elemento atspario tikrinimo sąlyga esant kvadratiniam skerspjūviui:

$$|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \cdot \gamma_1 \cdot k \cdot f_{yd,1} \cdot A_1}{1 + \frac{0,013 \cdot b_0}{t_0}} \quad (87)$$

$$281,29\text{kN} < \frac{1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 323 \cdot 10^3 \cdot 18,1 \cdot 10^{-4}}{1 + \frac{0,013 \cdot 0,12}{0,004}} = 434,13\text{kN}$$

Tinklelio elemento atsparis jo prijungimo prie juostos srityje yra **pakankamas**.

Virintinių siūlių, jungiančių tinklelio elementus prie juostų, atspario tikrinimas

Virinti naudojama elektrodinė viela G46, kurios charakteristinis stipris pagal Reglamento [6] 6.10 lentelę $f_{vw,u} = 530\text{MPa}$. Skaičiuotiniai siūlių stipriai pagal Reglamento [6] 6.11 lentelę:

$$f_{vw.f.d} = 0,55 \cdot \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \cdot \frac{530}{1,25} = 233,2\text{MPa}; \quad (88)$$

$$f_{vw.z.d} = 0,45 \cdot f_u = 0,45 \cdot 490 = 220,5\text{MPa}. \quad (89)$$

čia: f_u – plieno stipris pagal stiprumo ribą pagal Reglamento [6] 6.10 lentelę, S355 plienui $f_u = 490\text{MPa}$;

γ_{Mw} – virintinės (lydytinės) siūlės metalo medžiagos patikimumo koeficientas, pagal Reglamento [6] 6.11 lentelę $\gamma_{Mw} = 1,25$.

Kertinės siūlės koeficientai pagal Reglamento [6] 7.30 lentelę $\beta_{wf} = 0,9$; $\beta_{wz} = 1,05$ (pusiau automatinis elektrodine viela)

Tikriname, ar tinkamai parinkta elektrodinė viela:

$$f_{vw.z.d} = 220,5 \text{ MPa} < f_{vw.f.d} = 233,2 \text{ MPa} \leq 0,45 \cdot f_{vw.z.d} \cdot \frac{\beta_{wz}}{\beta_{wf}} = 220,5 \cdot \frac{1,05}{0,9} = 257,25 \text{ MPa.} \quad (90)$$

Parinkta tinkama elektrodinė viela. Pasirenkamas statinis $k_f = 4 \text{ mm}$.

$$1,2 \cdot t = 1,2 \cdot 4 = 4,8 \text{ mm} \geq k_f = 4 \text{ mm} \quad (91)$$

$$\left(|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \right) \frac{0,75 + \frac{0,01 \cdot b_0}{t_0}}{\beta_{wf} \cdot k_f \cdot \left(\frac{2 \cdot h_1}{\sin \theta_1} + b_1 \right)} \leq \gamma_c f_{vw.f.d} \quad (92)$$

$$281,29 \cdot 10^{-3} \frac{0,75 + \frac{0,01 \cdot 0,16}{0,01}}{0,9 \cdot 0,004 \cdot \left(\frac{2 \cdot 0,12}{\sin 38} + 0,12 \right)} \leq 1 \cdot 233,2$$

$$155,8 \leq 233,2 \text{ Mpa}$$

Kertinių siūlių, jungiančių gniuždomąjį tinklelio elementą su juosta, atsparis yra **pakankamas**.

Tempiamojo santvaros tinklelio spyrio ir viršutinės juostos jungties laikomosios galios tikrinimas

Santvaros viršutinės juostos, veikiamos tempiamojo tinklelio elemento, išplėšimo atspario tikrinimas

Iražos ženklo koeficientas $\gamma_1 = 1,2$, nes tinklelio elementas yra tempiamas.

$$\text{Kadangi } \frac{|N_2|}{A_2 f_{y,d}} = \frac{173,29 \cdot 10^3}{6,95 \cdot 10^{-4} \cdot 323 \cdot 10^6} = 0,771 > 0,5, \text{ tai santvaros juostoje veikiančios ašinės}$$

jėgos įtakos koeficientas γ_0 :

$$\gamma_0 = 1,5 - \frac{|N_2|}{A_0 \cdot f_{y,d}} = 1,5 - 0,771 = 0,728 \quad (93)$$

Santvaros juostos iškyša:

$$a = \frac{b_0 - b_2}{2} = \frac{0,16 - 0,05}{2} = 0,055 \text{ m.} \quad (94)$$

$$\text{Tinklelio ir juostos sąlyčio atkarpos ilgis: } c = \frac{h_2}{\sin \alpha} = \frac{0,05}{\sin 42^\circ} = 0,075 \text{ m.} \quad (95)$$

Pusė tarpo tarp santvaros tinklelio strypų:

$$g = 0,055 / 2 = 0,0275 \text{ m.} \quad (96)$$

$$\text{Kadangi } \frac{b_2}{b_0} = \frac{0,05}{0,16} = 0,3125 < 0,9 \text{ ir } \frac{g}{c} = \frac{0,0275}{0,075} = 0,36 > 0,25, \text{ tai santvaros viršutinės juostos,}$$

veikiamos tempiamojo spyrio, išplėšimo atsparis tikrinamas pagal šią nelygybę (pagal Reglamento [7] 90 p.):

$$\left| N_{1(2)} \right| + \frac{1,7 |M_{1(2)}|}{h_{1(2)}} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 \gamma_0 f_{y,d} t_0^2 (c + \sqrt{2b_0 a})}{a \sin \theta_{1(2)}} \quad (97)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\gamma_c \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_0 \cdot f_{y,d} \cdot t_0^2 (c + \sqrt{2 \cdot b_0 \cdot a})}{a \cdot \sin \theta_2} = \\ & = \frac{0,95 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 3,23 \cdot 10^5 \cdot 0,01^2 (0,075 + \sqrt{2 \cdot 0,16 \cdot 0,055})}{0,055 \cdot \sin 42} = 64,12 \text{ kN} \end{aligned}$$

$173,29 \text{ kN} > 64,12 \text{ kN}$ Santvaros viršutinės juostos, veikiamos tempiamojo strypo, išplėšimo atsparis yra **nepakankamas**, todėl keičiamas skerspjūvis į mažiausią turinti pakankamą išplėšimo atsparį – **100x100x4**.

Perskaičiuojama:

$$\text{Kadangi } \frac{|N_2|}{A_2 f_{y,d}} = \frac{173,29 \cdot 10^3}{14,9 \cdot 10^{-4} \cdot 323 \cdot 10^6} = 0,36 < 0,5, \text{ tai santvaros juostoje veikiančios ašinės}$$

jėgos įtakos koeficientas $\gamma_0 = 1$

Santvaros juostos iškyša:

$$a = \frac{b_0 - b_2}{2} = \frac{0,16 - 0,1}{2} = 0,03 \text{ m.} \quad (98)$$

$$\text{Tinklelio ir juostos sąlyčio atkarpos ilgis: } c = \frac{h_2}{\sin \alpha} = \frac{0,1}{\sin 42^\circ} = 0,150 \text{ m.} \quad (99)$$

Pusė tarpo tarp santvaros tinklelio strypų:

$$g = 0,018 / 2 = 0,009 \text{ m.} \quad (100)$$

$$\text{Kadangi } \frac{b_2}{b_0} = \frac{0,1}{0,16} = 0,625 < 0,9 \text{ ir } \frac{g}{c} = \frac{0,009}{0,150} = 0,06 < 0,25, \text{ tai santvaros viršutinės juostos,}$$

veikiamos tempiamojo spyrio, išplėšimo atsparis tikrinamas pagal šią nelygybę (pagal Reglamento [7] 89 p.):

$$\left| N_{1(2)} \right| + \frac{1,5 |M_{1(2)}|}{h_{1(2)}} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 \gamma_0 f_{y,d} t_0^2 (b + g + \sqrt{2b_0 a})}{(0,4 + 1,8g / c_{1(2)}) a \sin \theta_{1(2)}} \quad (101)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\gamma_c \gamma_1 \gamma_0 f_{y,d} t_0^2 (b + g + \sqrt{2b_0 a})}{(0,4 + 1,8g / c_{1(2)}) a \sin \theta_{1(2)}} = \\ & = \frac{0,95 \cdot 1,2 \cdot 1,3,23 \cdot 10^5 \cdot 0,01^2 (0,1 + 0,009 + \sqrt{2 \cdot 0,16 \cdot 0,03})}{0,03 \cdot \sin 42} = 268,91 \text{ kN} \end{aligned}$$

$173,29 \text{ kN} < 268,91 \text{ kN}$ Santvaros viršutinės juostos, veikiamos tempiamojo strypo, išplėšimo atsparis yra **pakankamas**.

Tinklelio elemento atspario tikrinimas jo prijungimo prie juostos srityje

Koeficientas, įvertinantis tinklelio elemento sienutės liaunį ir plieno stiprį, $k = 1$, nes

$$b_2 / t_2 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot f_{yd}^2 - 0,2 \cdot f_{yd} + 81,8; \quad (102)$$

$$\frac{100}{4} < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot 323^2 - 0,2 \cdot 323 + 81,8;$$

$$25 < 242,77$$

Nustatant sienutės liaunį, naudojami tinklelio skerspjūvio matmenys.

Tinklelio elemento atspario tikrinimo sąlyga esant kvadratiniam skerspjūviui,

$$|N_2| + \frac{0,5|M_2|}{h_2} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 k f_{yd} A_2}{1 + \frac{0,013 \cdot b_0}{t_0}} \quad (103)$$

$$M_2 = 0$$

$$173,29 \text{ kN} < \frac{0,95 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 323 \cdot 14,9 \cdot 10^{-4}}{1 + \frac{0,013 \cdot 0,16}{0,006}} = 407,41 \text{ kN}$$

Tinklelio elemento atsparis jo prijungimo prie juostos srityje yra pakankamas.

Virintinių siūlių, jungiančių tinklelio elementus prie juostų, atspario tikrinimas

$1,2 \cdot t = 1,2 \cdot 4 = 4,8 \text{ mm} \geq k_f = 4 \text{ mm}$ Pasirenkamas minimalus statinis $k_f = 4 \text{ mm}$.

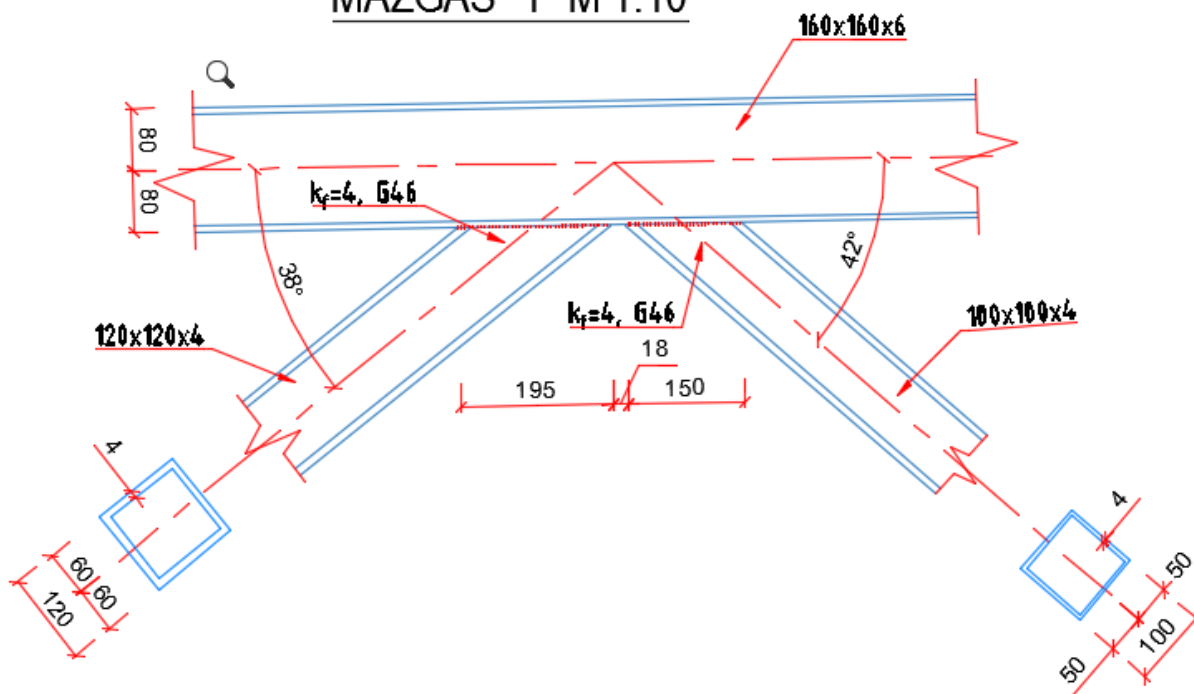
$$\left(|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \right) \frac{0,75 + \frac{0,01 \cdot b_0}{t_0}}{\beta_{wf} \cdot k_f \cdot \left(\frac{2 \cdot h_1}{\sin \theta_1} + b_1 \right)} \leq \gamma_c f_{vw,f,d} \quad (104)$$

$$173,29 \cdot 10^{-3} \frac{0,75 + \frac{0,01 \cdot 0,16}{0,006}}{0,9 \cdot 0,004 \cdot \left(\frac{2 \cdot 0,1}{\sin 42} + 0,1 \right)} \leq 0,9 \cdot 233,2$$

$$122,66 \text{ MPa} < 221,54 \text{ MPa} \quad - \text{Sąlygą tenkinama}$$

Kertinių siūlių, jungiančių tempiamą tinklelio elementą su juosta, atsparis yra **pakankamas**.

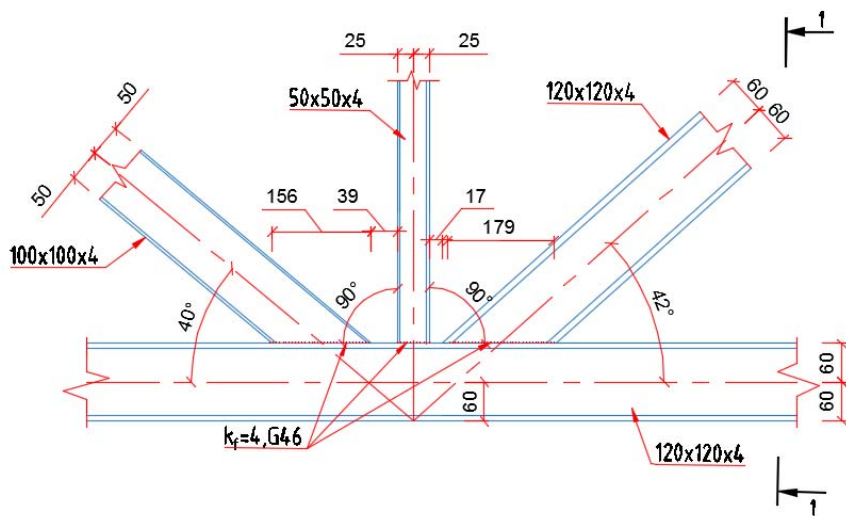
MAZGAS "1" M 1:10



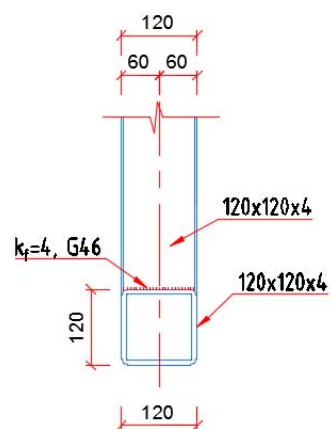
3.10 pav. Mazgas „1“

3.2.5 Mazgo „2“ projektavimas

MAZGAS "2" M 1:10



Pjūvis 1-1 M 1:10



3.11 pav. Mazgas „2“

Santvaros tinklelio spyrių ir apatinės juostos jungties laikomosios galios tikrinimas
Apatinės juostos irtis

Koeficiento β skaičiavimas:

$$\beta = \frac{b_1 + b_2 + b_3 + h_1 + h_2 + h_3}{6 \cdot b_0} = \frac{120 + 100 + 50 + 120 + 100 + 50}{6 \cdot 120} = 0,75 \quad (105)$$

Juosta apačioje yra tempiama, todėl $k_n=1,0$. Koeficientas γ :

$$\gamma = \frac{b_0}{2 \cdot t_0} = \frac{0.12}{2 \cdot 0.004} = 15 \quad (106)$$

Juostos viršaus atsparumas irčiai:

$$N_{1,Rd} = \frac{8,9 \cdot k_n \cdot f_{0,yd} \cdot t_0^2 \cdot \sqrt{\gamma} \cdot \beta}{\sin \theta_1 \cdot \gamma_{M5}} = \frac{8,9 \cdot 1 \cdot 323 \cdot 10 \cdot 0.004^2 \cdot \sqrt{15} \cdot 0,75}{\sin 42 \cdot 1} = 199,71 kN \quad (107)$$

Juostos šlyties skaičiavimas

$$g = 0,017 \text{ m.}$$

Koeficientas α :

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{4 \cdot g^2}{3 \cdot t_0^2}}} = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{4 \cdot 0,017^2}{3 \cdot 0,004^2}}} = 0.199 \quad (108)$$

$$A_v = (2 \cdot h_0 + \alpha \cdot b_0) \cdot t_0 = (2 \cdot 120 + 0,199 \cdot 120) \cdot 4 = 1055,8 mm^2 \quad (109)$$

$$N_{2,Rd} = \frac{f_{0,yd} \cdot A_v}{\sqrt{3} \cdot \sin \theta_2 \cdot \gamma_{M5}} = \frac{323 \cdot 1055,8 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3} \sin 40 \cdot 1} = 294,32 kN \quad (110)$$

Tinklelio elemento irtis

Efektyvusis plotis:

$$b_{eff} = \frac{10 \cdot f_{0,yd} \cdot t_0}{\frac{b_0}{t_0} \cdot f_{1,yd} \cdot t_1} \cdot b_1 = \frac{10 \cdot 323 \cdot 0.004}{\frac{0.12}{0.004} \cdot 323 \cdot 0.04} \cdot 0.12 = 0.04 \text{ m} = 4 \text{ mm} \leq b_1 = 120 \text{ mm} \quad (111)$$

Tinklelio elemento irties atsparumas:

$$\begin{aligned} N_{3,Rd} &= f_{1,yd} \cdot t_1 \cdot (2 \cdot h_1 - 4 \cdot t_1 + b_1 + b_{eff}) = \\ &= 323 \cdot 0.004 \cdot (2 \cdot 0.12 - 4 \cdot 0.004 + 0.12 + 0.04) \cdot 10^3 = 496,13 \text{ kN} \end{aligned} \quad (112)$$

Praspaudžiamoji kerpamoji irtis

Plotis $b_{e,p}$:

$$b_{e,p} = \frac{10 \cdot t_0}{b_0} = \frac{10 \cdot 4}{120} = 0,333 \quad (113)$$

Praspaudžiamosios kerpamosios irties atsparumas:

$$\begin{aligned} N_{4,Rd} &= \frac{f_{0,yd} \cdot t_0}{\sqrt{3} \cdot \sin \theta_1 \cdot \gamma_{M5}} \cdot \left(\frac{2 \cdot h_1}{\sin \theta_1} + b_1 + b_{e,p} \right) = \\ &= \frac{333 \cdot 10^3 \cdot 0.004}{\sqrt{3} \sin 42 \cdot 1} \cdot \left(\frac{2 \cdot 0,12}{\sin 42} + 0,12 + 0,333 \right) = 905,44 \text{ kN} \end{aligned} \quad (114)$$

Skaičiuojamo mazgo stiprumas

$$N_{2,Ed} \cdot \sin \theta_2 + N_{3,Ed} \cdot \sin \theta_3 \leq N_{Rd,\min} \cdot \sin \theta_1 \quad (115)$$

$$98,22 \cdot \sin 40 + 45,92 \cdot \sin 90 = 109,05 \text{ kN} < 199,71 \cdot \sin 42 = 128,35 \text{ kN}$$

$$N_{1,Ed} \cdot \sin \theta_1 \leq N_{Rd,\min} \cdot \sin \theta_1 \quad (116)$$

$$173,29 \cdot \sin 42 = 111,37 \text{ kN} < 199,71 \cdot \sin 42 = 128,35 \text{ kN}$$

Sąlygos **tenkinamos**.

Virintinių siūlių, jungiančių tinklelio elementus prie juostų, atspario tikrinimas

Virinti naudojama elektrodinė viela G46 (patikrinta mazge „A“)

Tikrinamas kertinių siūlių, jungiančių gniuždomąjį tinklelio elementą su juosta, atsparis:

$1,2 \cdot t = 1,2 \cdot 4 = 4,8 \text{ mm} \geq k_f = 4 \text{ mm}$ Pasirenkamas minimalus statinis $k_f = 4 \text{ mm}$.

$$\left(|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \right) \frac{0,75 + \frac{0,01 \cdot b_0}{t_0}}{\beta_{wf} \cdot k_f \cdot \left(\frac{2 \cdot h_1}{\sin \theta_1} + b_1 \right)} \leq \gamma_c f_{vw,f,d} \quad (117)$$

$$173,29 \cdot 10^{-3} \frac{0,75 + \frac{0,01 \cdot 0,12}{0,004}}{0,9 \cdot 0,004 \cdot \left(\frac{2 \cdot 0,12}{\sin 42} + 0,12 \right)} \leq 1 \cdot 233,2 \quad (118)$$

105,57 MPa < 233,2 MPa - Sąlygą tenkinama

Kertinių siūlių, jungiančių gniuždomąjį tinklelio elementą su juosta, atsparis yra **pakankamas**.

Tikrinamas kertinių siūlių, jungiančių tempiamąjį tinklelio elementą su juosta, atsparis:

$1,2 \cdot t = 1,2 \cdot 4 = 4,8 \text{ mm} \geq k_f = 4 \text{ mm}$ Pasirenkamas minimalus statinis $k_f = 4 \text{ mm}$.

$$\left(|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \right) \frac{0,75 + \frac{0,01 \cdot b_0}{t_0}}{\beta_{wf} \cdot k_f \cdot \left(\frac{2 \cdot h_2}{\sin \theta_2} + b_2 \right)} \leq \gamma_c f_{vw,f,d} \quad (119)$$

$$98,22 \cdot 10^{-3} \frac{0,75 + \frac{0,01 \cdot 0,12}{0,004}}{0,9 \cdot 0,004 \cdot \left(\frac{2 \cdot 0,1}{\sin 40} + 0,1 \right)} \leq 0,95 \cdot 233,2 \quad (120)$$

69,67 MPa < 221,54 MPa - Sąlygą tenkinama

Kertinių siūlių, jungiančių tempiamąjį tinklelio elementą su juosta, atsparis yra **pakankamas**.

Tikrinamas kertinių siūlių, jungiančių statramstį su juosta, atsparis:

$1,2 \cdot t = 1,2 \cdot 4 = 4,8 \text{ mm} \geq k_f = 4 \text{ mm}$ Pasirenkamas minimalus statinis $k_f = 4 \text{ mm}$.

$$\left(|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \right) \frac{0,75 + \frac{0,01 \cdot b_0}{t_0}}{\beta_{wf} \cdot k_f \cdot \left(\frac{2 \cdot h_3}{\sin \theta_3} + b_3 \right)} \leq \gamma_c f_{vw,f,d} \quad (121)$$

$$45,92 \cdot 10^{-3} \frac{0,75 + \frac{0,01 \cdot 0,12}{0,004}}{0,9 \cdot 0,004 \cdot \left(\frac{2 \cdot 0,05}{\sin 90} + 0,05 \right)} \leq 1 \cdot 233,2 \quad (122)$$

89,29 MPa < 233,2 MPa - Sąlygą tenkinama

Kertinių siūlių, jungiančių statramstį su juosta, atsparis yra **pakankamas**.

Ekscentriciteto įvertinimas mazge

Dėl apatinėje juostoje esančio ekscentriciteto, atsiranda papildomas momentas mazge.

Ekscentricitetas $e = 60 \text{ mm}$. Juostos: $A_{net} = 18,1 \text{ cm}^2$, $W_{y,net} = 67 \text{ cm}^3$.

$$M_{Ed} = M_{Ed} + e \cdot \frac{(N_{10} + N_4)}{2} = 0,75 + 0,060 \frac{(173,29 - 98,22)}{2} = 3 \text{ kNm} \quad (123)$$

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \right)^n + \frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} \leq 1,0;$$

$$M_{pl,Rd} = c_{pl,1} \cdot W_{net,min} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 1,07 \cdot 67 \cdot 10^{-3} \cdot 323 \cdot 0,95 = 22,0 \text{ kNm}; \quad (124)$$

$$N_{pl,Rd} = A_{net} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 18,1 \cdot 10^2 \cdot 323 \cdot 10^{-3} \cdot 0,95 = 555,4 \text{ kN};$$

čia: $c_{pl,1} = 1,07$ [[6] 7.5 lentelė], $\gamma_c = 0,95$ [[6], 7.1 lentelė], $n = 1,5$ [[6], 7.5 lentelė].

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \right)^n + \frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \left(\frac{173,29}{555,4} \right)^{1,5} + \frac{3}{22} = 0,31 \leq 1,0 \quad (125)$$

Sąlyga tenkinama.

3.2.6 Mazgo "3" projektavimas

Viršutinės juostos flanšinė jungtis

Sujungimą veikia $N_{Ed} = 427,02$ kN įraša. Kaip jungės naudojami 8.8 kokybės klasės varžtai M20, jungės storis parenkamas - 20 mm.

Skaičiuotinis varžtų tempiamasis plieno stipris:

$$f_{bt,d} = 0,50 \cdot f_{bu} = 0,50 \cdot 800 = 400 \text{ N/mm}^2. \quad (126)$$

Skaičiuotinis vieno varžto tempiamasis atsparis apskaičiuojamas:

$$F_{bt,Rd} = f_{bt,d} \cdot A_{b,net} = 400 \cdot 0,245 = 98 \text{ kN}. \quad (127)$$

čia: $A_{b,net}$ - varžto grynasis skerspjūvio plotas

Reikiamas varžtų skaičius ([6], 8 priedas):

$$n = \frac{N_{Ed}}{\gamma_c \cdot F_{bt,Rd}} = \frac{427,02}{0,85 \cdot 98} = 5,12. \quad (128)$$

Priimame jungčiai $n = 6$ varžtus.

Varžtų išdėstymo apribojimai ([6], 7.31 lentelė) :

- mažiausias atstumas tarp varžtų centrų: $2,5 \cdot d_0 = 2,5 \cdot 22 = 55 \text{ mm}$ (129)

- mažiausias atstumas nuo varžto centro iki elemento krašto : $1,5 \cdot d_0 = 1,5 \cdot 22 = 33 \text{ mm}$ (130)

- didžiausias atstumas nuo varžto centro iki elemento krašto: $4 \cdot d_0 = 4 \cdot 22 = 88 \text{ mm}$ (131)

- didžiausias atstumas tarp varžtų centrų: $8 \cdot d_0 = 8 \cdot 22 = 176 \text{ mm}$ (132)

čia: d_0 - varžto skylės skersmuo (varžtų skylės turi būti didesnės už varžto skersmenį) ([6], 7 priedas, 3.1 lentelė).

Kertinių siūlių, jungiančių jungę su jungiamuoju elementu, stiprumas turi būti tikrinamas dviejuose pjūviuose: per siūlės metalo pjūvį; per sulydimo srities metalo pjūvį [6]. Tikrinamas suvirinimo siūlės stiprumas, kuri jungia juostą ir jungės plokštelę.

$l_{w,eff}$ – vienos virintinės siūlės skaičiuojamasis ilgis, imamas 10 mm trumpesnis nei visas jos geometrinis ilgis.

Skaičiuojamasis siūlės ilgis:

$$l_{w,eff} = l - 10 \text{ mm} = (2 \cdot b_1 + 2 \cdot b_2) - 10 = (4 \cdot 160) - 10 = 630 \text{ mm} . \quad (133)$$

Jungties suvirinimui naudosime **G 35** elektrodinę vielą, kurios stipris $f_{vw,u} = 440 \text{ MPa}$. Suvirinimo būdas – pusiau automatinis, kai $d_w = 1,4 - 2 \text{ mm}$; siūlės padėtis – gulsčioji stačioji. Tuomet $\beta_{wf} = 0,9$, o $\beta_{wz} = 1,05$ ([6] 7.30 lentelė).

Skaičiuotinis kerpamasis stipris per siūlės metalą, apskaičiuojamas taip:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \cdot \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \cdot \frac{440}{1,25} = 193,6 \text{ MPa} \quad (134)$$

Skaičiuotinis kerpamasis stipris per sulydymo srities metalą, apskaičiuojamas taip:

$$f_{vw,z,d} = 0,45 \cdot f_u = 0,45 \cdot 490 = 220,5 \text{ MPa} \quad (135)$$

Ieškome silpnesciojo iš dviejų pjūvių:

$$f_{vw,z,d} \cdot \beta_{wz} = 220,5 \cdot 1,05 = 231,525 \text{ MPa} \quad (136)$$

$$f_{vw,f,d} \cdot \beta_{wf} = 193,6 \cdot 0,9 = 174,24 \text{ MPa} \quad (137)$$

Nustatėme, jog jungtyje silpnescnis pjūvis yra per siūlės metalą, todėl tolesnius skaičiavimus atliksime šiam pjūviui.

Galimi siūlės statinio aukščiai:

$$k_{f,min} = 7 \text{ mm} \leq k_f \leq k_{f,max} = 1,2 \cdot t_1 = 1,2 \cdot 6 = 7,2 \text{ mm} \text{ priimame } k_f = 7 \quad (138)$$

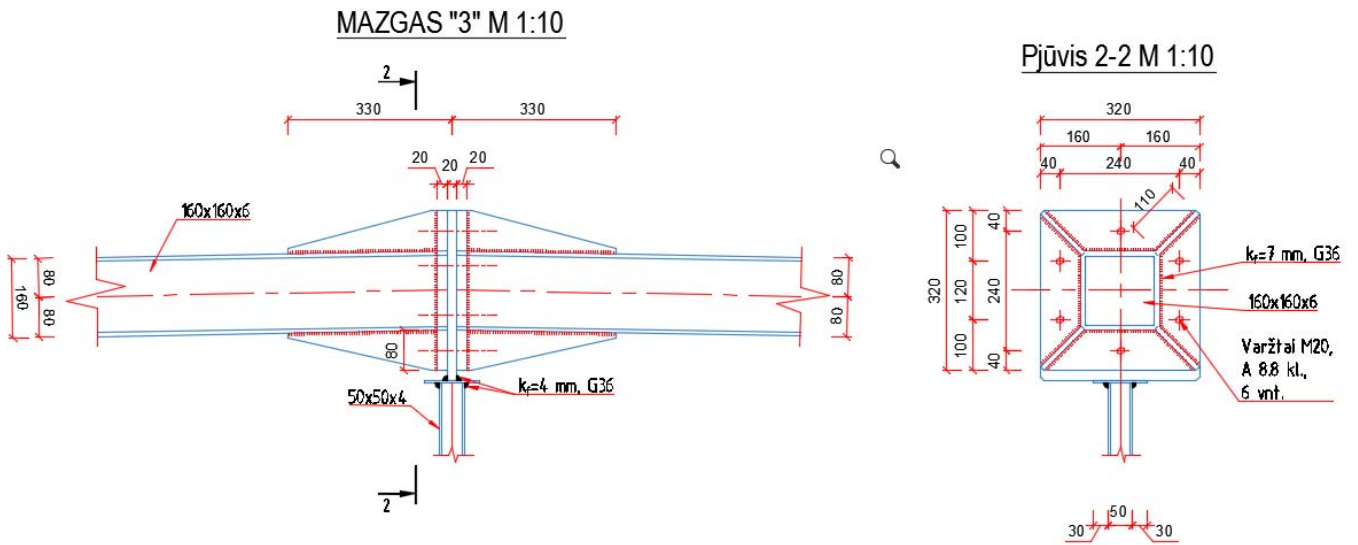
Skaičiuotinis siūlės ilgis:

$$l_{w,eff} = 4 \cdot 0,16 - 0,01 = 0,63 \text{ m} \quad (139)$$

Tada:

$$\frac{N_{Ed}}{\beta_{wf} \cdot k_f \cdot l_{w,eff} \cdot f_{vw,f,d} \cdot \gamma_c} = \frac{427,02 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 0,007 \cdot 0,63 \cdot 193,6 \cdot 1,0} = 0,555 \leq 1,0 \quad (140)$$

Sąlyga tenkinama.



3.12 pav. Mazgas „3“

3.2.7 Mazgo „4“ projektavimas

Apatinės juostos flanšinė jungtis

Apatinei juostai jungti naudojami flanšai. Sujungimą veikia $N_{Ed} = 417,33$ kN. Kaip jungės naudojami 8.8 kokybės klasės varžtai M20 varžtai, jungės storis parenkamas - 20 mm.

Skaičiuotinis varžtų tempiamasis plieno stipris:

$$f_{bt,d} = 0,50 \cdot f_{bu} = 0,50 \cdot 800 = 400 \text{ N / mm}^2 . \quad (141)$$

Skaičiuotinis vieno varžto tempiamasis atsparis apskaičiuojamas:

$$F_{bt,Rd} = f_{bt,d} \cdot A_{b,net} = 400 \cdot 0,245 = 98 \text{ kN} . \quad (151)$$

čia: $A_{b,net}$ - varžto grynasis skerspjūvio plotas

Centriškai tempiamų jungių su uždaro profilio jungiamaisiais elementais stiprumas yra pakankamas, kai ([6], 8 priedas):

$$N_{Ed} \leq n \cdot k_2 \cdot F_{bt,Rd} \quad (152)$$

$$20 \leq t_f \leq 40 \text{ mm}$$

n – visas jungties varžtų skaičius; t_f – flanšo storis; k_2 – koeficientas iš ([6], 8 priedo 2.5 lentelės): $k_2=0,85$.

Reikiamas varžtų skaičius ([6], 8 priedas):

$$n = \frac{N_{Ed}}{\gamma_c \cdot F_{bt,Rd}} = \frac{417,33}{0,85 \cdot 98} = 5,01. \quad (153)$$

Priimame jungčiai $n = 6$ varžtus.

Varžtų išdėstymo apribojimai ([6], 7.31 lentelė) :

- mažiausias atstumas tarp varžtų centrų: $2,5 \cdot d_0 = 2,5 \cdot 22 = 55 \text{ mm}$ (154)

- mažiausias atstumas nuo varžto centro iki elemento krašto : $1,5 \cdot d_0 = 1,5 \cdot 22 = 33 \text{ mm}$ (155)

- didžiausias atstumas nuo varžto centro iki elemento krašto: $4 \cdot d_0 = 4,0 \cdot 22 = 88 \text{ mm}$ (156)

- didžiausias atstumas tarp varžtų centrų: $8 \cdot d_0 = 8,0 \cdot 22 = 176 \text{ mm}$ (157)

čia: d_0 - varžto skylės skersmuo (varžtų skylės turi būti didesnės už varžto skersmenį) ([6], 7 priedas, 3.1 lentelė).

Kertinių siūlių, jungiančių jungę su jungiamuoju elementu, stiprumas turi būti tikrinamas dviejuose pjūviuose: per siūlės metalo pjūvį; per sulydimo srities metalo pjūvį (2.05.08:2005). Tikrinamas suvirinimo siūlės stiprumas, kuri jungia apatinę juostą ir jungės plokštelę.

$l_{w,eff}$ – vienos virintinės siūlės skaičiuojamasis ilgis, imamas 10 mm trumpesnis nei visas jos geometrinis ilgis.

Skaičiuojamasis siūlės ilgis:

$$l_{w,eff} = l - 10 \text{ mm} = (2 \cdot b_1 + 2 \cdot b_2) - 10 = (4 \cdot 120) - 10 = 470 \text{ mm} . \quad (158)$$

Jungties suvirinimui naudosime **G 35** elektrodinę vielą, kurios stipris $f_{vw,u} = 440 \text{ MPa}$. Suvirinimo būdas – pusiau automatinis, kai $d_w = 1,4 - 2 \text{ mm}$; siūlės padėtis – gulsčioji stačioji. Tuomet $\beta_{wf} = 0,9$, o $\beta_{wz} = 1,05$ ([6] 7.30 lentelė).

Skaičiuotinis kerpamasis stipris per siūlės metalą, apskaičiuojamas taip:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \cdot \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \cdot \frac{440}{1,25} = 193,6 \text{ MPa} \quad (159)$$

Skaičiuotinis kerpamasis stipris per sulydymo srities metalą, apskaičiuojamas taip:

$$f_{vw,z,d} = 0,45 \cdot f_u = 0,45 \cdot 490 = 220,5 \text{ MPa} \quad (160)$$

Ieškome silpnesniojo iš dviejų pjūvių:

$$f_{vw,z,d} \cdot \beta_{wz} = 220,5 \cdot 1,05 = 231,525 \text{ MPa} \quad (161)$$

$$f_{vw,f,d} \cdot \beta_{wf} = 193,6 \cdot 0,9 = 174,24 \text{ MPa} \quad (162)$$

Nustatėme, jog jungtyje silpnesnis pjūvis yra per siūlės metalą, todėl tolesnius skaičiavimus atliksime šiam pjūviui.

Galimi siūlės statinio aukščiai:

$$k_f \leq k_{f,max} = 1,2 \cdot t_1 = 1,2 \cdot 4 = 4,8 \text{ mm} \quad \text{Priimame } k_f = 4 \text{ mm} \quad (163)$$

Skaičiuotinis siūlės ilgis:

$$l_{w,eff} = 4 \cdot 0,12 - 0,01 = 0,47 \text{ m} \quad (164)$$

Tada:

$$\frac{N_{Ed}}{\beta_{wf} \cdot k_f \cdot l_{w,eff} \cdot f_{vw,f,d} \cdot \gamma_c} = \frac{417,33 \cdot 10^{-3}}{0,9 \cdot 0,004 \cdot 0,47 \cdot 193,6 \cdot 1,0} = 1,27 > 1,0 \quad (165)$$

Sąlyga netenkinama, todėl elektrodinės vielos klasė keičiama į G55.

Skaičiuotinis kerpamasis stipris per siūlės metalą, apskaičiuojamas taip:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \cdot \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \cdot \frac{640}{1,25} = 281,6 \text{ MPa} \quad (166)$$

Ieškome silpnescniojo iš dviejų pjūvių:

$$f_{vw,z,d} \cdot \beta_{wz} = 220,5 \cdot 1,05 = 231,525 \text{ MPa} \quad (167)$$

$$f_{vw,f,d} \cdot \beta_{wf} = 281,6 \cdot 0,9 = 253,44 \text{ MPa} \quad (168)$$

Nustatėme, jog jungtyje silpnescnis pjūvis yra per sulydymo srities metalą, todėl tolesnius skaičiavimus atliksime šiam pjūviui.

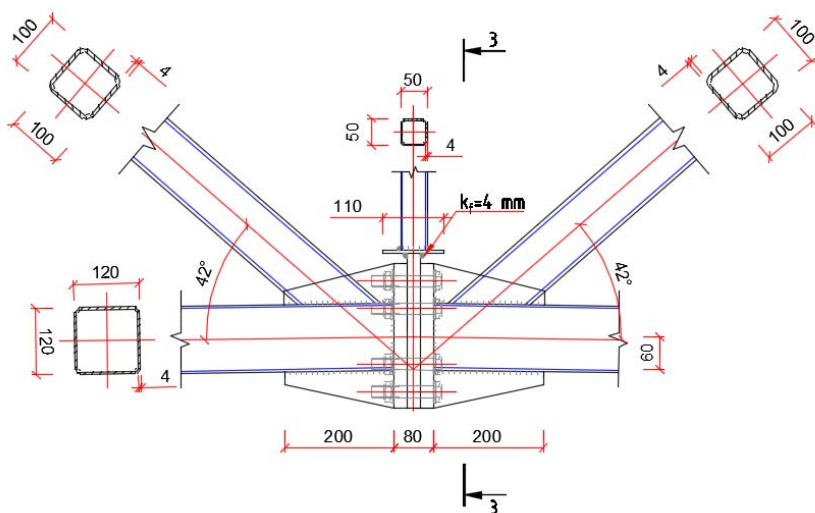
Tada, pagal 2 (sulydymo srities) pjūvį, [6] 152p.:

$$\frac{N_{Ed}}{\beta_{wz} k_f \sum l_{w,eff} f_{vw,z,d} \gamma_c} \leq 1,0 \quad (169)$$

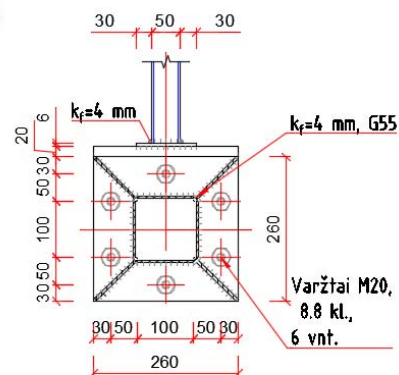
$$\frac{N_{Ed}}{\beta_{wz} k_f l_{w,eff} f_{vw,z,d} \gamma_c} = \frac{417,33 \cdot 10^{-3}}{1,05 \cdot 0,004 \cdot 0,47 \cdot 220,5 \cdot 1,0} = 0,959 < 1,0 \quad (170)$$

Sąlyga tenkinama.

MAZGAS "4" M 1:10



Pjūvis 3-3 M 1:10



3.13 pav. Mazgas „4“

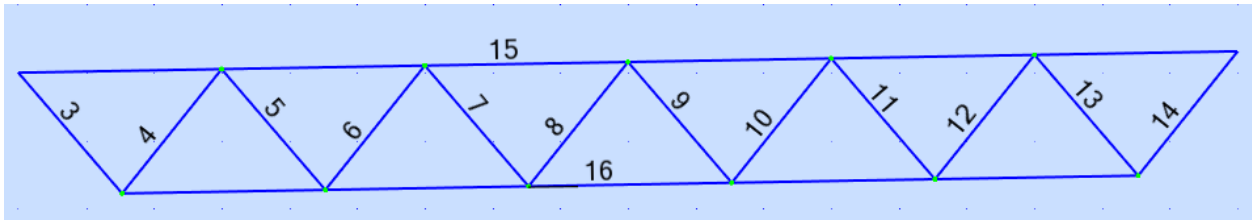
3.11 lentelė. Santvaros SN1 medžiagų kiekių suvestinė

| SANTVAROS SN-1 MEDŽIAGŲ KIEKIŲ ŽINIARAŠTIS | | | | | | | |
|--|-----------------------|-----------------|------------|---------------|----------------|----------------------------|------------------|
| Pavadinimas ir techninės charakteristikos | | | | | Kiekis, vnt | Gaminio plieno masė, kg | |
| Pavadinimas | Profilis | Markė, tipas | Ilgis m | 1m masė kg | | vieno elemento | visų elementų |
| <u>SANTVARA SN1</u> | | | | | 7 | | |
| Viršutinė juosta | kvadratinis 160x160x6 | S355J2H | 11,78 | 28,3 | 2 | 333,37 | 666,75 |
| Apatinė juosta | kvadratinis 120x120x4 | S355J2H | 11,77 | 14,2 | 2 | 167,13 | 334,27 |
| Gniuždomas spyris | kvadratinis 120x120x4 | S355J2H | 3,6 | 14,2 | 2 | 51,12 | 102,24 |
| Tempiamas spyris | kvadratinis 120x120x4 | S355J2H | 3,7 | 11,7 | 2 | 43,29 | 86,58 |
| Gniuždomas spyris | kvadratinis 120x120x4 | S355J2H | 3,9 | 14,2 | 2 | 55,38 | 110,76 |
| Tempiamas spyris | kvadratinis 120x120x4 | S355J2H | 3,9 | 11,7 | 2 | 45,63 | 91,26 |
| Statramstis | kvadratinis 50x50x4 | S355J2H | 2,46 | 5,45 | 2 | 13,41 | 26,81 |
| Statramstis | kvadratinis 50x50x4 | S355J2H | 2,5 | 5,45 | 1 | 13,63 | 13,63 |
| Suma: | | | | | | 1432,30 | |
| Suvirinimui (1%) | | | | | | | 14,32 |
| Papildomi plieno lakštai (3%) | | | | | | | 42,97 |
| Varžtai (0,3%) | | | | | | | 4,30 |
| Viso: | | | | | | 1493,88 | |
| Visoms santvaroms plieno: | | | | | | 10457,19 | |

3.3 Santvarų SN2, SN3 skaičiavimas

Projektuojama vienšlaitė plieninė santvara SN2.

Santvaros elementai projektuojami iš stačiakampių vamzdinių profilių. Elementų parinkimas ir skaičiavimas atliekamas kompiuterine skaičiavimo programa „Autodesk Robot Structural Analysis“. Įrašos skaičiuojamos pagal pavojingiausią apkrovos derinį.



3.14 pav. SN2 Santvaros schema

3.12 lentelė. Didžiausios įrašos veikiančios santvaros elementus

| Santvaros elementas | Elemento numeris | Apkrovų derinys | Maksimali skaičiuojamoji įraša | | |
|---------------------|------------------|-----------------|--------------------------------|---------------|----------------|
| | | | N_{ED} , kN | V_{ED} , kN | M_{ED} , kNm |
| Viršutinė juosta | 15 | COMB2 | 369,70 | 30,38 | 14,09 |
| | 16 | | | | |
| Apatinė juosta | 18 | COMB2 | 390,24 | 0,16 | 0,56 |
| | 19 | | | | |
| Išoriniai spyriai | 3 | COMB2 | 173,25 | - | - |
| | 4 | | | - | - |
| | 5 | | | - | - |
| | 6 | | | - | - |
| | 11 | | | - | - |
| | 12 | | | - | - |
| | 13 | | | - | - |
| Vidiniai spyriai | 7 | COMB2 | 33,34 | - | - |
| | 8 | | | - | - |
| | 9 | | | - | - |
| | 10 | | | - | - |

Santvara SN2 ir jos mazgai suprojektuoti programa „Autodesk Robot Structural Analysis“. Santvaros elementų profiliai, ilgiai, kiekiai parodyti 3.13 lentelėje.

3.13 lentelė. Santvaros SN2 plieno kiekio suvestinė

| Pavadinimas ir techninės charakteristikos | | | | | | Gaminio plieno masė, kg | |
|---|-----------------------|--------------|-------|---------|-------------|---------------------------------------|---------------|
| Pavadinimas | Profilis | Markė, tipas | Ilgis | 1m masė | Kiekis, vnt | vieno elemento | visų elementų |
| | | | m | kg | | | |
| <u>Santvara SN-2</u> | | | | | | 34 | |
| Viršutinė juosta | kvadratinis 150x150x6 | S275J2H | 18 | 26,4 | 1 | 475,20 | 475,20 |
| Apatinė juosta | kvadratinis 100x100x4 | S275J2H | 15,4 | 11,7 | 1 | 180,18 | 180,18 |
| Išoriniai spyriai | kvadratinis 80x80x4 | S275J2H | 2,34 | 9,22 | 8 | 21,57 | 172,60 |
| Vidiniai spyriai | kvadratinis 60x60x3 | S275J2H | 2,34 | 5,19 | 4 | 12,14 | 48,58 |
| | | | | | | Suma: | 827,98 |
| | | | | | | Suvirinimui (1%) | 8,28 |
| | | | | | | Papildomi plieno lakštai (3%) | 24,84 |
| | | | | | | Varžtai (0,3%) | 2,48 |
| | | | | | | Viso: | 863,58 |
| | | | | | | Visoms (34) santvaroms plieno: | 29362 |

Projektuojama vienšlaitė medinė santvara SN3 programa „Autodesk Robot Structural Analysis“. Skaičiavimai parodyti 2 priede. Santvaros elementų profiliai, ilgiai, kiekiai parodyti 3.14 lentelėje.

3.14 lentelė. Santvaros SN3 medienos kiekio suvestinė

| Pavadinimas ir techninės charakteristikos | | | | | | Gaminio medienos masė, kg | | |
|---|---------------------|-------|-------------------|-------|----------------|--------------------------------|----------------|---------------|
| Pavadinimas | Skerspjūvis | Klasė | Tankis | Ilgis | Tūris | Kiekis, vnt | vieno elemento | visų elementų |
| | | | kg/m ³ | m | m ³ | | | |
| <u>Santvara SN-3</u> | | | | | | 34 | | |
| Viršutinė juosta | medinė sija 200x250 | GL24h | 520 | 18 | 0,9000 | 1 | 437,20 | 437,20 |
| Apatinė juosta | medinė sija 200x225 | GL24h | 520 | 18 | 0,8100 | 1 | 393,50 | 393,50 |
| Išoriniai Spyriai | medinė sija 125x140 | GL24h | 520 | 2,34 | 0,0410 | 8 | 21,29 | 170,32 |
| Vidiniai Spyriai | medinė sija 100x100 | GL24h | 520 | 2,34 | 0,0234 | 4 | 12,17 | 48,67 |
| | | | | | | Suma vienos: | 1049,70 | |
| | | | | | | Visoms (34) santvaroms: | 35689,8 | |

3.4 Plieninės kolonos K1 skaičiavimas

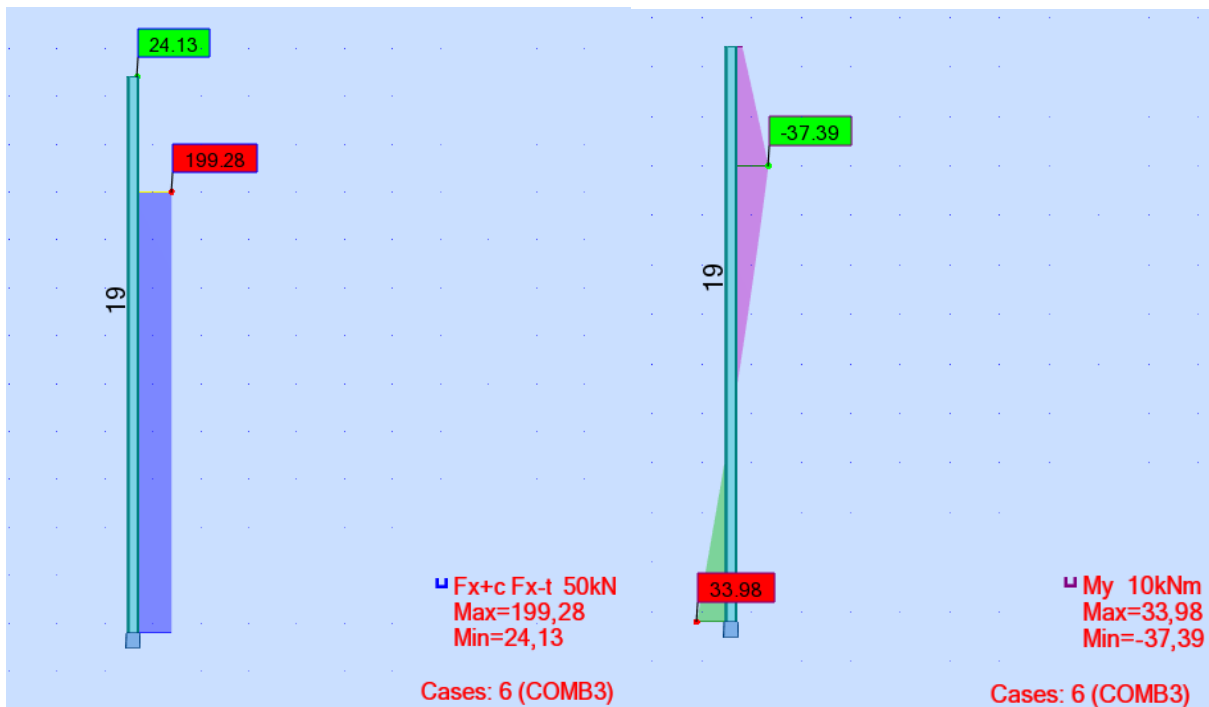
3.4.1 Kolonos charakteristikos

Projektuojamos kolonos įrašos skaičiuotos su programine įranga „Autodesk Robot“. Dėl susidariusio momento numatoma kolona bus skaičiuojama kaip ekscentriškai gniuždoma-lenkiama. Kolonos įgilinimas iki pamato viršaus parenkamas - 0,60 m.

$$\text{Kolonos aukštis: } h_k = H + 0,6 = 11,6 + 0,6 = 12,2 \text{ m.} \quad (171)$$

Čia: h_k – kolonos aukštis; H – aukštis pagal schemą

Pagal įrašas pavojingiausias apkrovų derinys – COMB3.



3.15 pav. Kolonos maksimalios įrašos - ašinė jėga ir momentai

Maksimalios įrašos:

$$N_{Ed} = 199,28 \text{ kN.}$$

$$M_{Ed} = 37,39 \text{ kNm;}$$

Iš sortimento parenkame HEA240. Charakteristikos:

3.15 lent. Profilio HEA240 charakteristikos.

| | | |
|----------------------------------|------------------------|-------------------------------|
| $W_{y,net} = 675,1 \text{ cm}^3$ | $h = 230 \text{ mm}$ | $A_{net} = 76,8 \text{ cm}^2$ |
| $W_{z,net} = 230,7 \text{ cm}^3$ | $b = 240 \text{ mm}$ | $P = 60,3 \text{ kg/m}$ |
| $I_y = 7763 \text{ cm}^4$ | $t_w = 7,5 \text{ mm}$ | $i_y = 10,05 \text{ cm}$ |
| $I_z = 2769 \text{ cm}^4$ | $t_f = 12 \text{ mm}$ | $i_z = 6,00 \text{ cm}$ |

Skaičiuotinis plieno stipris:

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_M} = \frac{355}{1,1} = 323 \text{ MPa}; \text{ (pakeistas į S275 žr. 4.3)} \quad (172)$$

čia f_y - charakteristinis plieno stipris pagal takumo ribą [[6] 6.5 lentelė]

γ_M - medžiagos patikimumo koeficientas [[6] 35p.]

3.4.2 Kolonos pastovumas momento veikimo plokštumoje

Kolonos skaičiuojamasis ilgis [[6] 103p.] :

$$l_{eff} = \mu l_c, \quad (173)$$

čia: l_c – kolonos aukštis; μ – skaičiuojamojo ilgio koeficientas.

$$l_{eff,y} = 0,7 \cdot 12,2 = 8,54 \text{ m} \quad (174)$$

Kolonos liaunis rėmo plokštumoje:

$$\lambda_y = \frac{l_{eff,y}}{i_y} = \frac{854}{10,05} = 84,98 \quad (175)$$

Kolonos sąlyginis liaunis:

$$\bar{\lambda}_y = \lambda_y \cdot \sqrt{\frac{f_{yd}}{E}} = 84,98 \cdot \sqrt{\frac{323}{210000}} = 3,33 \quad (176)$$

Skerspjūvio koeficiento k_{shape} [6]:

$$\frac{A_f}{A_w} = \frac{B \cdot t_f}{(h - 2 \cdot t_f) \cdot t_w} = \frac{240 \cdot 12}{(230 - 2 \cdot 12) \cdot 7.5} = 1,86 > 1 \quad (177)$$

$$k_{shape} = (1,9 - 0,1 \cdot e_{rel}) - 0,02 \cdot (6 - e_{rel}) \cdot \bar{\lambda}_y \quad (178)$$

Ašinės jėgos ekscentricitetas:

$$e = \frac{M_{ED}}{N_{ED}} = \frac{37390}{199280} = 0,1876m \quad (179)$$

Santykinis ekscentricitetas:

$$e_{rel} = \frac{e \cdot A}{W_c} = \frac{0,1876 \cdot 76,8 \cdot 10^{-4}}{675,1 \cdot 10^{-6}} = 2,13 \quad (180)$$

Skerspjūvio formos koeficientas:

$$k_{shape} = (1,9 - 0,1 \cdot e_{rel}) - 0,02 \cdot (6 - e_{rel}) \cdot \bar{\lambda}_y = (1,9 - 0,1 \cdot 2,13) - 0,02 \cdot (6 - 2,13) \cdot 3,33 = 1,43 \quad (181)$$

Kolonos santykinis lyginamasis ekscentricitetas:

$$e_{rel,eff} = k_{shape} \cdot e_{rel} = 1,43 \cdot 2,13 = 3,05 < 20 \quad (182)$$

Stiprumo sąlygos galima netikrinti.

Ekscentriškai gniuždomos kolonos pastovumas momento veikimo plokštumoje tikrinamas

pagal formulę:
$$\frac{N_{ED}}{N_{NM,c,Rd}} \leq 1 \quad (183)$$

Skaičiuotinis ekscentriškai gniuždomos kolonos pastovumo atsparis momento lenkimo plokštumoje:
$$N_{NM,c,Rd} = \varphi_e \cdot A \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c \quad (184)$$

Klupumo koeficientas φ_e nustatomas pagal [[6] 1 priedo 2 lentelę] interpoliuojant.

$$\bar{\lambda}_y \text{ ir } e_{rel,eff} \rightarrow \varphi_e = 0,240$$

$$\frac{N_{ED}}{N_{NM,c,Rd}} = \frac{199,28 \cdot 10^3}{0,24 \cdot 76,80 \cdot 10^{-4} \cdot 323 \cdot 10^6 \cdot 0,95} = \frac{199,28 \cdot 10^3}{566,0 \cdot 10^3} = 0,35 < 1 \quad (185)$$

Kolonos pastovumo atsparis lenkimo plokštumoje yra pakankamas. S355 markės plieną keičiame į S275.

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_M} = \frac{275}{1,1} = 250 MPa \quad (186)$$

Pasikeičia: $\varphi_e = 0,258$

$$\frac{N_{ED}}{N_{NM,c,Rd}} = \frac{199,28 \cdot 10^3}{0,258 \cdot 76,80 \cdot 10^{-4} \cdot 250 \cdot 10^6 \cdot 0,95} = \frac{199,28 \cdot 10^3}{471,46 \cdot 10^3} = 0,42 < 1 \quad (187)$$

$$\text{Ribinis liaunis: } \lambda_y = 84,98 < \lambda_u = 180 - 60\alpha = 180 - 60 \cdot 0,5 = 150; \quad (188)$$

Išvados: Kolonos pastovumo atsparis lenkimo plokštumoje yra pakankamas.

3.4.3 Kolonos pastovumas iš momento veikimo plokštumos

Elemento liaunis:

$$\lambda_z = \frac{l_{eff,z}}{i_z} = \frac{600}{6} = 100 \quad (189)$$

Kolonos skaičiuojamasis ilgis iš momento veikimo plokštumos $l_{eff,z}$ yra lygus atstumui tarp kolonos įtvirtinimo taškų statmenai momento veikimo plokštumai.

Sąlyginis elemento liaunis:

$$\bar{\lambda}_z = \lambda_z \cdot \sqrt{\frac{f_{y,d}}{E}} = 24,45 \cdot \sqrt{\frac{250}{210000}} = 3,45 \quad (190)$$

Didžiausiam momentui strypo ilgio viduriniame trečdalyje, bet ne mažiau kaip pusė didžiausio visame strypo ilgyje veikiančio momento. Maksimali lenkiamojo momento reikšmė viduriniame trečdalyje kolonos ilgio (27,32 kNm) yra didesnė nei pusė maksimalaus lenkiamojo momento:

$$M_z = 27,32 \text{ kNm} > \frac{M_{y,Ed}}{2} = 18,695 \text{ kNm} \quad (191)$$

Skaičiuojame ekscentricitetą iš rėmo plokštumos:

$$e_z = \frac{M_{z,Ed,z}}{N_{Ed}} = \frac{18,695}{199,28} = 0,1371 \text{ m}; \quad (192)$$

Santykinis ekscentricitetas:

$$e_{rel,z} = \frac{e_z \cdot A_{net}}{W_c} = \frac{0,1371 \cdot 76,80 \cdot 10^{-4}}{230,7 \cdot 10^{-6}} = 4,564 \quad (193)$$

Liaunis λ_c :

$$\lambda_c = 3,14 \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = 3,14 \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3}{250}} = 91,01. \quad (194)$$

Klupumo koeficientas interpoliuojant gaunamas: $\varphi_z = 0,530$.

Kadangi $e_{rel,y} = 2,13 < 5$, tai koeficientas c randamas:

$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha e_{rel,y}} = \frac{1,06}{1 + 0,76 \cdot 2,33} = 0,40; \quad (195)$$

Skaičiuotinis ekscentriškai gniuždomos kolonos lenkiamasis-sukamasis pastovumo atsparis:

$$N_{NM,TF,Rd} = c \cdot \varphi_z \cdot A \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c \quad (196)$$

$$N_{NM,TF,Rd} = 0,40 \cdot 0,530 \cdot 76,80 \cdot 10^{-4} \cdot 250 \cdot 10^3 \cdot 1,0 = 411,5 \text{ kN} \quad (197)$$

Tikrinamas kolonos pastovumas iš momentų veikimo plokštumos:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{NM,TF,Rd}} = \frac{199,28}{411,5} = 0,48 < 1,0 \quad (198)$$

$$\text{Ribinis liaunis: } \lambda_z = 100 < \lambda_u = 180 - 60\alpha = 180 - 60 \cdot 0,5 = 150; \quad (199)$$

Išvados: Kolonos pastovumo atsparis iš momento veikimo plokštumos yra pakankamas.

3.4.4 Kolonos skerspjūvio sienelės pastovumas

Tikrinamas kolonos sienelės pastovumas:

$$\frac{h_{\text{eff}}}{t_w} = \frac{230-2 \cdot 12}{7,5} = 27,46 < \bar{\lambda}_{wu} \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = 5,08 \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 10^3}{250}} = 147,23 ; \quad (200)$$

čia $\bar{\lambda}_1 = \bar{\lambda}_y = 3,33 > 2$, todėl [[6], 7.26 lentelė]:

$$\bar{\lambda}_{wu} = 1,20 + 0,35 \bar{\lambda}_1 = 1,2 + 0,35 \cdot 3,33^2 = 5,08 ; \quad (201)$$

h_{eff} – sienelės skaičiuojamasis aukštis.

Sienelės pastovumas – pakankamas.

3.4.5 Kolonos skerspjūvio juostos pastovumas

Didžiausias kolonos juostos nuosvyros pločio santykis su jos storiu:

$$\frac{b_{\text{eff}}}{t_f} = \frac{116,3}{12} = 9,69 < (0,36 + 0,10 \cdot \bar{\lambda}) \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = (0,36 + 0,10 \cdot 3,33) \sqrt{\frac{210000}{250}} = 20,08$$

Kolonos juostos liaunis neviršija ribinio. (202)

3.4.6 Kolonos bazės projektavimas

Ekscentriškai gniuždomų kolonų bazės konstruojamos pailgintos lenkiamojo momento plokštumoje. Kolonos ir pamato jungtis yra standžioji, t. y. atlaiko didelius lenkiamuosius momentus, todėl šių kolonų bazės yra konstruojamos su statlakščiais. Statlakščiai yra tvirtinami lenkiamojo momento plokštumoje. Statmena rėmui kryptimi kolonos paprastai laikomos įtvirtintos lanksčiai, nes atstumas tarp varžtų šia linkme yra santykinai nedidelis. [[6]8 priedas 69p.]

Skaičiuojant ekscentriškai gniuždomos išsitiesinės kolonos bazę, turi būti nustatyti šie parametrai:

- pado plokštės matmenys;
- statlakščių ir briaunų matmenys;
- inkarinių varžtų skersmenys;
- inkarinių plokščių matmenys;
- virintinių siūlių, prijungiančių statlakščius prie pado plokštės ir prie kolonos liemens,

parametrai. [[7] 72p.]

Kolonos liemu – HEA240. $H_k=230\text{mm}$; $b_k=240\text{mm}$; $t_w=7,5\text{mm}$; $t_f=12\text{mm}$. Statlakščių storis imamas – 10mm.

Kolonos bazė projektuojama kaip ekscentriškai gniuždomas elementas. Bazė projektuojama veikiant irąžoms: $N_{Ed} = 199,28 \text{ kN}$ ir $M_{Ed} = 33,98 \text{ kNm}$.

Pagal konstrukcinius reikalavimus imame, kad pado plokštės plotis [[7]73p.]:

$$b_1 = 2(t_{st} + c) + b_k = 2(10 + 80) + 240 = 420\text{mm} \quad (203)$$

$$L = h_k + 2c = 230 + 160 = 390 \text{ mm} \quad (204)$$

Pagal užduotį, pamatams naudojamas C12/15 klasės betonas.

Jo skaičiuojamasis gniuždymo ir tempimo stipris yra:

$$f_{cd} = \frac{\alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,9 \cdot 1,0 \cdot 12}{1,5} = 7,20 \text{ MPa}. \quad (205)$$

$$f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk0,05}}{\gamma_c} = 0,9 \cdot 1,0 \cdot \frac{1,1}{1,5} = 0,66 \text{ MPa}; \quad (206)$$

čia: α_{cc} – koeficientas, kuris priimamas $\alpha_{cc} = 1,0$.

f_{ck} - charakteristinis betono gniuždomasis stipris, pagal [8] 5 lentelę, $f_{ck} = 12 \text{ MPa}$;

α – koeficientas pagal reglamento [8] 43 punktą $\alpha = 0,9$;

γ_c - betono dalinis patikimumo koeficientas, pagal [8] 43.1.2 punktą $\gamma_c = 1,50$.

Glemžiamasis betono stipris apskaičiuojamas:

$$f_{cud} = \alpha \cdot w_u \cdot f_{cd} = 0,85 \cdot 1,5 \cdot 7,2 = 9,18 \text{ MPa} \quad (207)$$

čia: α – koeficientas, įvertinantis stačiakampio formos įtempių pasiskirstymo diagram; w_u – koeficientas, įvertinantis betono glemžiamojo stiprio padidėjimą; pagal metodinius nurodymus 1,2 – 1,5.

Reikiamas plokštės ilgis:

$$l = \frac{N}{2 \cdot b_1 \cdot f_{cud}} + \sqrt{\left(\frac{N}{2 \cdot b_1 \cdot f_{cud}}\right)^2 + \frac{6M}{b_1 \cdot f_{cud}}}$$

$$= \frac{199,28 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,34 \cdot 9,18} + \sqrt{\left(\frac{199,28 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,34 \cdot 9,18}\right)^2 + \frac{6 \cdot 33,98 \cdot 10^{-3}}{0,34 \cdot 9,18}} = 0,29 \text{ m.} \quad (208)$$

Paliekame bazės plokštės ilgį $l_1 = 0,39 \text{ m}$ $b_1 = 0,42 \text{ m}$, storis parenkamas pagal konstrukcinius reikalavimus: $t_{pl} = 25 \text{ mm}$.

Šoninio apspaudimo gniuždant efektyvumo koeficientas:

$$k_u = 0,8 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{ctd}} = 0,8 \cdot \frac{7,2}{0,66} = 8,72 < 14 ; \quad (209)$$

Pamato glemžimo plotas:

$$A_{c0} = b_1 \cdot l = 42 \cdot 39 = 1638 \text{ cm}^2 \quad (210)$$

Įtempių pasiskirstymo plotas pamate:

$$A_{c1} = B_p \cdot L_p = (2 \cdot b_1 + l) \cdot (2 \cdot l + b_1) = (2 \cdot 42 + 39) \cdot (2 \cdot 39 + 42) = 14760 \text{ cm}^2; \quad (211)$$

Skaičiuojame koeficientą, įvertinantį betono gniuždomojo stiprio padidėjimą:

$$w_u = 1 + k_u \cdot k_f \cdot \frac{f_{ctd}}{f_{cd}} \cdot \left(\sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} - 1 \right) \quad (212)$$

$$w_u = 1 + 8,72 \cdot 1,0 \cdot \frac{0,66}{7,2} \cdot \left(\sqrt{\frac{14760}{1638}} - 1 \right) = 3,2 > \omega_{u,max} = 2,5 \quad (213)$$

Priimame $w_u = 2,5$.

Čia: [[7]17 lent.] $k_f = 1,0$ – koeficientas įvertinantis betono šoninio apspaudimo nevienodumą; $\omega_{u,max} = 2,5$ ribinė betono glemžiamojo stiprio padidėjimo reikšmė.

Skaičiuojame kolonos pamato betono glemžiamąjį stiprį:

$$f_{cud} = \alpha \cdot w_u \cdot f_{cd} = 0,85 \cdot 2,5 \cdot 7,2 = 15,3 \text{ MPa}; \quad (214)$$

Tiksliname pado plokštės ilgį:

$$L = \frac{N}{2 \cdot b_1 \cdot f_{cud}} + \sqrt{\left(\frac{N}{2 \cdot b_1 \cdot f_{cud}} \right)^2 + \frac{6 \cdot M}{b_1 \cdot f_{cud}}} = \quad (215)$$

$$= \frac{199,28}{2 \cdot 0,34 \cdot 15300} + \sqrt{\left(\frac{199,28}{2 \cdot 0,42 \cdot 15300} \right)^2 + \frac{6 \cdot 33,98}{0,42 \cdot 15300}} = 0,25m < 0,39m$$

Imtas pado plokštės ilgis – tinkamas.

Įrašą virintinėje siūlėje, prijungiančioje statlakštį prie kolonos lentynos[2],

$$N_{st,Ed} = \frac{|N_{Ed}|}{2} + \frac{M_{Ed}}{h_k} = \frac{199,28}{2} + \frac{33,98}{0,23} = 247,38 \text{ kN}. \quad (216)$$

Jungties suvirinimui naudosime **G 35** elektrodinę vielą, kurios stipris $f_{vw,u} = 440 \text{ MPa}$. Suvirinimo būdas – pusiau automatinis, kai $d_w = 1,4 - 2 \text{ mm}$; siūlės padėtis – gulsčioji stačioji. Tuomet $\beta_{wf} = 0,9$. Statlaksčio storis priimamas $t_{st} = 10 \text{ mm}$.

Skaičiuotinis kerpamasis stipris per siūlės metalą, apskaičiuojamas taip:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \cdot \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \cdot \frac{440}{1,25} = 193,6 \text{ MPa} \quad (217)$$

Galimi siūlės statinio aukščiai:

$$k_{f,min} = 7 \text{ mm} \leq k_f = 7 \text{ mm} \leq k_{f,max} = 1,2 \cdot t_1 = 1,2 \cdot 10 = 12 \text{ mm} \quad (218)$$

Reikiamas vienos siūlės ilgis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$l_{st,eff} = \frac{N_{st,Ed}}{2 \cdot \beta_{wf} \cdot k_f \cdot f_{vw,f,d} \cdot \gamma_c} = \frac{247,38 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,9 \cdot 0,007 \cdot 193,6 \cdot 1,0} = 0,102 \text{ m} \quad (219)$$

$$\text{Reikiamas statlakščio aukštis bus: } h_{st} = l_{vw,eff} + 0,01 = 0,112 \text{ m}. \quad (220)$$

Priimamas $h_{st} = 120 \text{ mm}$

Projektuojant kolonos inkarinius varžtus, pavojingiausias derinys yra, sukuriantis mažiausią galimą ašinę jėgą ir didžiausią galimą lenkimo momentą. $N_{Ed} = 199,28 \text{ kN}$ ir $M_{Ed} = 33,98 \text{ kN}$. Inkariniai varžtai iškeliami už pado plokštės ribų $f = 0,04 \text{ m}$.

Skaičiuojame plokštės glemžimo įtempius:

$$\sigma_{max} = \frac{N_{Ed}}{l_1 \cdot b_1} + \frac{6 \cdot M_{Ed}}{l_1^2 \cdot b_1} = \frac{199,28 \cdot 10^{-3}}{0,39 \cdot 0,42} + \frac{6 \cdot 33,98 \cdot 10^{-3}}{0,39^2 \cdot 0,42} = 4,41 \text{ MPa} \quad (221)$$

Minimalūs plokštės glemžimo įtempiai:

$$\sigma_{min} = \frac{N_{Ed}}{l_1 \cdot b_1} - \frac{6 \cdot M_{Ed}}{l_1^2 \cdot b_1} = \frac{199,28 \cdot 10^{-3}}{0,39 \cdot 0,42} - \frac{6 \cdot 33,98 \cdot 10^{-3}}{0,39^2 \cdot 0,42} = -1,97 \text{ MPa} \quad (222)$$

Glemžimo ilgis:

$$s = \frac{\sigma_{max} \cdot l_1}{\sigma_{max} + |\sigma_{min}|} = \frac{4,41 \cdot 0,39}{4,41 + 1,97} = 0,269 \text{ m} \quad (223)$$

Atstumas nuo inkarinių varžtų iki betono glemžimo diagramos svorio centro:

$$y = l_1 - \frac{s}{3} + f = 0,39 - \frac{0,269}{3} + 0,04 = 0,340 \text{ m} \quad (224)$$

Atstumas nuo bazės simetrijos ašies iki betono glemžimo diagramos svorio centro:

$$d = \frac{l_1}{2} - \frac{s}{3} = \frac{0,39}{2} - \frac{0,269}{3} = 0,105 \text{ m} \quad (225)$$

Vieno inkarinio varžto įrašas:

$$N_v = \frac{M_{Ed} - N_{Ed} \cdot d}{y} = \frac{33,98 - 199,28 \cdot 0,105}{0,340} = 38,24 \text{ kN} \quad (226)$$

Vieno varžto skerspjūvio plotas:

$$A_{b,net,req} = \frac{N_v}{n \cdot f_{ba,d} \cdot \gamma_c} = \frac{38,24 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 205 \cdot 1,0} = 0,933 \text{ cm}^2 \quad (227)$$

čia: n – varžtų skaičius vienoje kolonos pusėje; $f_{ba,d}$ – skaičiuotinis pamatų inkarinių varžtų tempiamasis plieno stipris, apskaičiuojamas pagal Reglamento [6] 6.1 formulę:

$$f_{ba,d} = 0,5 \cdot f_u = 0,5 \cdot 410 = 205 \text{ MPa}; \quad (228)$$

čia: f_u – stiprumo riba, S275 plienui.

Pagal LST-EN ISO 898 – 1:2000 parenkami ekonomiškiausi 4.6 klasės M16 inkariniai varžtai, kurio vieno varžto tempiamas faktinis plotas $A_{b,f.net} = 1,57 \text{ cm}^2$

Inkarinių varžtų plokštelės lenkiamasis momentas:

$$M_{pl} = \frac{N_v}{4} (b_k + t_{st} - b_v) = \frac{38,24}{4} \cdot (0,240 + 0,01 - 0,12) = 1,243 \text{ kNm} \quad (229)$$

Varžtų skylės plokštelėje skersmuo $d_0 = 20 \text{ mm}$

$$\text{Plokštelės plotis } b_{pl} \geq 2 \cdot 1,5d_0 = 2 \cdot 1,5 \cdot 0,020 = 0,06 \text{ m} \quad (230)$$

Imama $b_{pl} = 0,06 \text{ m} = 60 \text{ mm}$

Inkarinių varžtų plokštelės storis:

$$t_{pl} = \sqrt{\frac{6M_{pl}}{(b_{pl} - d_0) f_{y,d} \gamma_c}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 1,243 \times 10^{-3}}{(0,06 - 0,020) \cdot 250 \cdot 1,15}} = 0,0255 \text{ m} \quad (231)$$

Imama $t_{pl} = 26 \text{ mm}$.

Virintinių siūlių, prijungiančių bazės elementus prie pado plokštės, mažiausias galimas virintinės siūlės statinio aukštis, virinant prie 26 mm storio elemento, $k_f, \min = 7 \text{ mm}$.

Virintinių siūlių metalo kerpamasis plotas, inercijos ir atsparumo momentai

$$A_{wf} = 2(\beta_{wf}k_f(L-10) + 2\beta_{wf}k_f(c_1-10)) = 2(0,9 \cdot 0,007 \cdot (0,39 - 0,01) + 2 \cdot 0,9 \cdot 0,007 \cdot (0,80 - 0,01)) = 0,0247 \text{ m}^2 \quad (232)$$

$$I_{wf} = 2\left(\frac{\beta_{wf}k_f(L-10)^3}{12} + 2\left(\frac{\beta_{wf}k_f(c_1-10)^3}{12} + \beta_{wf}k_f(c_1-10)\left(\frac{L}{2} - \frac{c_1}{2}\right)^2\right)\right) = 1,93 \times 10^{-3} \text{ m}^4 \quad (233)$$

$$W_{pl} = \frac{I_{wf}}{0,5L} = \frac{1,93 \times 10^{-3}}{0,5 \cdot 0,39} = 9,90 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \quad (234)$$

Virintinių siūlių, jungiančių bazės elementus prie pado plokštės, atspario sąlyga:

$$\frac{1}{f_{vw,f,d}\gamma_c} \left(\frac{N_k}{A_{wf}} + \frac{M_k}{W_{wf}} \right) \leq 1,0 \quad (235)$$

$$\frac{1}{193,6 \cdot 1,0} \left(\frac{199,28 \times 10^{-3}}{1,93 \times 10^{-3}} + \frac{33,98 \times 10^{-3}}{9,90 \times 10^{-3}} \right) = 0,55 \leq 1,0. \quad (236)$$

Išvados: Kolonos bazės stiprumas yra pakankamas.

4 MOKSLINĖ TIRIAMOJI DALIS

Šioje dalyje bus skaičiuojamas ekscentriškai gniuždomų kolonų K1 HEA240 skerspjuvio kolonų pastovumas remiantis EN 1993-1-1:2005 nuostatomis (STR 2.05.08:2005 nuostatomis paskaičiuota žr. 3 skyrių) ir nagrinėjami skirtumai tarp šių reglamentų.

4.1 Skerspjuvio patikra

„Skerspjuvių klasifikavimas paskirtis – nustatyti, kiek skerspjuvių laikomąją ir sukamąją galią riboja jų vietinė klumpamoji galia. Projektavimo norminiuose dokumentuose (LST EN 1993-1-1 2005) nustatytos keturios skerspjuvių klasės:

- 1 klasės skerspjuviai – tai skerspjuviai, kurie gali sudaryti analizei pagal plastiškąjį modelį reikiamą sukamosios gebos plastinį lankstą, kai bendroji galia nesumažėja;
- 2 klasės skerspjuviai – tai skerspjuviai, kurie pasiekia savo plastinę lenkiamąją galią, tačiau dėl vietinio klumpumo jų sukamoji geba yra ribota;
- 3 klasės skerspjuviai – tai skerspjuviai, kuriuose įtempiai plieninio elemento kraštiniame gniuždomajame sluoksnyje, kai daroma tampriojo įtempių pasiskirstymo prielaida, gali pasiekti stiprį pagal takumo ribą. Tačiau vietinis klumpumas neleidžia pasiekti plastinės lenkiamosios galios;
- 4 klasės skerspjuviai – tai skerspjuviai, kuriuose vietinis klumpumas įvyksta prieš pasiekiant stiprį pagal takumo ribą vienoje ar daugiau skerspjuvio dalių. Skerspjuvių klasifikavimas priklauso nuo gniuždomųjų dalių pločio ir storio santykio. Įvairios gniuždomos skerspjuvio dalys (pvz., sienelė ir juosta) gali būti skirtingų klasių. Skerspjuviai klasifikuojami pagal aukščiausią (nepalankiausią) jo gniuždomų dalių klasę.“[9]

Plieno stiprio įtaka skerspjuvio klasei:

$$\varepsilon_{M} := \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0.924 \quad (237)$$

K1 kolonos skerspjūvio lentynos veikiamo dalis:

$$c_f := \frac{B}{2} - \frac{t_w}{2} \cdot -r = 198.75 \quad \text{mm} \quad (238)$$

K1 kolonos skerspjūvio sienelės veikiamo dalis:

$$c_w := H - 2 \cdot t_f \cdot -2 \cdot r = 1.238 \times 10^3 \quad \text{mm} \quad (239)$$

Dvitejo valcuotojo HEA240 skerspjūvio klasės nustatymas pagal eurokodą[[3]5.2 lentelė]:

Skerspjūvio lentynos klasė:

$$\frac{c_f}{t_f} = 7.8 \leq 9 \cdot \varepsilon = 8.32 \quad (240)$$

Skerspjūvio lentynos klasė – 1.

Skerspjūvio sienelės klasė:

$$\frac{c_w}{t_w} = 21.87 \leq 33 \cdot \varepsilon = 30.50 \quad (241)$$

Skerspjūvio sienelės klasė – 1.

Išvados: Skerspjūvio sienelės ir lentynos klasės – 1.

4.2 Elemento skerspjūvio laikomoji galia

Jei skerspjūvis 1, 2 ar 3 klasės, skaičiuotinė ašinė skerspjūvio gniuždomoji galia $N_{c,Rd}$ nustatoma taip:

$$N_{c,Rd} := \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad (242)$$

Čia $\gamma_{M0} := 1$ - gniuždomosios galios dalinis koeficientas [[3]6.1 skyrius]

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{76.84 \cdot 10^{-4} \cdot 275 \cdot 10^6}{1.0} = 2113 \text{ kN} \quad (243)$$

Skaičiuotinė lenkiamoji galia $M_{c,Rd}$ aplink vieną iš pagrindinių skerspjūvio ašių:

Kai skerspjūvis 1 klasės:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad (244)$$

Čia W_{pl} – plastinis atsparumo momentas (HEA240);

Kadangi kolonos skerspjūvis yra 1 klasės skerspjūvio, jos laikomoji galia gali būti tikrinama taip [3]:

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} \leq 1.0 \quad (245)$$

Čia $M_{y,Rd}$ ir $M_{z,Rd}$ – skaičiuotinė lenkiamoji profiliuoto laikomoji galia atitinkamai y-y ir z-z ašių atžvilgiu;

$$M_{y,Rd} = M_{y,pl,Rd} = \frac{W_{y,pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{744.68 \cdot 10^{-6} \cdot 275 \cdot 10^6}{1.0} = 204.79 \text{ kNm} \quad (246)$$

$$M_{z,Rd} = M_{z,pl,Rd} = \frac{W_{z,pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{351.7 \cdot 10^{-6} \cdot 275 \cdot 10^6}{1.0} = 96.72 \text{ kNm}$$

Tikrinama laikomoji galia:

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{199.28 \text{ kN}}{2113 \text{ kN}} + \frac{37.39 \text{ kNm}}{204.79 \text{ kNm}} + \frac{27.32 \text{ kNm}}{96.72 \text{ kNm}} = 0.56 < 1.0 \quad (247)$$

Išvados: Laikomosios galios sąlyga tenkinama. Atsarga 44%

4.3 Elemento skerspjūvio klumpamoji galia

Visais atvejis, kai skerspjūvis dėl skylių nesusilpnėjęs, centriškai gniuždomos kolonos skerspjūvio matmenis lemia ne skerspjūvio gniuždomosios galios, o klumpamosios galios sąlyga[9]:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \quad (248)$$

Čia $N_{b,Rd}$ – skaičiuotinė gniuždomojo elemento klumpamoji galia.

Jei skerspjūvis 1, 2 ar 3 klasės, skaičiuotinė ašinė skerspjūvio klumpamoji galia $N_{b,Rd}$ nustatoma taip:

$$N_{b,Rd} := \frac{\chi \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \quad (249)$$

čia χ – klupumo koeficientas; $\gamma_{M1} := 1$ - klumpamosios galios dalinis koeficientas [[3]6.1 skyrius]

Klupumo formos klupumo koeficientas χ nustatomas taip:

$$\chi := \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - (\bar{\lambda})^2}}, \text{ bet } \chi \leq 1; \quad (250)$$

čia:

$$\phi := 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]; \quad (251)$$

α - nuokrypos koeficientas, parenkamas [[3]6.1 lentelė] pagal atitinkamas klupumo kreives;

Jei skerspjūvis 1, 2, 3 klasės, sąlyginis liaunis nustatomas taip[1]:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \cdot \frac{1}{\lambda_1} \quad (252)$$

N_{cr} - atitinkamos klupumo formos tamprioji kritinė jėga, pagrįsta bendrojo skerspjūvio savybėmis.

Čia L_{cr} – klupamasis kolonos ilgis atitinkamai kiekvienos ašies atžvilgiui gali būti apskaičiuojamas taip:

$$L_{cr,y} = \mu_y \cdot L_y = 0.7 \cdot 12.2 = 8.54\text{m} \quad (253)$$

$$L_{cr,z} = \mu_z \cdot L_z = 0.7 \cdot 12.2 = 8.54\text{m} \quad (254)$$

i – intercijos momento spindulys aplink atitinkama ašį, pagal bendrojo skerspjūvio savybes;

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93.9 \varepsilon = 86.8 \quad (255)$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{8.54}{0.1005} \cdot \frac{1}{86.80} = 0.979 \quad (256)$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{8.54}{0.06} \cdot \frac{1}{86.80} = 1.64 \quad (257)$$

Prenkamas nuokrypos koeficientas α . Nustatyti α reikia žinoti klupumo kreivę. Klupumo kreivė nustatoma pagal [[3] 6.2 lent.]:

Valcuotiems profiliuochiams kurių $h/b < 1,2$ (šiuo atveju $h/b = 0.96$) ; $t_f < 100\text{mm}$ (šiuo atveju – 12mm) ; plieno klasė S235,S275,S355,S420 (šiuo atveju S275) klupumo kreivė aplink y-y ašį yra **b** ir klupumo kreivė aplink z-z ašį yra **c**.

Skaičiuojamas klupumo koeficientas:

$$\phi_y = 0.5 \left[1 + \alpha_y \cdot (\bar{\lambda}_y - 0.2) + (\bar{\lambda}_y)^2 \right] \quad (258)$$

$$\phi_y = 0.5 \times 1 + 0.34(0.979 - 0.2) + 0.979^2 = 1.112 \quad (259)$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - (\bar{\lambda}_y)^2}} = \frac{1}{1.112 + \sqrt{1.112^2 - 0.979^2}} = 0.61 \quad (260)$$

$$\phi_z = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_z \cdot (\bar{\lambda}_z - 0.2) + (\bar{\lambda}_z)^2 \right] \quad (261)$$

$$\phi_z = 0.5 \times 1 + 0.49(1.64 - 0.2) + 1.64^2 = 2.197 \quad (262)$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - (\bar{\lambda}_z)^2}} = \frac{1}{2.197 + \sqrt{2.197^2 - 1.64^2}} = 0.273 \quad (263)$$

Lenkimu ir ašiniu gniuždymu veikiamą koloną, kai jos profiliuoties skerspjūvis 1, 2, 3 klasės, turi būti patikrinama pagal klupumo sąlygas [3]:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1.0 \quad (264)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1.0 \quad (265)$$

čia:

N_{Ed} , $M_{y,Ed}$ ir $M_{z,Ed}$ – skaičiuotinės gniuždomosios jėgos ir didžiausiųjų momentų, atitinkamai aplink y-y ir z-z ašis išilgai elemento, reikšmės;

χ_y ir χ_z – lenkiamojo klupumo koeficientai;

χ_{LT} – skersinio sukamojo klupumo koeficientas;

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

„Dėl paprastumo, kaip nurodo normos, naudojantis šiomis sąlygomis, galima atlikti tik tampriojo būvio patikrą.“[9] Tokiu būdu sąveikos koeficientai lygus 1 ir klupumo sąlygos įgauna tokį pavidalą:

$$\left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \right) \cdot \gamma_{M1} \leq 1.0 \quad (266)$$

$$\left(\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \right) \cdot \gamma_{M1} \leq 1.0 \quad (267)$$

Skaičiuojamas skersinio sukamojo klupumo koeficientas χ_{LT} :

$$\overline{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{744.68275}{227.12 \cdot 10^3}} = 0.95 \quad (268)$$

Čia M_{cr} – tamprusis kritinis skersinio sukamojo klupumo momentas.

$$\phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\overline{\lambda}_{LT} - \overline{\lambda}_{LT.0}) + \beta \cdot (\overline{\lambda}_{LT})^2 \right] \quad (269)$$

$$\phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + 0.34 \cdot (0.95 - 0.4) + 0.75 \cdot 0.95^2 \right] = 0.932 \quad (270)$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot (\overline{\lambda}_{LT})^2}} = \frac{1}{0.932 + \sqrt{0.932^2 - 0.75 \cdot 0.95^2}} = 0.73 \quad (271)$$

Tikrinamos klupumo sąlygos apie y-y ašį:

$$\left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + \frac{M_{y.Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y.Rk}} + \frac{M_{z.Ed}}{M_{z.Rk}} \right) \cdot \gamma_{M1} \leq 1.0 \quad (272)$$

$$\left(\frac{199.28 \cdot 10^3}{0.61 \cdot 2113 \cdot 10^3} + \frac{37.39 \cdot 10^3}{0.73 \cdot 204.8 \cdot 10^3} + \frac{27.32 \cdot 10^3}{96.72 \cdot 10^3} \right) \cdot 1.0 = 0.69 < 1.0 \quad (273)$$

Tikrinamos klupumo sąlygos apie z-z ašį:

$$\left(\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + \frac{M_{y.Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y.Rk}} + \frac{M_{z.Ed}}{M_{z.Rk}} \right) \cdot \gamma_{M1} \leq 1.0 \quad (274)$$

$$\left(\frac{199.28 \cdot 10^3}{0.273 \cdot 2113 \cdot 10^3} + \frac{37.39 \cdot 10^3}{0.73 \cdot 204.8 \cdot 10^3} + \frac{27.32 \cdot 10^3}{96.72 \cdot 10^3} \right) \cdot 1.0 = 0.88 < 1.0 \quad (275)$$

Išvados: Klupumo sąlygos tenkinamos – klumpamoji galia pakankama.

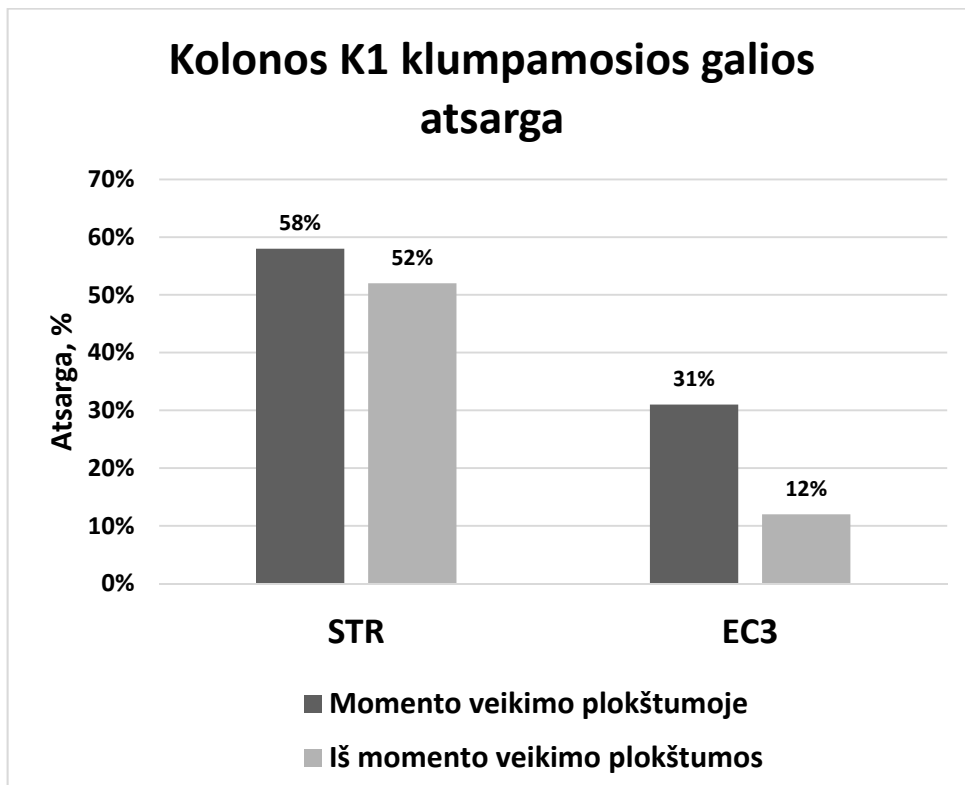
4.4 Eurocode ir STR skirtumai

Taigi, apskaičiavus plieninę koloną – K1 pagal STR ir EC3 toliau vykdoma šių reglamentų skirtumų analizė.

Palyginamos K1 kolonos klumpamosios galios atsargos (pagal STR vad. – pastovumo atspario; pagal EC3 vad. – klumpamosios galios) skaičiuojant pagal STR ir EC3 (pateiktos 4.1 lentelėje)

4.1 lentelė. Klumpamosios galios atsarga pagal STR ir EC3

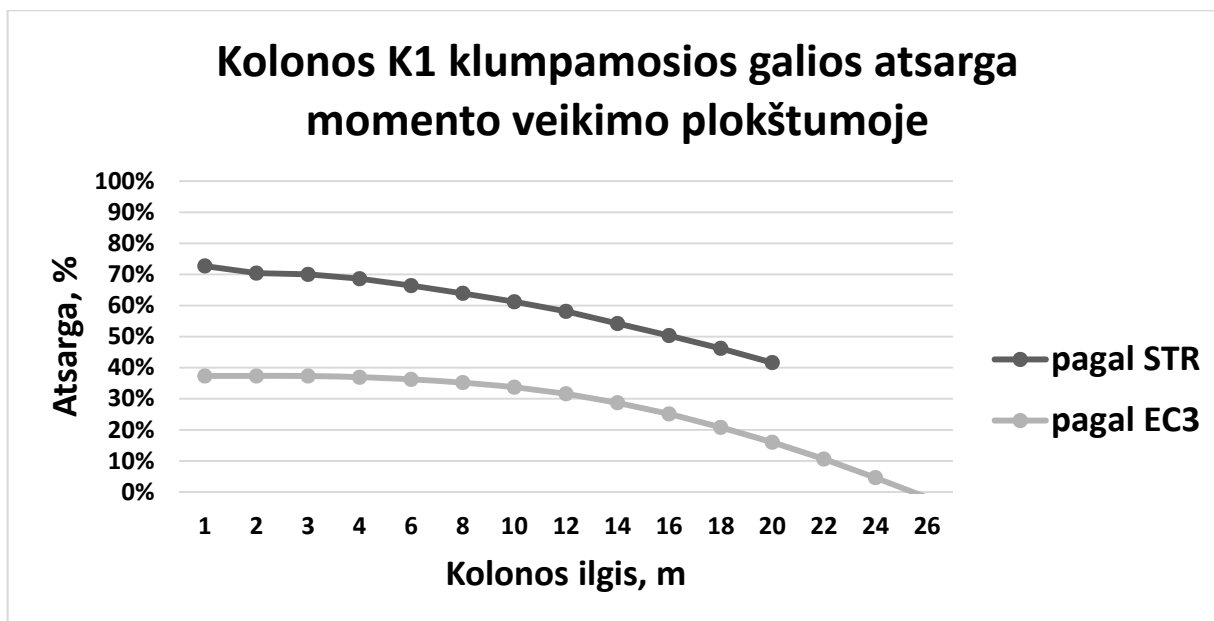
| Kolonos K1 klumpamosios galios atsarga | STR | EC3 |
|--|-----|-----|
| Momento veikimo plokštumoje | 58% | 31% |
| Iš momento veikimo plokštumos | 52% | 12% |



4.1 pav. Kolonos K1 klumpamosios galios skirtumai skaičiuojant pagal STR ir EC3.

Suprojektuota kolona pagal STR turi didesnę klumpamosios galios atsargą t.y gali atlaikyti didesnes apkrovas lyginant su kolona projektuota pagal EC3.

Toliau nagrinėjamas to paties skerspjūvio HEA240 kolonos K1 klumpamosios galios momento veikimo plokštumoje atsargos pokytis, esant skirtingam kolonos ilgiui:



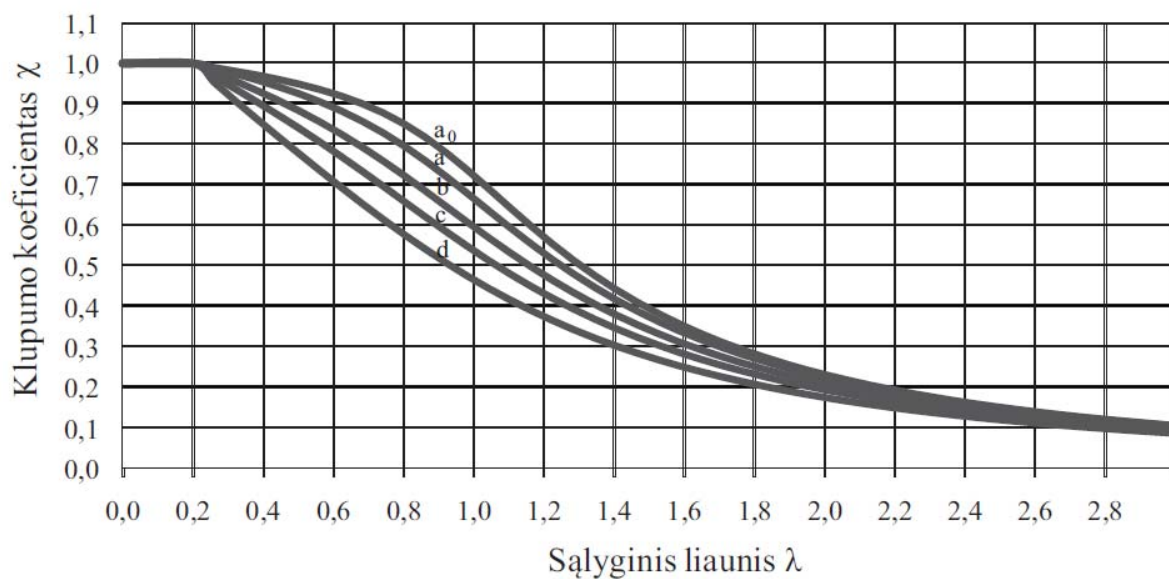
4.2 pav. Klumpamosios galios kitimas momento veikimo plokštumoje pagal STR ir EC3

4.2 lentelė. Skaičiavimų lentelė, skaičiuojant K1 koloną pagal STR

| STR | | | | | |
|--------------------------------|-------------|-------------|------------|------|--------------------|
| | λy | φ_e | Atsarga, % | L, m | $N_{NM,c,Rd}$, kN |
| | 6,97 | 0,39 | 72,7 | 1 | 729,96 |
| | 13,93 | 0,369 | 70,4 | 2 | 673,24 |
| | 17,41 | 0,364 | 70,0 | 2,5 | 664,26 |
| | 27,86 | 0,348 | 68,6 | 4 | 634,65 |
| | 41,79 | 0,325 | 66,4 | 6 | 593,10 |
| | 55,72 | 0,303 | 63,9 | 8 | 552,02 |
| | 69,65 | 0,282 | 61,2 | 10 | 513,61 |
| | 83,58 | 0,261 | 58,1 | 12 | 475,61 |
| | 97,51 | 0,239 | 54,2 | 14 | 435,11 |
| | 111,44 | 0,22 | 50,3 | 16 | 400,97 |
| | 125,37 | 0,203 | 46,2 | 18 | 370,41 |
| | 139,30 | 0,187 | 41,6 | 20 | 341,23 |
| viršija $\lambda_{rib}=143,16$ | 153,23 | 0,154 | 29,3 | 22 | 281,87 |

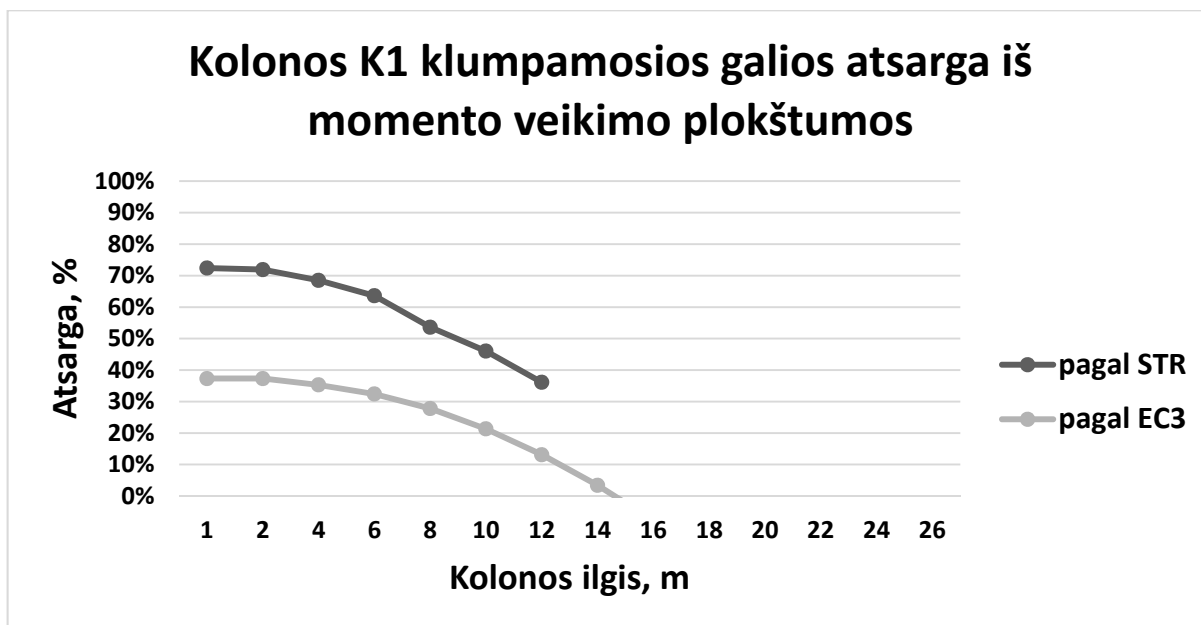
4.3 lentelė. Skaičiavimų lentelė, skaičiuojant K1 koloną pagal EC3

| EC3 | | | |
|----------|------------|------|---------|
| χ_y | Atsarga, % | L, m | Nrd, kN |
| 1 | 37,3 | 1 | 2113 |
| 1 | 37,3 | 2 | 2113 |
| 1 | 37,3 | 2,5 | 2113 |
| 0,956 | 36,9 | 4 | 2021 |
| 0,892 | 36,2 | 6 | 1886 |
| 0,815 | 35,2 | 8 | 1723 |
| 0,723 | 33,7 | 10 | 1528 |
| 0,621 | 31,6 | 12 | 1312 |
| 0,521 | 28,7 | 14 | 1102 |
| 0,435 | 25,1 | 16 | 919 |
| 0,364 | 20,8 | 18 | 768 |
| 0,306 | 16,0 | 20 | 647 |
| 0,261 | 10,6 | 22 | 551 |
| 0,224 | 4,6 | 24 | 473 |



4.3 pav. Klupumo kreivės [3]

Toliau nagrinėjamas kolonos K1 (HEA240) klumpamosios galios momento veikimo plokštumoje atsargos pokytis, esant skirtingam kolonos ilgiui:



4.4 pav. Klumpamosios galios kitimas iš momento veikimo plokštumos pagal STR ir EC3

4.4 lentelė. Skaičiavimų lentelė, skaičiuojant K1 koloną pagal STR

| STR | | | | | |
|------------------------|-------------|-------------|------------|------|---------------------|
| | λ_z | φ_e | Atsarga, % | L, m | $N_{NM,TF,Rd}$, kN |
| | 11,67 | 0,982 | 72,4 | 1 | 722,03 |
| | 17,50 | 0,968 | 71,9 | 1,5 | 709,18 |
| | 23,33 | 0,951 | 71,4 | 2 | 696,78 |
| | 46,67 | 0,862 | 68,5 | 4 | 632,63 |
| | 70,00 | 0,747 | 63,6 | 6 | 547,47 |
| | 93,33 | 0,577 | 53,6 | 8 | 429,48 |
| | 116,67 | 0,426 | 46,0 | 10 | 369,04 |
| $\lambda_{rib}=143,16$ | 140,00 | 0,304 | 36,1 | 12 | 311,86 |

4.5 lentelė. Skaičiavimų lentelė, skaičiuojant K1 koloną pagal EC3

| EC3 | | | |
|----------|------------|------|---------|
| χ_z | Atsarga, % | L, m | Nrd, kN |
| 1 | 37,3 | 1 | 2113 |
| 1 | 37,3 | 1,5 | 2113 |
| 0,965 | 37,0 | 2 | 2039 |
| 0,822 | 35,3 | 4 | 1736 |
| 0,658 | 32,4 | 6 | 1391 |
| 0,498 | 27,8 | 8 | 1051 |
| 0,371 | 21,3 | 10 | 783 |
| 0,281 | 13,1 | 12 | 593 |
| 0,218 | 3,4 | 14 | 460 |

5 TECHNOLOGINĖ DALIS

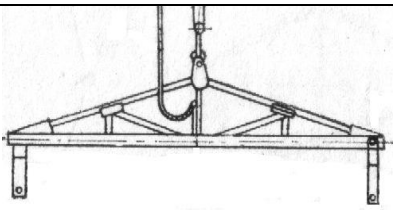

5.1 Santvarų montavimo technologinė kortelė

Konstrukcijoms – šiuo atveju santvaroms montuoti parenkamas kranas ir kabinimo priemonės, pagal kėlimo aukštį, nuotolį, svorį.

Santvaros SN1 svoris 1479kg

5.1.1 Kabinimo priemonių ir kranų parinkimas

5.1 lentelė. Stropų parinkimas

| Kabinėjimo priemonės pavadinimas | Eskizas | Kabinėjimo priemonių | | | Pritaikymo sritis |
|----------------------------------|---|---------------------------|----------------|----------------------------|---------------------|
| | | Keliamoji galia, <i>t</i> | Masė, <i>t</i> | Skaičiuojamasis aukštis, m | |
| Traversa TS-12,5 |  | 12,5 | 0,242 | 1 | Santvaroms |
| Kobinys USK1-5,0 3m lynai |  | 2 | 0,195 | 2,15 | Perdangų klojiniams |

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

Sudaroma kranų montavimo schema. Didžiausia reikalinga kranų keliamoji galia, kai reikia pakelti plieninę santvarą:

$$Q_r = Q_1 + Q_2 = 1,479 + 0,242 = 1,721 \text{ t}; \quad (276)$$

Q_1 – keliamosios konstrukcijos masė, t;

Q_2 – kabinimo prie strėlės priemonės masė, t.

Maksimalus reikalingas kablo pakėlimo aukštis, kai reikia pakelti metalinę santvarą:

$$H_{\text{reik}} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 \quad (277)$$

h_1 – aukštis nuo krano stovėjimo plokštumos iki atramos, ant kurios remiasi montuojamas elementas;

h_2 – laisvas tarpas virš atramos iki montuojamo elemento;

h_3 – montuojamo elemento aukštis;

h_4 – kabinimo priemonės aukštis;

$$H_{\text{reik}} = 11,6 + 1,0 + 2,8 + 4,15 = 19,55 \text{ m}; \quad (278)$$

Reikalingas strėlinio krano strėlės siekis:

$$L_{\text{reik}} = \frac{(H_{\text{reik}} + h_5 - h) \cdot (b + a)}{h_2 + h_3 + h_4 + h_5} = \frac{(19,55 + 1,0 - 1,5) \cdot (15 + 1,5)}{1,0 + 2,8 + 4,15 + 1,0} = 35,12 \text{ m}; \quad (279)$$

h_5 – sutrauktų krano skryščių aukštis ($h_5 = 1 \text{ m}$);

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

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

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

Pagal gautus duomenis:

- reikiamas krano strėlės siekis $L_{\text{reik}} = 35,12 \text{ m}$;

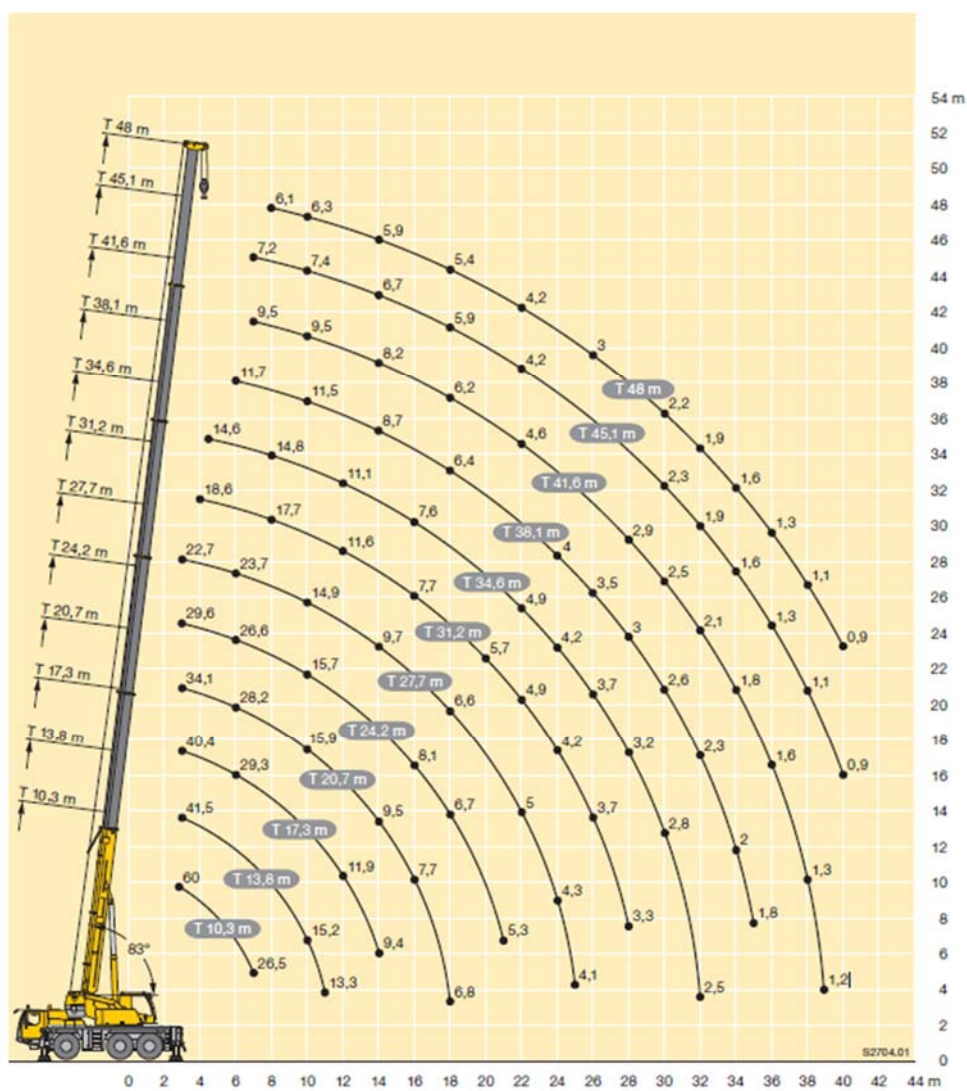
- reikiamas krano kablo pakėlimo aukštis $H_{\text{reik}} = 19,55 \text{ m}$;

- reikiama krano keliamoji jėga $Q_{\text{reik}} = 1,721 \text{ t}$

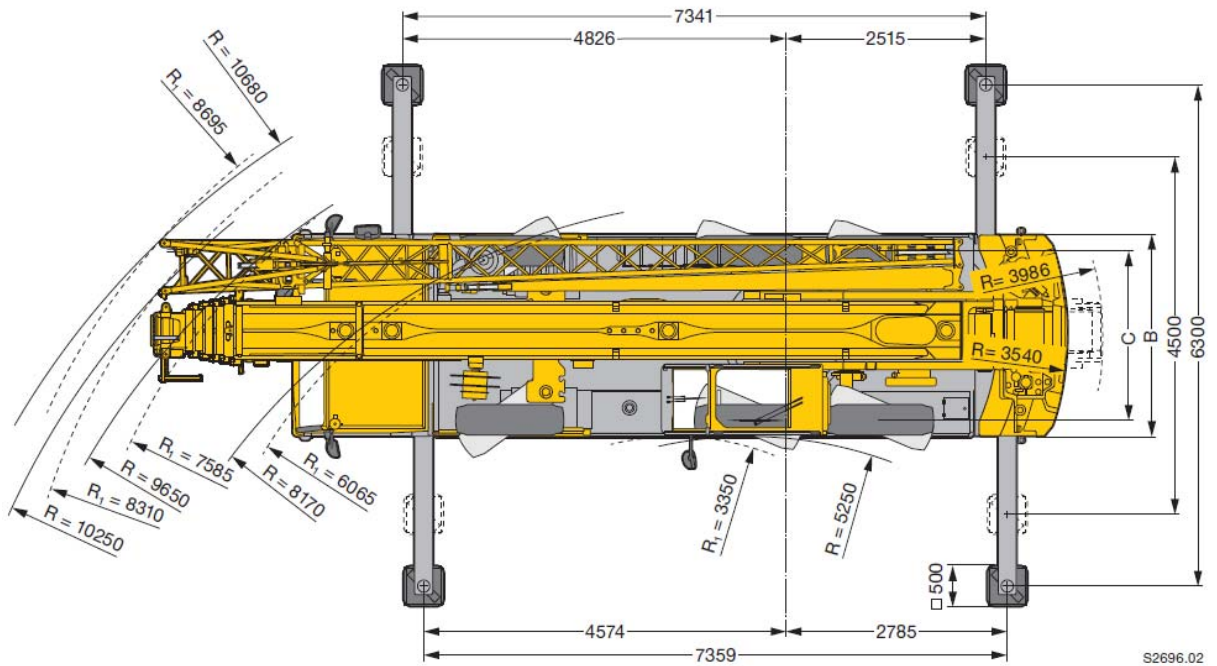
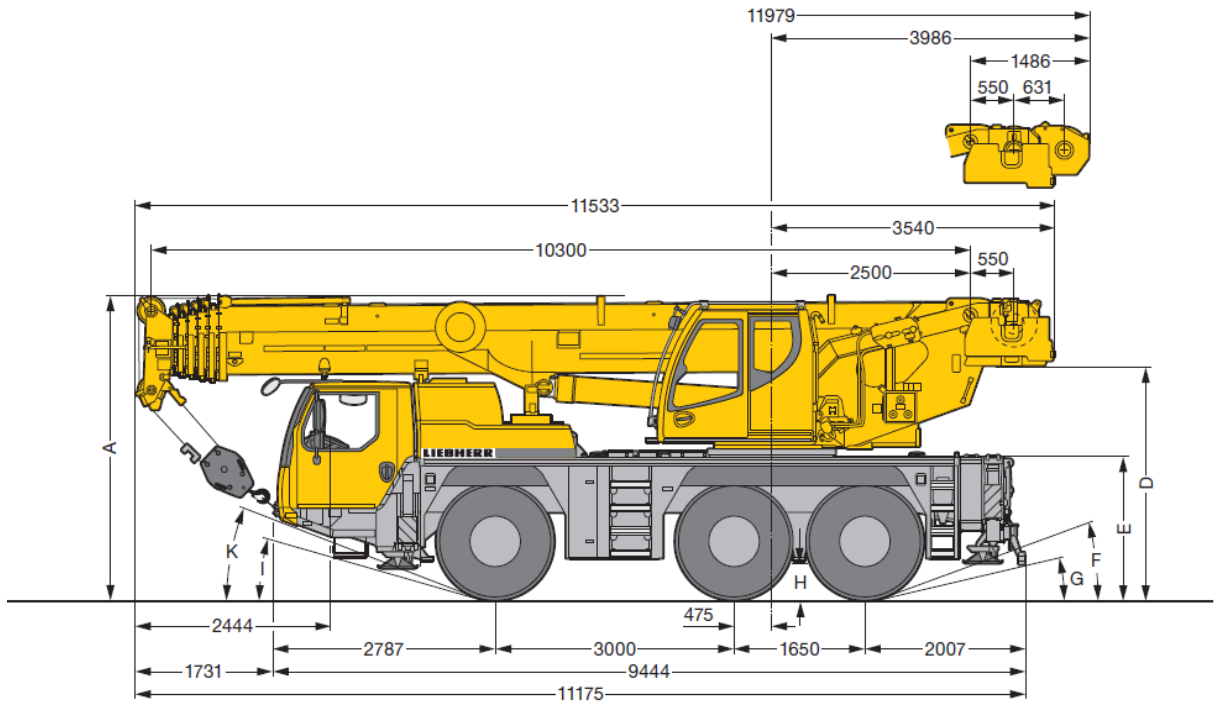
Parenkamas kranas LIEBHERR LTM1060-3.1.

5.2 lentelė. Krano LIEBHERR LTM1060-3.1 parametrai.

| | |
|------------------------------|---------------------|
| Keliamoji galia, t | 60 |
| Strėlės ilgis, m | 48 |
| Maksimalus siekis, m | 40 |
| Krano gabaritai, m | 11,17 x 2,55 x 3,80 |
| Atraminis kontūras, m | 7,36 X 6,30 |



5.1 pav. Parinkto krano keliamosios galios priklausomybė nuo strėlės siekio



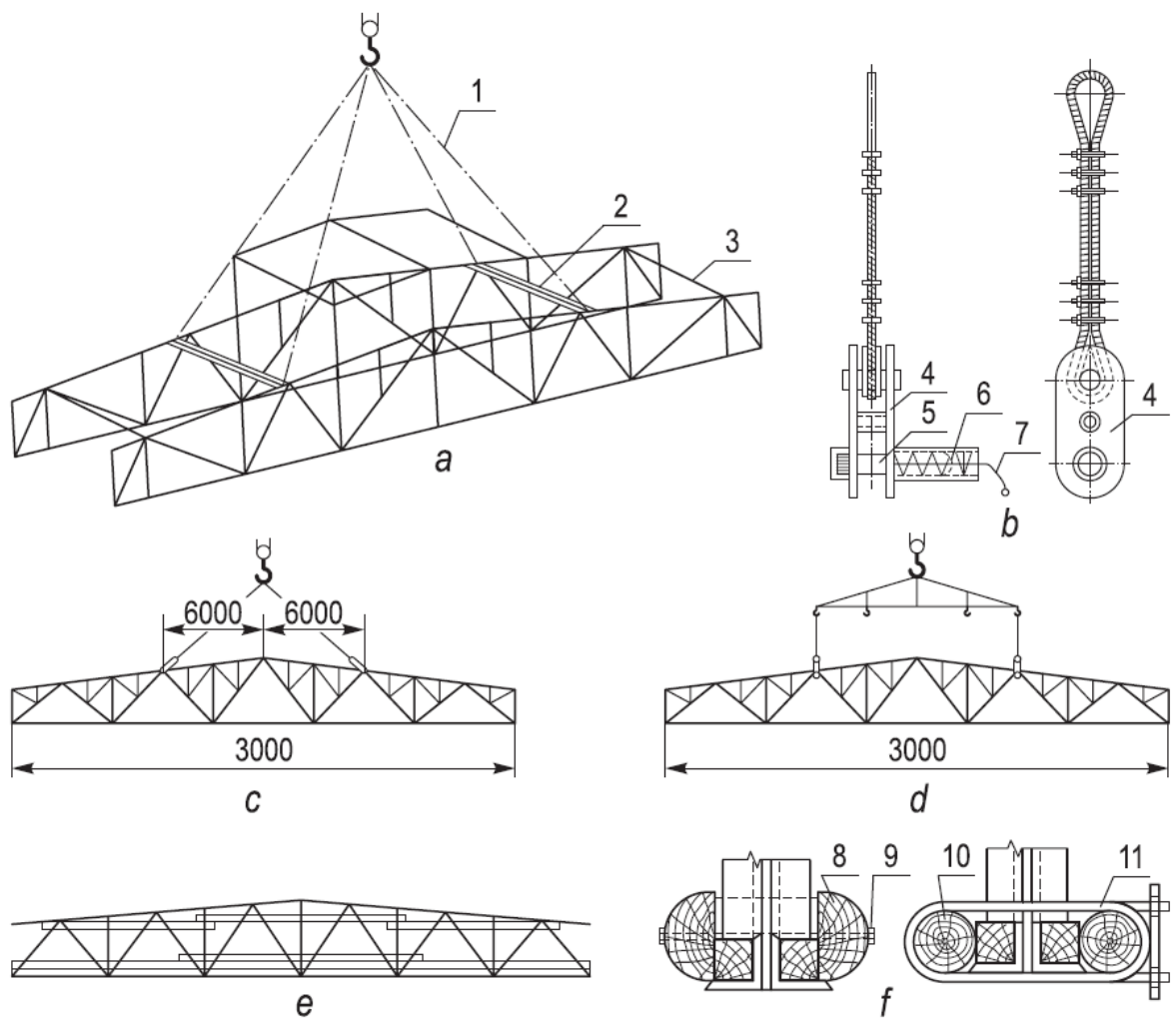
5.2 pav. Parinkto kranu gabaritai

5.3 lentelė. Darbo ir mechanizmų sąnaudos.

| Normatyvų šifras | Technologinio proceso (darbo) pavadinimas | Darbo mato vienetas | Darbo apimtis | Darbo sąnaudos žm. h | | Darbo sąnaudos žm. d. | Mechanizmai | Mašinų darbo sąnaudos maš. h | | Mašinų darbo sąnaudos maš. pam. |
|------------------|---|---------------------|---------------|---------------------------|--------------|-----------------------|-------------|------------------------------|--------------|---------------------------------|
| | | | | Norma darbo mato vienetui | Visam darbui | | Pavadinimas | Norma darbo mato vienetui | Visam darbui | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| N13-202 | Metalinių didelių (ištisinių) paviršių padengimas ugniai atspariais dažais 2150 mikronų sluoksniu purkštuvu | m ² | 1153,2 | 0,18 | 207,58 | 25,95 | | | | |
| N9P-0102 | Metalinių gegnių ir pogeignių santvarų montavimas, kai anga iki 18m, santvarų masė iki 1,0t | t | 29,362 | 24 | 704,69 | 88,08 | Kranas | 1,4 | 41,11 | 5,14 |
| N9P-0102 | Metalinių gegnių ir pogeignių santvarų montavimas, kai anga iki 24m, santvarų masė iki 3,0t | t | 10,457 | 15,4 | 161,04 | 20,13 | Kranas | 0,8 | 8,37 | 1,05 |

5.1.2 Santvarų ir sijų montavimo technologiniai procesai

Keliamos santvaros apatiniuose tempiamosios juostos elementuose nuo savosios masės atsiranda gniuždymo įtempių, kurie gali santvarą deformuoti. Todėl tokios santvaros turi būti laikinai stiprinamos rąstais arba pusrąščiais. Jie prie santvaros tvirtinami iš dviejų pusių varžtais arba apkabomis (**5.3 pav., e, f**). Lengvos metalinės sijos kabinamos aprištos universaliu kobiniu; sunkios ir ilgos sijos - skersėmis arba specialiais griebtuvais; santvaros - universaliais kobiniais su pusiau automatiniu atkabinimo įrenginiu (**5.3 pav., b, c**). Ilgos santvaros stropuojamos skersėmis (**5.3 pav., d**). Sustambintas dviejų santvarų blokas keliamas keturšakiu kabiniu arba skerse (**5.3 pav., a**). Pastatytos į vertikalią padėtį santvaros fiksuojamos dviejose vietose, naudojant specialius laikiklius. Erdviniam standumui užtikrinti dvi santvaros tarp savęs sujungiamos denginio konstrukcijos ilginiais. Metalinės konstrukcijos sandūrose suvirinamos, tvirtinamos kniedėmis arba varžtais. [13]

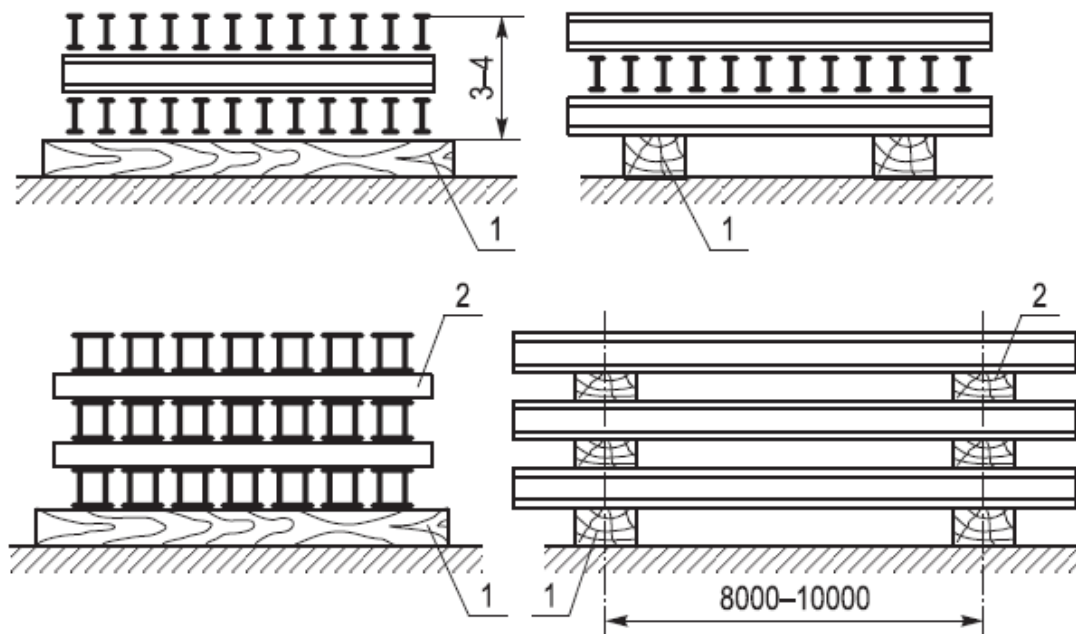


5.3 pav. Metalinių konstrukcijų kabinimo ir standinimo schemas: a - kabinant dviejų santvarų bloką, b - pusiau automatinis Smalio griebtuvas santvarai kelti, c - santvara keliamą, naudojant lengvus kobinius su Smalio griebtuvu, d - santvara keliamą skersė su Smalio griebtuvais, e - santvaros stiprinimo schema, f - apatinės santvaros juostos stiprinimas; 1 - kobiniai, 2 - skersės, 3 - laikinieji ryšiai, 4 - griebtuvo plokštės, 5 - kaištis, 6 - spyruoklė, 7 - troselis kaiščiui ištraukti, 8 - stiprinančios rąsto pusės, 9 - varžtas rąsto pusėms suveržti, 10 - stiprinantys rąstai, 11 - suveržimo pavalkai

Konstrukcijų ir medžiagų sandėliavimas

Statybvietėse gali būti įrengiami uždari, pusiau uždari ir atviri sandėliai. Uždari sandėliai turi būti įrengti kiekvienoje statybvietėje. Juose laikomi įrankiai, vinys, dažai, individualios saugos priemonės ir pan. Šių sandėlių dydis priklauso nuo statybos darbų apimtys.

Pusiau uždaruose sandėliuose (stoginėse) laikoma mediena arba jos gaminiai, pastolių elementai, lakštinės ir kietosios, atmosferos drėgmės nebijančios medžiagos. Paprastai didžiausią statybvietės plotą užima atviri sandėliai. Juose sandėliuojamos atmosferos kritulių nebijančios medžiagos ir konstrukcijos: plytos, betoniniai ir gelžbetoniniai gaminiai ir pan. Tokius sandėlius reikia įrengti bokštinio kranų veikimo zonoje arba galimose strėlinio kranų privažiavimo vietose. [13] Metalinės santvaros sandėliuojamos vertikaliajame padėtyje t. y. kas 2-3 m įrengiami atraminiai stulpai, į kuriuos atremiamos santvaros. Metalinių sijų sandėliavimo principas pateiktas 5.3 pav. [13]



5.4 pav. Metalinių sijų sandėliavimas: 1 – atraminiai padėklai, 2 – tarpšijės.

Statybos ir montavimo darbų kokybė

Statybos ir montavimo darbų kokybė priklauso nuo statybos vadovo (darbų vadovo) gebėjimo parinkti reikiamos specialybės ir kvalifikacijos darbininkus, tinkamai organizuoti jų darbą aprūpinant šiuolaikiniais instrumentais bei techninėmis priemonėmis ir nuolatos kontroliuoti atliekamų darbų kokybę, lyginant faktinius su leistinaisiais nuokrypiais, nurodytais normatyviniuose dokumentuose ir statybos taisyklėse. Leistinieji nuokrypiai yra teigiami (+), neigiami (-) ir mišrūs (\pm). Teigiami nuokrypiai parodo, kiek faktiniai dydžiai gali būti didesni už projektinius. Neigiami nuokrypiai, priešingai, rodo, kad faktiniai dydžiai negali jų viršyti. Nuokrypiai, žymimi mišriais ženklais, parodo, jog faktiniai dydžiai turi būti tarp didžiausių ir mažiausių leistinųjų nuokrypių. Faktiniai nuokrypiai yra fiksuojami vizualiai apžiūrint atliekamus darbus ir matuojant jų linijinius parametrus geodeziniais instrumentais, matavimo juostomis, ruletėmis. Jei nuokrypiai yra didesni už leistinuosius, statybos vadovas (darbų vadovas) turi pareikalauti iš darbininkų tokius darbus pataisyti arba perdaryti ir kontroliuoti, kaip jie vykdomi. Statybos ir montavimo darbų kokybės kontrolė bus efektyvi, kai ji bus atliekama pagal iš anksto numatytą operacinės kontrolės schemą. Tokioje schemoje pateikiama:

- atliekamų darbų eskizas su normatyvų leistinaisiais darbo nuokrypiais;
- tikrinamų darbo operacijų sąrašas;
- operacinės kokybės kontrolės sudėtis, būdas ir kontrolės laikas;
- operacijų sąrašas, kurias turi tikrinti geodezinė tarnyba, laboratorija;
- darbų sąrašas, kuriuos baigus reikia surašyti slepiamųjų darbų aktus.[13]

5.4 lentelė. Plieninių santvarų, sijų montavimo leistini nuokrypiai.

| Eil. Nr | Nuokrypio pavadinimas | Leistinas nuokrypis, mm |
|---------|---|---|
| 1. | Santvarų, sijų ir ilginių viršutinių juostų ašies nuokrypis ties tvirtinimo taškais | 15 |
| 2. | Tarpkolonių nuokrypiai | 5 |
| 3. | Ilinkio dydis (kreivumas) tarp santvaros juostų ir rygelių, sijų tvirtinimo taškų | iki 0,0013 atstumo tarp tvirtinimo taškų, bet ne daugiau kaip 15 mm |

| | | |
|----|---|-----------------------------|
| 4. | Atraminių mazgų altitudžių nuokrypiai | 10 |
| 5. | Ilginių nuokrypiai nuo projektinių ašių | 5 |
| 6. | Santvarų apatinių ir viršutinių juostų ašių nuokrypiai plane | iki 0,004 santvaros aukščio |

Parinktas kranas – LIEBHERR LTM1060-3.1, kurio keliamoji galia lygi 60 tonų , maksimalus siekis lygus 40 metrų. Santvarų montavimo darbus atliks brigada, kuri užtruks 25 darbo dienas.

6 EKONOMINĖ DALIS

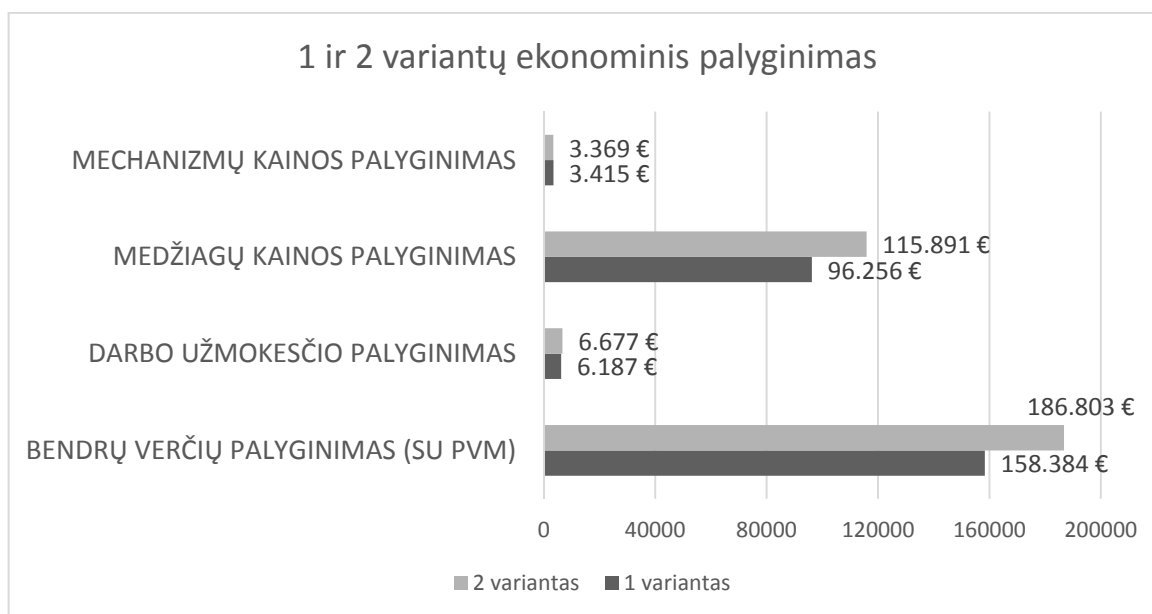
Santvarų kainos ekonominis palyginimas

Atliekamas ekonominis dviejų konstrukcijų variantų palyginimas:

1 variantas – vienšlaitės prekybos salės santvaros yra plieninės.

2 variantas – vienšlaitės prekybos salės santvaros yra medinės.

Programa „SISTELA“ sudaromos šių santvarų sąmatos, t.y tiesioginės ir netiesioginės išlaidos ir palyginamos jų vertės (žr. 6.1 pav.).



6.1 pav. 1 ir 2 variantų ekonominis palyginimas.

Pagal 2 variantą bendros išlaidos (tiesioginės ir netiesioginės išlaidos) su PVM yra 18% didesnės nei 1 varianto.

7 DARBO SAUGA

Pagrindiniai saugos sprendimai statybos darbų technologinėse kortelėse

Statybos darbų technologijos (vykdymo) projekte turi būti numatyti konkretūs projektiniai sprendiniai, nustatantys technines priemones, darbų metodus, užtikrinančius darbuotojų saugą ir sveikatą. Šie projektiniai sprendiniai negali būti pakeisti nuorodomis ar ištraukomis iš saugos ir sveikatos teisės aktų, norminių techninių dokumentų, kurios nurodo tik kaip parengti atitinkamą projektinį sprendimą.

Ruošiant projektinius sprendimus, užtikrinančius darbuotojų saugą ir sveikatą darbo vietose, būtina vadovautis:

- įmonės darbuotojų saugos ir sveikatos norminiais dokumentais;
- darbuotojų saugos ir sveikatos teisės aktų reikalavimais;
- darbo priemonių naudojimo dokumentacija;
- standartais, metodinėmis rekomendacijomis ir katalogais.

Rengiant projektinius sprendimus būtina išsiaiškinti pavojingus ir kenksmingus veiksnius, susijusius su darbų technologija ir statybos sąlygomis, nurodyti jų veikimo zonas, nustatyti (įvertinti) riziką. Statinio techniniame (statybos organizavimo) projekte turi būti nurodytos pavojingos zonos, kurios atsiranda naudojant kėlimo mašinas, o kitos pavojingos zonos - statybos darbų technologijos (vykdymo) projekte. Gamybinės buities patalpos (laikinos), poilsio vietos, judėjimo keliai turi būti įrengti už pavojingų zonų ribų. Pasikeitus statybos sąlygoms, turinčioms įtaką darbuotojų saugai ir sveikatai, statybos darbų technologijos (vykdymo) projektas turi būti atitinkamai pakeistas ir/ar patikslintas.

Statybos darbų technologijos (vykdymo) projekte turi būti numatyta:

- konstrukcijų ir įrenginių montavimo eiliškumas;
- darbų, atliekant juos pavojingomis bei kenksmingomis sąlygomis, apimčių mažinimas;
- saugus mašinų ir darbo įrenginių išdėstymas;
- darbo vietų, panaudojant technines ir organizacines saugos priemones, įrengimas;
- darbo priemonės, kolektyvinės ir asmeninės apsauginės priemonės;
- statybvietsės, darbo vietų, judėjimo kelių apšvietimas, saugos ir sveikatos apsaugos ženklai, signalizacijos ir ryšių priemonės;
- gamybinės buities patalpų (laikinių) įrengimas.

Siekiant išvengti darbuotojų kritimo iš aukščio, statybos darbų technologijos (vykdymo) projekte turi būti:

- sprendimai darbų aukštyje apimčių mažinimui;
- pastovių atitveriančių konstrukcijų (sienų, plokščių, laiptų, balkonų bei angų aptvarų)

išskirtinis pirmaeilis įrengimas. Be to, turi būti nurodytos:

- laikinų aptvarų montavimo vietos ir tipai;
- saugos lynų ir diržų tvirtinimo vietos;
- technologinė įranga bei pagalbines priemones darbams aukštyje atlikti;
- priemonės ir būdai, kaip darbuotojams patekti į darbo vietas;
- jei reikia, distanciniai krovinių atkabinimo įtaisai.

Siekiant išvengti konstrukcijų, gaminių ir medžiagų kritimo iš aukščio pavojaus, statybos darbų technologijos (vykdymo) projekte turi būti nurodyta:

- konteineriai ir tara, naudojami vienetinėms ir birioms medžiagoms bei betonui ir skiediniui perkelti;

- krovinių kėlimo reikmenys (stropai, traversai ir montavimo griebtuvai);
- kabinimo būdai, užtikrinantys sandėliuojamų ir montuojamų elementų perkėlimą į

nurodytą vietą;

- įrenginiai (piramidės, kasetės), užtikrinantys sandėliuojamų konstrukcinių elementų stabilumą;

- gaminių, medžiagų, įrenginių sandėliavimo būdai ir vietos;
- montuojamų (demonuojamų) konstrukcijų laikino ir pastovaus tvirtinimo būdai;
- surenkamų elementų laikino tvirtinimo būdai, vykdant pastatų ir statinių konstrukcijų

demontavimo darbus;

- statybinių medžiagų atliekų ir šiukšlių pašalinimo būdai;
- apsauginių perdengimų (paklotų) arba stogelių įrengimo vietos ir konstrukcija.

Naudojant statybines mašinas ir mechanizmus, statybos darbų technologijos (vykdymo) projekte reikia numatyti:

- statybinių mašinų ir mechanizmų tipą, jų pastatymo vietas ir darbo režimą, atsižvelgiant į darbų technologiją ir esamas statybos sąlygas;

- priemones, pašalinančias kenksmingų ir/arba pavojingų veiksnių poveikį operatoriui ir šalia jo dirbantiems žmonėms;

- priemonės, ribojančias statybinės mašinos darbo zoną, kad į ją nepatektų žmonių buvimo vietos, taip pat mašinos darbo zonos aptvėrimą;

- ypatingas mašinų statymo sąlygas žemės nuogriūvų ribose, ant supilto grunto, nuokalnėje ar panašiai.

Darbus atliekant iškasose ar tranšėjose turi būti nurodytas:

- saugus iškasų šlaitų nuolydis arba iškasų šlaitų sutvirtinimo būdas ir įrengimo technologija;

- įėjimo ir išėjimo į iškasas ar tranšėjas būdas;

- esant reikalui, vandens šalinimo būdai.

Siekiant apsaugoti darbuotojus nuo pavojingo elektros srovės poveikio, reikia numatyti:

- laikinų elektros įrenginių įrengimo tvarką, įtampas, laikinas elektros jėgos ir apšvietimo tinklų trąsas, srovinių dalių aptvėrimo būdus ir įvadinių - paskirstymo sistemų ir prietaisų išdėstymą;

- elektros įrenginių metalinių dalių įžeminimo būdus;

- papildomas saugos priemonės vykdant darbus pavojingose ir labai pavojingose patalpose, taip pat analogiškomis sąlygomis jų išorėje;

- saugius darbų atlikimo būdus elektros perdavimo linijų apsauginėse zonose bei šalia veikiančių elektros įrenginių.

Siekiant darbuotojus apsaugoti nuo kenksmingų veiksnių poveikio (triukšmo, vibracijos, kenksmingų medžiagų darbo zonos ore) būtina:

- nustatyti darbo vietas, kuriose dėl darbų technologijos ar darbo sąlygų gali atsirasti kenksmingi veiksniai;

- numatyti darbuotojų apsaugos nuo kenksmingų gamybinių veiksnių priemonės;

- esant reikalui, numatyti kenksmingų ir/arba pavojingų medžiagų laikymo vietas, būdus.

Organizacinių priemonių, užtikrinančių darbuotojų saugą ir sveikatą, statybviečių įrengimo plane turi būti numatyta:

- darbai, kurių vykdymui reikalinga paskyra - leidimas;

- rangovo ir užsakovo bendros darbuotojų saugą ir sveikatą užtikrinančios priemonės dirbant veikiančios įmonės teritorijoje;

- statybos darbų vykdymo tvarka, esant keliems rangovams vienoje statybvietėje, atsižvelgiant į statybvietės įrengimo saugos ir sveikatos priemonių planą.[14]

IŠVADOS

1. Darbe suskaičiuotas stogo šilumos perdavimo koeficientas. Jo vertė yra $U = 0,18$ $W/(m^2K)$, kuri neviršija norminio šilumos perdavimo koeficiento prekybos paskirties pastatams – $0,23$ $W/(m^2K)$.

2. Suprojektuota plieninė ekscentriškai gniuždoma kolona K1 pagal STR 2.05.08:2005 ir EN 1993-1-1 Eurocode 3 projektavimo normas. Suprojektavus koloną rasti skirtumai tarp šių projektavimo normų. Projektuoti koloną pagal STR 2:05.08:2005 yra ekonomiškiau nei pagal EN 1993-1-1:2005 Eurocode 3.

3. Esant dideliems kolonų ilgiams (kai klumpumo jėgos atsarga arti nulinės reikšmės) skaičiuojant ekscentriškai gniuždomą koloną pagal EN 1993-1-1:2005 Eurocode 3, didėjant kolonos ilgiui klumpumo jėga momento veikimo plokštumoje mažėja sparčiau, nei pagal STR 2.05.08:2005.

4. Skaičiuojant klumpumo jėgą iš momento veikimo plokštumos pagal STR 2:05.08:2005 atsiranda papildomas koeficientas „c“ (įvertinantis profilio tipą, ekscentricitetą, liaunį), kuris lemia didesnę klumpamosios jėgos sumažėjimą didėjant kolonos ilgiui.

5. Prie mažesnių kolonos ilgių (kai salyginio liaunio reikšmė nuo 0 iki 0,2) skaičiuojant pagal EN 1993-1-1:2005 Eurocode 3 klumpumo koeficientas nekinta ir yra lygus 1.

6. Palyginus dvi vienšlaites santvaras – SN2 plieninę ir SN3 medinę, nustatyta, kad montuojant medines SN3 santvaras bendros išlaidos yra 18% didesnės, todėl parenkamas ekonomiškescnis variantas.

7. Santvarų montavimui parinktas LIEBHERR LTM1060-3.1 kranas. Santvaroms sumontuoti maksimalus darbininkų skaičius – 6. Sumontuojamos santvaros per 25 darbo dienas.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

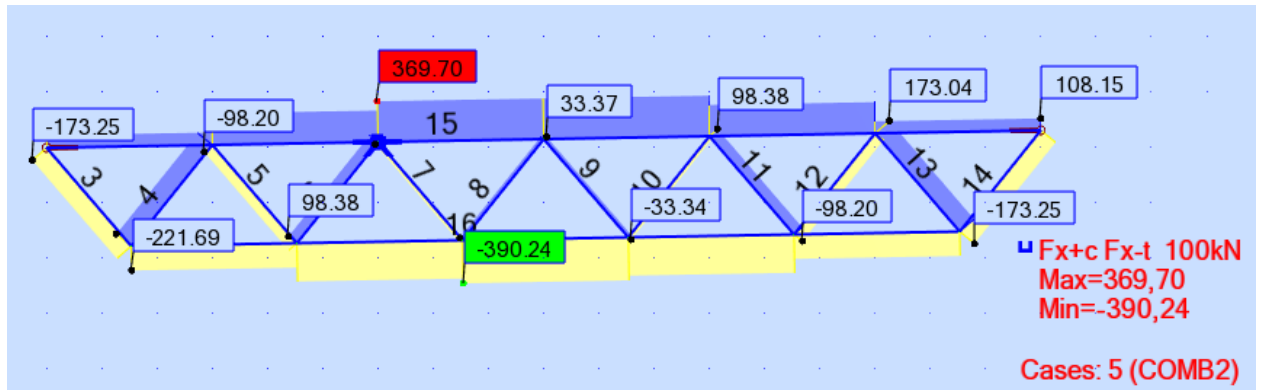
1. Gajauskas, J. Pastatų konstruktoriaus ir statybininko žinynas. 2009. Vilnius: Naujasis lankas, 1520 p.
2. LAKIŪNAS, Gediminas. Pramoninio pastato metalinės konstrukcijos. 1989. Kaunas: KPI, 67 p. UDK 624.014.
3. LST EN 1993-1-1:2005+AC:2006. Eurokodas 3. Plieninių konstrukcijų projektavimas. 1-1 dalis. Bendrosios ir pastatų taisyklės. 2007, Vilnius. 102 p.
4. STR 2.05.08:2005. Praktinio taikymo vadovas. 6 priedas. Medžiagos. Elementų skaičiavimas.
5. STR 2.05.04:2003. Poveikiai ir apkrovos.
6. STR 2.05.08:2005. Plieninių konstrukcijų projektavimas. Pagrindinės nuostatos.
7. STR 2.05.08:2005. Praktinio taikymo vadovas 8 priedas. Jungčių skaičiavimas ir reikalavimai konstrukcijoms projektuoti.
8. STR 2.05.05:2005. Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas.
9. Šapalas, V. Plieninių sijų ir kolonų projektavimas pagal EC3 : kursinio projekto metodikos nurodymai. 2011. Vilnius : Technika, 192 p.
10. STR1.04.04:2017. Statinio projektavimas, projekto ekspertizė.
11. STR 1.01.08:2002. Statinio statybos rūšys.
12. STR 1.01.03:2017. Statinių klasifikavimas.
13. Zavadskas, E. K., Karablikovas A., Malinauskas P. 2008. Statybos procesų technologija. Vilnius: Technika, 573p.
14. Teisės aktas „Saugos ir sveikatos taisyklės statyboje. DT 5-00. 2001-01-11.
15. STR 1.07.01:2017. Statybą leidžiantys dokumentai, statybos užbaigimas.

PRIEDAI

1 PRIEDAS. Santvaros SN-2 skaičiavimai

Skaičiuojama programa „Autodesk ROBOT Structural Analysis“

Maksimalių įrašų schema:



Santvaros SN2 viršutinės juostos skaičiavimas:

STEEL DESIGN

CODE: BS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

ANALYSIS TYPE: Code Group Verification

CODE GROUP: 1 Viršutine juosta

MEMBER: 15 Viršutine juost ly3 lz6_15
0.33 L = 6.00 m

POINT: 1 COORDINATE: x =

LOADS:

Governing Load Case: 5 COMB2 1*1.35+2*1.30

MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: Q 150x150x6

| | | | |
|----------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| h=150 mm | gM0=1.00 | gM1=1.00 | |
| b=150 mm | Ay=1680 mm ² | Az=1680 mm ² | Ax=3360 mm ² |
| tw=6 mm | Iy=11460000 mm ⁴ | Iz=11460000 mm ⁴ | Ix=17915904 mm ⁴ |
| tf=6 mm | Wply=180000 mm ³ | Wplz=180000 mm ³ | |

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

| | | |
|-------------------|-------------------------|----------------------|
| N,Ed = 369.70 kN | My,Ed = -9.78 kN*m | |
| Nc,Rd = 924.00 kN | My,Ed,max = -14.09 kN*m | |
| Nb,Rd = 499.47 kN | My,c,Rd = 49.50 kN*m | Vz,Ed = 25.72 kN |
| | MN,y,Rd = 38.67 kN*m | Vz,c,Rd = 266.74 kN |
| | | Class of section = 1 |



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:

$L_y = 3.00 \text{ m}$ $\lambda_{m,y} = 0.59$
 $L_{cr,y} = 3.00 \text{ m}$ $X_y = 0.89$
 $L_{m,y} = 51.37$ $k_{y,y} = 1.29$



About z axis:

$L_z = 6.00 \text{ m}$ $\lambda_{m,z} = 1.18$
 $L_{cr,z} = 6.00 \text{ m}$ $X_z = 0.54$
 $L_{m,z} = 102.74$ $k_{z,y} = 0.85$

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.40 < 1.00$ (6.2.4.(1))
 $M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.20 < 1.00$ (6.2.5.(1))
 $M_{y,Ed}/M_{N,y,Rd} = 0.25 < 1.00$ (6.2.9.1.(2))
 $V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.10 < 1.00$ (6.2.6.(1))

Global stability check of member:

$\lambda_{m,y} = 51.37 < \lambda_{m,max} = 210.00$ $\lambda_{m,z} = 102.74 < \lambda_{m,max} = 210.00$ STABLE
 $N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) = 0.81 < 1.00$ (6.3.3.(4))
 $N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) = 0.98 < 1.00$ (6.3.3.(4))

Section OK !!!

Santvaros SN2 apatinės juostos skaičiavimas:

STEEL DESIGN

CODE: BS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

ANALYSIS TYPE: Code Group Verification

CODE GROUP: 2 Apatinė juosta

MEMBER: 16 號 卜n
m

POINT: 1

COORDINATE: x = 0.40 L = 6.00

LOADS:

Governing Load Case: 5 COMB2 1*1.35+2*1.30

MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$



SECTION PARAMETERS: Q 100x100x4

| | | | |
|----------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| $h = 100 \text{ mm}$ | $gM0 = 1.00$ | $gM1 = 1.00$ | |
| $b = 100 \text{ mm}$ | $A_y = 745 \text{ mm}^2$ | $A_z = 745 \text{ mm}^2$ | $A_x = 1490 \text{ mm}^2$ |
| $t_w = 4 \text{ mm}$ | $I_y = 2260000 \text{ mm}^4$ | $I_z = 2260000 \text{ mm}^4$ | $I_x = 3538944 \text{ mm}^4$ |
| $t_f = 4 \text{ mm}$ | $W_{ply} = 53300 \text{ mm}^3$ | $W_{plz} = 53300 \text{ mm}^3$ | |

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

$N_{Ed} = -390.24 \text{ kN}$ $M_{y,Ed} = 0.56 \text{ kN} \cdot \text{m}$
 $N_{t,Rd} = 409.75 \text{ kN}$ $M_{y,pl,Rd} = 14.66 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$M_{y,c,Rd} = 14.66 \text{ kN}\cdot\text{m}$
 $MN_{y,Rd} = 0.91 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$V_{z,Ed} = -0.00 \text{ kN}$
 $V_{z,c,Rd} = 118.28 \text{ kN}$
Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:



About z axis:

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$$N_{j,Ed}/N_{t,Rd} = 0.95 < 1.00 \quad (6.2.3.(1))$$

$$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.04 < 1.00 \quad (6.2.5.(1))$$

$$M_{y,Ed}/MN_{y,Rd} = 0.62 < 1.00 \quad (6.2.9.1.(2))$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$$

Section OK !!!

Santvaros SN2 išorinių spyrių skaičiavimas:

STEEL DESIGN

CODE: *BS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: Code Group Verification

CODE GROUP: 3 Išoriniai spyriai

MEMBER: 13 Spyriai l2,34_13 **POINT:** 1
m

COORDINATE: x = 0.00 L = 0.00

LOADS:

Governing Load Case: 5 COMB2 1*1.35+2*1.30

MATERIAL:

S 275 (S 275) $f_y = 275.00 \text{ MPa}$



SECTION PARAMETERS: Q 80x80x4

h=80 mm

gM0=1.00

gM1=1.00

b=80 mm

Ay=585 mm²

Az=585 mm²

Ax=1170 mm²

tw=4 mm

Iy=1110000 mm⁴

Iz=1110000 mm⁴

Ix=1755904 mm⁴

tf=4 mm

Wply=33100 mm³

Wplz=33100 mm³

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

$N_{j,Ed} = 173.04 \text{ kN}$

$N_{c,Rd} = 321.75 \text{ kN}$

$N_{b,Rd} = 241.35 \text{ kN}$

Class of section = 1

**LATERAL BUCKLING PARAMETERS:****BUCKLING PARAMETERS:**

About y axis:

Ly = 2.34 m Lam_y = 0.88
 Lcr,y = 2.34 m Xy = 0.75
 Lamy = 75.97



About z axis:

Lz = 2.34 m Lam_z = 0.88
 Lcr,z = 2.34 m Xz = 0.75
 Lamz = 75.97

VERIFICATION FORMULAS:**Section strength check:**

$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.54 < 1.00$ (6.2.4.(1))

Global stability check of member:

$\Lambda_{bda,y} = 75.97 < \Lambda_{bda,max} = 210.00$ $\Lambda_{bda,z} = 75.97 < \Lambda_{bda,max} = 210.00$ STABLE

$N_{Ed}/N_{b,Rd} = 0.72 < 1.00$ (6.3.1.1.(1))

Section OK !!!

Santvaros SN2 vidinių spyrių skaičiavimas:

STEEL DESIGN

CODE: BS-EN 1993-1:2005/NA:2008/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.

ANALYSIS TYPE: Code Group Verification

CODE GROUP: 4 Vidiniai spyriai

MEMBER: 8 Spyriai l2,34_8 **POINT:** 1

COORDINATE: x = 0.00 L = 0.00

LOADS:

Governing Load Case: 5 COMB2 1*1.35+2*1.30

MATERIAL:

S 275 (S 275) fy = 275.00 MPa

**SECTION PARAMETERS: Q 60x60x3**

| | | | |
|---------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| h=60 mm | gM0=1.00 | gM1=1.00 | |
| b=60 mm | Ay=331 mm ² | Az=331 mm ² | Ax=661 mm ² |
| tw=3 mm | Iy=351000 mm ⁴ | Iz=351000 mm ⁴ | Ix=555579 mm ⁴ |
| tf=3 mm | Wply=14000 mm ³ | Wplz=14000 mm ³ | |

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

N_{Ed} = 33.37 kN
 N_{c,Rd} = 181.78 kN
 N_{b,Rd} = 99.87 kN

Class of section = 1

**LATERAL BUCKLING PARAMETERS:**

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:

$$\begin{aligned} L_y &= 2.34 \text{ m} & \lambda_{m,y} &= 1.17 \\ L_{cr,y} &= 2.34 \text{ m} & X_y &= 0.55 \\ \lambda_{m,y} &= 101.55 \end{aligned}$$



About z axis:

$$\begin{aligned} L_z &= 2.34 \text{ m} & \lambda_{m,z} &= 1.17 \\ L_{cr,z} &= 2.34 \text{ m} & X_z &= 0.55 \\ \lambda_{m,z} &= 101.55 \end{aligned}$$

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$$N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.18 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

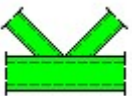

Global stability check of member:

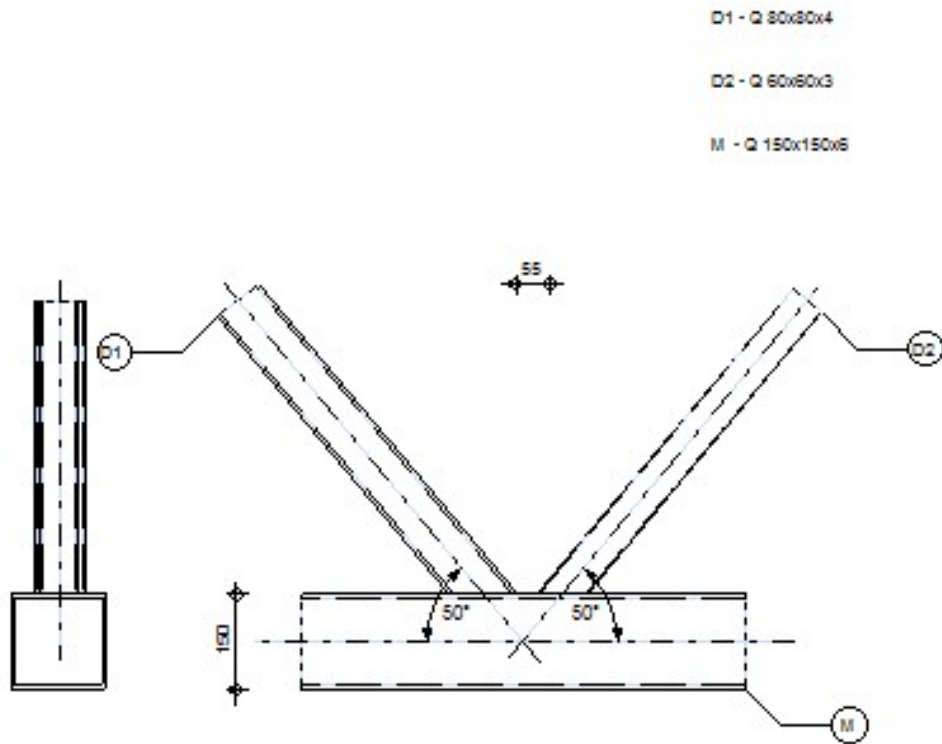
$$\lambda_{m,y} = 101.55 < \lambda_{m,max} = 210.00 \quad \lambda_{m,z} = 101.55 < \lambda_{m,max} = 210.00 \quad \text{STABLE}$$

$$N_{Ed}/N_{b,Rd} = 0.33 < 1.00 \quad (6.3.1.1.(1))$$

Section OK !!!

Santvaros SN2 viršutinės juostos ir spyrių mazgo skaičiavimas:

| | | |
|---|--|---|
|  | Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2016 Design of truss node connection EN 1993-1-8:2005/AC:2009 |  |
| | | Ratio 0,54 |



General

Connection no.: 1
Connection name: Tube
Structure node: 11
Structure bars: 15, 7, 6

Geometry

Bars

| | | Chord | Diagonal 1 | Diagonal 2 | Post | |
|------------------|----------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------|-----|
| Bar no.: | | 15 | 6 | 7 | | |
| Section: | | Q 150x150x6 | Q 80x80x4 | Q 60x60x3 | | |
| | h | 150 | 80 | 60 | | mm |
| | b _r | 150 | 80 | 60 | | mm |
| | t _w | 6 | 4 | 3 | | mm |
| | t _f | 6 | 4 | 3 | | mm |
| | r | 6 | 4 | 3 | | mm |
| Material: | | S 275 | S 275 | S 275 | | |
| | f _y | 275,00 | 275,00 | 275,00 | | MPa |
| | f _u | 430,00 | 430,00 | 430,00 | | MPa |
| Angle | q | 0,0 | 50,2 | 50,2 | | Deg |
| Length | l | 18000 | 2343 | 2343 | | mm |

Offset

e₀ = 0 [mm] Offset

Spacings

g₂ = 55 [mm] Spacing of 2nd diagonal

Welds

a_d = 5 [mm] Thickness of welds of diagonals and posts

Loads

Case: 5: COMB2 1*1.35+2*1.30

Chord

$N_{01,Ed} = -285,38$ [kN] Axial force

$M_{01,Ed} = 9,78$ [kN*m] Bending moment

$N_{02,Ed} = -369,70$ [kN] Axial force

$M_{02,Ed} = 9,78$ [kN*m] Bending moment

Diagonal 1

$N_1 = -98,38$ [kN] Axial force

$M_1 = 0,00$ [kN*m] Bending moment

Diagonal 2

$N_2 = 33,34$ [kN] Axial force

$M_2 = 0,00$ [kN*m] Bending moment

Shear forces were not included in the connection verification. The connection was designed as a truss node.

Results

Capacity verification Eurocode 3: EN 1993-1-8:2005

$\gamma_{M5} = 1,00$ Partial safety factor [Table 2.1]

Failure modes for joints (RHS chord members) [Table 7.10] for $N_{i,Rd}$ and [Table 7.14] for $M_{i,Rd}$

Geometrical parameters

| | | | |
|---------|-------|---|---|
| $b =$ | 0,47 | Coefficient taking account of geometry of connection bars | $b = (b_2 + b_1) / (2 * b_0)$ [1.5 (6)] |
| $g =$ | 12,50 | Coefficient taking account of geometry of the chord | $g = b_0 / (2 * t_0)$ [1.5 (6)] |
| $n =$ | 0,40 | Coefficient taking account of stresses in the chord | $n_0 = s_{0,Ed} / f_{y0}$ |
| $k_n =$ | 0,96 | Coefficient taking account of stresses in the chord | $k_n = 1.3 - 0.4 * n_0 / b$ |

Tube chord face failure

Diagonal 2

| | | | | |
|--------------|--------|------|------------------|---|
| $N_{2,Rd} =$ | 181,14 | [kN] | Tension capacity | $N_{2,Rd} = 8.9 * k_n * f_{y0} * t_0^2 * \ddot{O}g / \sin(q_2) * b$ |
|--------------|--------|------|------------------|---|

| | | | |
|-----------------------|--------------------|----------|--------|
| $ N_2 \leq N_{2,Rd}$ | $ 33,34 < 181,14$ | verified | (0,18) |
|-----------------------|--------------------|----------|--------|

| | | | | |
|--------------|------|--------|--------------------|--|
| $M_{2,Rd} =$ | 2,69 | [kN*m] | Bending resistance | $M_{2,Rd} = k_n * f_{y0} * t_0^2 * h_2 * [1 / (2 * h) + 2 / \ddot{O}[1 - b] + h / (1 - b)] / g_{M5}$ |
|--------------|------|--------|--------------------|--|

| | | | |
|-----------------------|-----------------|----------|--------|
| $ M_2 \leq M_{2,Rd}$ | $ 0,00 < 2,69$ | verified | (0,00) |
|-----------------------|-----------------|----------|--------|

| | | | |
|--|---------------|----------|--------|
| $N_2 / N_{2,Rd} + M_2 / M_{2,Rd} \leq 1$ | $0,18 < 1,00$ | verified | (0,18) |
|--|---------------|----------|--------|

Diagonal 1

| | | | | |
|--------------|--------|------|----------------------|---|
| $N_{1,Rd} =$ | 181,14 | [kN] | Compression capacity | $N_{1,Rd} = 8.9 * k_n * f_{y0} * t_0^2 * \ddot{O}g / \sin(q_1) * b$ |
|--------------|--------|------|----------------------|---|

| | | | |
|-----------------------|---------------------|----------|--------|
| $ N_1 \leq N_{1,Rd}$ | $ -98,38 < 181,14$ | verified | (0,54) |
|-----------------------|---------------------|----------|--------|

| | | | | |
|--------------|------|--------|--------------------|--|
| $M_{1,Rd} =$ | 3,55 | [kN*m] | Bending resistance | $M_{1,Rd} = k_n * f_{y0} * t_0^2 * h_1 * [1 / (2 * h) + 2 / \ddot{O}[1 - b] + h / (1 - b)] / g_{M5}$ |
|--------------|------|--------|--------------------|--|

| | | | |
|-----------------------|-----------------|----------|--------|
| $ M_1 \leq M_{1,Rd}$ | $ 0,00 < 3,55$ | verified | (0,00) |
|-----------------------|-----------------|----------|--------|

| | | | |
|--|---------------|----------|--------|
| $N_1 / N_{1,Rd} + M_1 / M_{1,Rd} \leq 1$ | $0,54 < 1,00$ | verified | (0,54) |
|--|---------------|----------|--------|

Chord punching

Diagonal 2

$b_{e,p} = 24$ [mm] Effective width for punching shear $b_{e,p} = (10 \cdot b_2)/(b_0/t_0)$

$N_{2,Rd} = 297,86$ [kN] Tension capacity $N_{2,Rd} = f_{y0} \cdot t_0 / (\sqrt{3} \cdot \sin(q_2)) \cdot [2 \cdot h_2 / \sin(q_2) + b_2 + b_{e,p}] / \gamma_{M5}$

$|N_2| \leq N_{2,Rd}$ $|33,34| < 297,86$ verified (0,11)

Diagonal 1

$b_{e,p} = 32$ [mm] Effective width for punching shear $b_{e,p} = (10 \cdot b_1)/(b_0/t_0)$

$N_{1,Rd} = 397,15$ [kN] Compression capacity $N_{1,Rd} = f_{y0} \cdot t_0 / (\sqrt{3} \cdot \sin(q_1)) \cdot [2 \cdot h_1 / \sin(q_1) + b_1 + b_{e,p}] / \gamma_{M5}$

$|N_1| \leq N_{1,Rd}$ $|-98,38| < 397,15$ verified (0,25)

Chord shear

Diagonal 2

$A_v = 1884$ [mm²] Shear area of the chord $A_v = (2 \cdot h_0 + a \cdot b_0) \cdot t_0$

$N_{2,Rd} = 389,44$ [kN] Tension capacity $N_{2,Rd} = f_{y0} \cdot A_v / [\sqrt{3} \cdot \sin(q_2)] / \gamma_{M5}$

$|N_2| \leq N_{2,Rd}$ $|33,34| < 389,44$ verified (0,09)

Diagonal 1

$A_v = 1884$ [mm²] Shear area of the chord $A_v = (2 \cdot h_0 + a \cdot b_0) \cdot t_0$

$N_{1,Rd} = 389,44$ [kN] Compression capacity $N_{1,Rd} = f_{y0} \cdot A_v / [\sqrt{3} \cdot \sin(q_1)] / \gamma_{M5}$

$|N_1| \leq N_{1,Rd}$ $|-98,38| < 389,44$ verified (0,25)

Chord resistance

$V_{pl,Rd} = 299,17$ [kN] Plastic resistance for shear $V_{pl,Rd} = (A_v * f_{y0}) / (\sqrt{3} * g_{M0})$

$|V_{Ed}| \leq V_{pl,Rd}$ $|75,58| < 299,17$ verified (0,25)

$N_{0,Rd} = 907,19$ [kN] Compression capacity $N_{0,Rd} = [(A_0 - A_v) * f_{y0} + A_v * f_{y0} * \sqrt{1 - (V_{Ed}/V_{pl,Rd})^2}] / g_{M5}$

$|N_{02}| \leq N_{0,Rd}$ $|-369,70| < 907,19$ verified (0,41)

Verification of welds

Diagonal 2

$b_w = 0,85$ Correlation coefficient [Table 4.1]

$g_{M2} = 1,25$ Partial safety factor [Table 2.1]

Longitudinal weld

$s^{\perp} = 12,53$ [MPa] Normal stress in a weld

$t^{\perp} = 12,53$ [MPa] Perpendicular tangent stress

$t_{||} = 15,52$ [MPa] Tangent stress

$|s^{\perp}| \leq 0,9 * f_u / g_{M2}$ $|12,53| < 309,60$ verified (0,04)

$\sqrt{s^{\perp 2} + 3 * (t^{\perp 2} + t_{||}^2)} \leq f_u / (b_w * g_{M2})$ $36,75 < 404,71$ verified (0,09)

Transverse inner weld

$s^{\perp} = 15,04$ [MPa] Normal stress in a weld

$t^{\perp} = 4,01$ [MPa] Perpendicular tangent stress

$t_{||} = 0,00$ [MPa] Tangent stress

$|s^{\perp}| \leq 0,9 * f_u / g_{M2}$ $|15,04| < 309,60$ verified (0,05)

$\sqrt{s^{\perp 2} + 3 * (t^{\perp 2} + t_{||}^2)} \leq f_u / (b_w * g_{M2})$ $16,57 < 404,71$ verified (0,04)

Transverse outer weld

| | | | |
|---------------|-------|-------|------------------------------|
| $s^{\perp} =$ | 3,77 | [MPa] | Normal stress in a weld |
| $t^{\perp} =$ | 14,93 | [MPa] | Perpendicular tangent stress |
| $t_{II} =$ | 0,00 | [MPa] | Tangent stress |

| | | | |
|---|-------------------|----------|--------|
| $ s^{\perp} \leq 0.9 \cdot f_w / g_{M2}$ | $ 3,77 < 309,60$ | verified | (0,01) |
|---|-------------------|----------|--------|

| | | | |
|--|------------------|----------|--------|
| $\ddot{O}[s^{\perp 2} + 3 \cdot (t^{\perp 2} + t_{II}^2)] \leq f_w / (b_w \cdot g_{M2})$ | $26,14 < 404,71$ | verified | (0,06) |
|--|------------------|----------|--------|

Diagonal 1

| | | | |
|------------|------|-------------------------|-------------|
| $b_w =$ | 0,85 | Correlation coefficient | [Table 4.1] |
| $g_{M2} =$ | 1,25 | Partial safety factor | [Table 2.1] |

Longitudinal weld

| | | | |
|-------------------|--------|-------|------------------------------|
| $s^{\parallel} =$ | -28,08 | [MPa] | Normal stress in a weld |
| $t^{\perp} =$ | -28,08 | [MPa] | Perpendicular tangent stress |
| $t_{II} =$ | -34,35 | [MPa] | Tangent stress |

| | | | |
|---|---------------------|----------|--------|
| $ s^{\parallel} \leq 0.9 \cdot f_w / g_{M2}$ | $ -28,08 < 309,60$ | verified | (0,09) |
|---|---------------------|----------|--------|

| | | | |
|--|------------------|----------|--------|
| $\ddot{O}[s^{\parallel 2} + 3 \cdot (t^{\perp 2} + t_{II}^2)] \leq f_w / (b_w \cdot g_{M2})$ | $81,82 < 404,71$ | verified | (0,20) |
|--|------------------|----------|--------|

Transverse inner weld

| | | | |
|---------------|--------|-------|------------------------------|
| $s^{\perp} =$ | -33,02 | [MPa] | Normal stress in a weld |
| $t^{\perp} =$ | -8,27 | [MPa] | Perpendicular tangent stress |
| $t_{II} =$ | 0,00 | [MPa] | Tangent stress |

| | | | |
|---|---------------------|----------|--------|
| $ s^{\perp} \leq 0.9 \cdot f_w / g_{M2}$ | $ -33,02 < 309,60$ | verified | (0,11) |
|---|---------------------|----------|--------|

| | | | |
|--|------------------|----------|--------|
| $\ddot{O}[s^{\perp 2} + 3 \cdot (t^{\perp 2} + t_{II}^2)] \leq f_w / (b_w \cdot g_{M2})$ | $35,99 < 404,71$ | verified | (0,09) |
|--|------------------|----------|--------|

Transverse outer weld

| | | | |
|---------------|--------|-------|------------------------------|
| $s^{\perp} =$ | -7,75 | [MPa] | Normal stress in a weld |
| $t^{\perp} =$ | -32,77 | [MPa] | Perpendicular tangent stress |
| $t_{ } =$ | 0,00 | [MPa] | Tangent stress |

| | | | |
|---|--------------------|----------|--------|
| $ s^{\perp} \leq 0.9 \cdot f_w / g_{M2}$ | $ -7,75 < 309,60$ | verified | (0,03) |
| $\sqrt{s^{\perp 2} + 3 \cdot (t^{\perp 2} + t_{ }^2)} \leq f_w / (b_w \cdot g_{M2})$ | $57,29 < 404,71$ | verified | (0,14) |

| | | |
|--|-------|------|
| Connection conforms to the code | Ratio | 0,54 |
|--|-------|------|

2 PRIEDAS. Medinės santvaros SN3 skaičiavimai

Skaičiuojama programa „Autodesk ROBOT Structural Analysis“

Viršutinės juostos skaičiavimas:

TIMBER STRUCTURE CALCULATIONS

CODE: [EN 1995-1:2004/A2:2014](#)
ANALYSIS TYPE: [Code Group Verification](#)

CODE GROUP: 5 [Viršutine-juosta-medis](#)
MEMBER: 15 [Timber Member_15](#)
15.00 m

POINT: 1 COORDINATE: $x = 0.83 L =$

LOADS:

Governing Load Case: 5 COMB2 1*1.35+2*1.30

MATERIAL GL24h

| | | | |
|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| $g_M = 1.25$ | $f_{m,0,k} = 24.00 \text{ MPa}$ | $f_{t,0,k} = 19.20 \text{ MPa}$ | $f_{c,0,k} = 24.00 \text{ MPa}$ |
| $f_{v,k} = 3.50 \text{ MPa}$ | $f_{t,90,k} = 0.50 \text{ MPa}$ | $f_{c,90,k} = 2.50 \text{ MPa}$ | $E_{0,moyen} = 11500.00 \text{ MPa}$ |
| $E_{0,05} = 9600.00 \text{ MPa}$ | $G_{moyen} = 650.00 \text{ MPa}$ | Service class: 1 | Beta c = 1.00 |



SECTION PARAMETERS: BEAM 200x250
ht=250 mm

| | | | |
|-----------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| bf=200 mm | Ay=33333 mm ² | Az=33333 mm ² | Ax=50000 mm ² |
| tw=100 mm | Iy=260417000 mm ⁴ | Iz=166667000 mm ⁴ | Ix=343475000 mm ⁴ |
| tf=100 mm | Wy=2083336 mm ³ | Wz=1666670 mm ³ | |

STRESSES

Sig_{c,0,d} = N/Ax = 108.93/50000 = 2.18 MPa
 Sig_{m,y,d} = MY/Wy = 13.75/2083336 = 6.60 MPa

ALLOWABLE STRESSES

f_{c,0,d} = 11.52 MPa
 f_{m,y,d} = 12.57 MPa
 f_{v,d} = 1.68 MPa

Tau_{z,d} = 1.5*30.26/50000 = 0.91 MPa

Factors and additional parameters

kh = 1.10 kh_y = 1.09 kmod = 0.60 K_{sys} = 1.00 kcr = 0.67



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About Y axis:



About Z axis:

VERIFICATION FORMULAS:

(Sig_{c,0,d}/f_{c,0,d})² + Sig_{m,y,d}/f_{m,y,d} = (2.18/11.52)² + 6.60/12.57 = 0.56 < 1.00 (6.19)

(Tau_{z,d}/kcr)/f_{v,d} = (0.91/0.67)/1.68 = 0.81 < 1.00 (6.13)

Section OK !!!

Apatinės juostos skaičiavimas:

TIMBER STRUCTURE CALCULATIONS

CODE: [EN 1995-1:2004/A2:2014](#)

ANALYSIS TYPE: [Code Group Verification](#)

CODE GROUP: **6 Apatine-juosta-medis**

MEMBER: **16 號 1n**

POINT: **1**

COORDINATE: **x = 0.40 L = 6.00 m**

LOADS:

Governing Load Case: **5 COMB2 1*1.35+2*1.30**

MATERIAL **GL24h**

| | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| gM = 1.25 | f _{m,0,k} = 24.00 MPa | f _{t,0,k} = 19.20 MPa | f _{c,0,k} = 24.00 MPa |
| f _{v,k} = 3.50 MPa | f _{t,90,k} = 0.50 MPa | f _{c,90,k} = 2.50 MPa | E _{0,moyen} = 11500.00 MPa |
| E _{0,05} = 9600.00 MPa | G _{moyen} = 650.00 MPa | Service class: 1 | Beta _c = 1.00 |



SECTION PARAMETERS: BEAM 200x225

| | | | |
|-----------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| ht=225 mm | Ay=30000 mm ² | Az=30000 mm ² | Ax=45000 mm ² |
| bf=200 mm | Iy=189844000 mm ⁴ | Iz=150000000 mm ⁴ | Ix=282851000 mm ⁴ |
| tw=100 mm | Wy=1687502 mm ³ | Wz=1500000 mm ³ | |
| tf=100 mm | | | |

STRESSES

$\text{Sig}_{t,0,d} = N/A_x = -389.00/45000 = -8.64 \text{ MPa}$
 $\text{Sig}_{m,y,d} = MY/W_y = -2.26/1687502 = -1.34 \text{ MPa}$

$\text{Tau}_{z,d} = 1.5 \cdot -0.00/45000 = -0.00 \text{ MPa}$

ALLOWABLE STRESSES

$f_{t,0,d} = 10.14 \text{ MPa}$
 $f_{m,y,d} = 12.67 \text{ MPa}$
 $f_{v,d} = 1.68 \text{ MPa}$

Factors and additional parameters

$kh = 1.10$ $kh_y = 1.10$ $k_{mod} = 0.60$ $K_{sys} = 1.00$ $k_{cr} = 0.67$

**LATERAL BUCKLING PARAMETERS:**

BUCKLING PARAMETERS:

About Y axis:



About Z axis:

VERIFICATION FORMULAS:

$\text{Sig}_{t,0,d}/f_{t,0,d} + \text{Sig}_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 8.64/10.14 + 1.34/12.67 = 0.96 < 1.00 \quad (6.17)$

$(\text{Tau}_{z,d}/k_{cr})/f_{v,d} = (0.00/0.67)/1.68 = 0.00 < 1.00 \quad (6.13)$

Section OK !!!

Išorinių spyrių skaičiavimas:

TIMBER STRUCTURE CALCULATIONS

CODE: EN 1995-1:2004/A2:2014**ANALYSIS TYPE:** Code Group Verification

CODE GROUP: 7 Isoriniai-spyriai-medis**MEMBER:** 14 Timber Member_14
0.00 m**POINT:** 1 **COORDINATE:** x = 0.00 L =

LOADS:

Governing Load Case: 5 COMB2 1*1.35+2*1.30

MATERIAL GL24h

| | | | |
|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| $g_M = 1.25$ | $f_{m,0,k} = 24.00 \text{ MPa}$ | $f_{t,0,k} = 19.20 \text{ MPa}$ | $f_{c,0,k} = 24.00 \text{ MPa}$ |
| $f_{v,k} = 3.50 \text{ MPa}$ | $f_{t,90,k} = 0.50 \text{ MPa}$ | $f_{c,90,k} = 2.50 \text{ MPa}$ | $E_{0,moyen} = 11500.00 \text{ MPa}$ |
| $E_{0,05} = 9600.00 \text{ MPa}$ | $G_{moyen} = 650.00 \text{ MPa}$ | Service class: 1 | Beta c = 1.00 |

**SECTION PARAMETERS: SQR 125x140**

| | | | |
|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| $h_t = 140 \text{ mm}$ | $A_y = 11667 \text{ mm}^2$ | $A_z = 11667 \text{ mm}^2$ | $A_x = 17500 \text{ mm}^2$ |
| $b_f = 125 \text{ mm}$ | $I_y = 28583000 \text{ mm}^4$ | $I_z = 22786000 \text{ mm}^4$ | $I_x = 42797000 \text{ mm}^4$ |
| $t_w = 63 \text{ mm}$ | $W_y = 408329 \text{ mm}^3$ | $W_z = 364576 \text{ mm}^3$ | |
| $t_f = 63 \text{ mm}$ | | | |

STRESSES

$\text{Sig}_{t,0,d} = N/A_x = -173.11/17500 = -9.89 \text{ MPa}$

ALLOWABLE STRESSES

$f_{t,0,d} = 10.14 \text{ MPa}$

Factors and additional parameters

kh = 1.10 kmod = 0.60 Ksys = 1.00

**LATERAL BUCKLING PARAMETERS:****BUCKLING PARAMETERS:**

About Y axis:



About Z axis:

VERIFICATION FORMULAS:

$\text{Sig}_{t,0,d}/f_{t,0,d} = 9.89/10.14 = 0.98 < 1.00$ (6.1)

Section OK !!!

Vidinių spyrių skaičiavimas:

TIMBER STRUCTURE CALCULATIONS

CODE: EN 1995-1:2004/A2:2014

ANALYSIS TYPE: Code Group Verification

CODE GROUP: 8 Vidiniai-spyriai-medis

MEMBER: 7 Timber Member_7 **POINT:** 1

COORDINATE: x = 0.00 L = 0.00 m

LOADS:

Governing Load Case: 5 COMB2 1*1.35+2*1.30

MATERIAL GL24h

| | | | |
|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| gM = 1.25 | f _{m,0,k} = 24.00 MPa | f _{t,0,k} = 19.20 MPa | f _{c,0,k} = 24.00 MPa |
| f _{v,k} = 3.50 MPa | f _{t,90,k} = 0.50 MPa | f _{c,90,k} = 2.50 MPa | E _{0,moyen} = 11500.00 MPa |
| E _{0,05} = 9600.00 MPa | G _{moyen} = 650.00 MPa | Service class: 1 | Beta _c = 1.00 |

**SECTION PARAMETERS: SQR 100x100**

| | | | |
|-----------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| ht=100 mm | Ay=6667 mm ² | Az=6667 mm ² | Ax=10000 mm ² |
| bf=100 mm | Iy=8333000 mm ⁴ | Iz=8333000 mm ⁴ | Ix=14083000 mm ⁴ |
| tw=50 mm | Wy=166660 mm ³ | Wz=166660 mm ³ | |
| tf=50 mm | | | |

STRESSES

$\text{Sig}_{t,0,d} = N/A_x = -32.98/10000 = -3.30$ MPa

ALLOWABLE STRESSES

f_{t,0,d} = 10.14 MPa

Factors and additional parameters

kh = 1.10 kmod = 0.60 Ksys = 1.00

**LATERAL BUCKLING PARAMETERS:****BUCKLING PARAMETERS:**

About Y axis:



About Z axis:

VERIFICATION FORMULAS:

$$\text{Sig}_{t,0,d}/f_{t,0,d} = 3.30/10.14 = 0.33 < 1.00 \quad (6.1)$$

Section OK !!!

3 PRIEDAS. Kolonos K1 skaičiavimas pagal EC3

Skaičiuojama „Mathcad“ programa.

Plieno stiprio įtaka skerspjūvio klasei

$$\varepsilon_{\text{ww}} := \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0.924$$

Skerspjūvio lentynos veikiamą dalį

EC3 5.2 lentelė

$$c_f := \frac{B}{2} - \frac{t_w}{2} - r = 95.25$$

$$9 \cdot \varepsilon = 8.32$$

$$10 \cdot \varepsilon = 9.244$$

$$14 \cdot \varepsilon = 12.942$$

$$\frac{c_f}{t_f} = 7.938$$

$$33 \cdot \varepsilon = 30.506$$

$$38 \cdot \varepsilon = 35.128$$

$$42 \cdot \varepsilon = 38.825$$

Skerspjūvio sienelės veikiamą dalį

$$c_w := H - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r = 164$$

$$\frac{c_w}{t_w} = 21.867$$

lentynos klasė

sienelės klasė

$$\frac{c_f}{t_f} = 7.8 \leq 9 \cdot \varepsilon = 8.32$$

$$\frac{c_w}{t_w} = 21.87 \leq 33 \cdot \varepsilon = 30.50$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

Laikomoji galia, salyga

$$M_{y,Rd} = M_{z,pl,Rd} = \frac{W_{y,pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{744.68 \cdot 10^{-6} \cdot 275 \cdot 10^6}{1.0} = 204.79 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rd} = M_{z,pl,Rd} = \frac{W_{z,pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{351.7 \cdot 10^{-6} \cdot 275 \cdot 10^6}{1.0} = 96.72 \text{ kNm}$$

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{199.28 \text{ kN}}{2113 \text{ kN}} + \frac{37.39 \text{ kNm}}{204.79 \text{ kNm}} + \frac{27.32 \text{ kNm}}{96.72 \text{ kNm}} = 0.56 < 1.0$$

$$\frac{199.28}{2113} + \frac{37.39}{204.79} + \frac{27.32}{96.72} = 0.559$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \cdot \frac{1}{\lambda_1}$$

α - nuokrypos koeficientas [[3]6.1 lent.]; N_{cr} - atitinkamos klupumo formos tamprioji kritinė jėga, pagrįsta bendrojo skerspjūvio savybėmis.

$$L_{cr,y} = \mu_y \cdot L_y = 0.7 \cdot 12.2 = 8.54 \text{ m}$$

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93.9 \cdot \epsilon = 86.8$$

$$L_{cr,z} = \mu_z \cdot L_z = 0.7 \cdot 12.2 = 8.54 \text{ m}$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{8.54}{0.1005} \cdot \frac{1}{86.80} = 0.979$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} \cdot \frac{1}{\lambda_1} = \frac{8.54}{0.06} \cdot \frac{1}{86.80} = 1.64$$

$$\phi_y = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_y \cdot (\bar{\lambda}_y - 0.2) + (\bar{\lambda}_y)^2 \right] \quad \phi_y = 0.5 \times 1 + 0.34(0.979 - 0.2) + 0.979^2 = 1.112$$

$$\phi_z = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_z \cdot (\bar{\lambda}_z - 0.2) + (\bar{\lambda}_z)^2 \right] \quad \phi_z = 0.5 \times 1 + 0.49(1.64 - 0.2) + 1.64^2 = 2.197$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - (\bar{\lambda}_y)^2}} = \frac{1}{1.112 + \sqrt{1.112^2 - 0.979^2}} = 0.61$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - (\bar{\lambda}_z)^2}} = \frac{1}{2.197 + \sqrt{2.197^2 - 1.64^2}} = 0.273$$

$$N_{Rk} = f_y \cdot A$$

$$M_{y,Rk} = f_y \cdot W_{y,pl}$$

$$M_{z,Rk} = f_z \cdot W_{z,pl}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \leq 1.0$$

supaprastintos

$$\left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \right) \cdot \gamma_{M1} \leq 1.0$$

$$\left(\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \right) \cdot \gamma_{M1} \leq 1.0$$

$$\overline{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{744.68 \cdot 275}{227.12 \cdot 10^3}} = 0.95$$

$$\phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\overline{\lambda}_{LT} - \overline{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot (\overline{\lambda}_{LT})^2 \right]$$

$$\phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + 0.34 \cdot (0.95 - 0.4) + 0.75 \cdot 0.95^2 \right] = 0.932$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot (\overline{\lambda}_{LT})^2}} = \frac{1}{0.932 + \sqrt{0.932^2 - 0.75 \cdot 0.95^2}} = 0.73$$

$$\left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \right) \cdot \gamma_{M1} \leq 1.0$$

y

$$\left(\frac{199.28 \cdot 10^3}{0.61 \cdot 2113 \cdot 10^3} + \frac{37.39 \cdot 10^3}{0.73 \cdot 204.8 \cdot 10^3} + \frac{27.32 \cdot 10^3}{96.72 \cdot 10^3} \right) \cdot 1.0 = 0.69 < 1.0$$

$$\left(\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \right) \cdot \gamma_{M1} \leq 1.0$$

z

$$\left(\frac{199.28 \cdot 10^3}{0.273 \cdot 2113 \cdot 10^3} + \frac{37.39 \cdot 10^3}{0.73 \cdot 204.8 \cdot 10^3} + \frac{27.32 \cdot 10^3}{96.72 \cdot 10^3} \right) \cdot 1.0 = 0.88 < 1.0$$

4 PRIEDAS. Santvarų montavimo sąmata, resursų žiniaraščiai

1 variantas

| LOKALINĖ SĄMATA | | | | | | |
|-------------------------------|---|----------------------|-------|---------------------|--------|------------------|
| Sudaryta pagal 2017.03 kainas | | | | | | |
| Suma žiniaraščiui | | 158384.16 EUR | | | | |
| Sąm. | Darbų ir išlaidų | Mato | Norma | Kiekis | Kaina | Iš viso |
| eil. | aprašymai | vnt | | | EUR | EUR |
| 1 | | | | | | |
| 1 N13-202 | | m2 | | 1153,2 | | |
| | Metalingų didelių (ištisinių) paviršių padengimas ugniai atspariais dažais 2150 mikronų sluoksniu purkštuvu k8=1.17 | | | | | |
| | Darbo sąn. kateg. 4.3 | žm.val. | 0,18 | 207,576 | 5,7 | 1183,18 |
| 230436 | Gruntas Pyrotect | kg | 0,2 | 230,64 | 6,23 | 1436,89 |
| 230437 | Dažai Pyrotect | kg | 3,5 | 4036,2 | 8,26 | 33339,01 |
| 368184 | Kompresorius kilnojamas su el. varikliu | maš.val | 0,13 | 149,916 | 2,88 | 431,76 |
| N13-202 | Darbo užm. 1183.18 | Medžiagos 34775.90 | | Mechanizmai 431.76 | | Iš viso 36390.84 |
| 2 N9P-0102 | | t | | 29,362 | | |
| | Metalingų gegnių ir pogeigninių santvarų montavimas , kai anga iki 18m, santvarų masė iki 1,0t k8=1.09 | | | | | |
| | Darbo sąn. kateg. 4.5 | žm.val. | 24,0 | 704,688 | 5,78 | 4073,1 |
| 120038 | Suvirinimo elektrodai | kg | 3,8 | 111,5756 | 1,94 | 216,46 |
| 120051 | Tvirtinimo varžtai (įvairūs) | kg | 13,0 | 381,706 | 1,93 | 736,69 |
| 520003 | Plieninės statybinės konstrukcijos | t | 1,0 | 29,362 | 1511,3 | 44374,79 |
| 520349 | Pagalbinės plieninės montažinės konstrukcijos | kg | 5,0 | 146,81 | 1,51 | 221,68 |
| 534001 | Rąstai 14-24cm st. (spygl., 3 rūš.) | m3 | 0,01 | 0,29362 | 84,78 | 24,89 |
| 380004 | Suvirinimo transformatorius | maš.val | 5,0 | 146,81 | 2,88 | 422,81 |
| 489034 | Kranas ant automob. važiuoklės keliam.galios iki 10 t | maš.val | 1,2 | 35,2344 | 24,45 | 861,48 |
| 489051 | Kranas ant automob. važiuoklės 16 t keliam. galios | maš.val | 1,4 | 41,1068 | 28,86 | 1186,34 |
| N9P-0102 | Darbo užm. 4073.10 | Medžiagos 45574.51 | | Mechanizmai 2470.63 | | Iš viso 52118.24 |
| 3 N9P-0102 | | t | | 10,457 | | |
| | Metalingų gegnių ir pogeigninių santvarų montavimas , kai anga iki 24m, santvarų masė iki 3,0t k8=1.09 | | | | | |
| | Darbo sąn. kateg. 4.5 | žm.val. | 15,4 | 161,0378 | 5,78 | 930,8 |
| 120038 | Suvirinimo elektrodai | kg | 3,0 | 31,371 | 1,94 | 60,86 |
| 120051 | Tvirtinimo varžtai (įvairūs) | kg | 0,8 | 8,3656 | 1,93 | 16,15 |
| 520003 | Plieninės statybinės konstrukcijos | t | 1,0 | 10,457 | 1511,3 | 15803,66 |
| 520349 | Pagalbinės plieninės montažinės konstrukcijos | kg | 1,0 | 10,457 | 1,51 | 15,79 |
| 534001 | Rąstai 14-24cm st. (spygl., 3 rūš.) | m3 | 0,01 | 0,10457 | 84,78 | 8,87 |
| 380004 | Suvirinimo transformatorius | maš.val | 3,9 | 40,7823 | 2,88 | 117,45 |

| | | | | | | |
|---------------------|--|--------------------|------|--------------------|----------------------------|------------------|
| 489034 | Kranas ant automob. važiuklės keliam.galios iki 10 t | maš.val | 0,6 | 6,2742 | 24,45 | 153,4 |
| 489051 | Kranas ant automob. važiuklės 16 t keliam. galios | maš.val | 0,8 | 8,3656 | 28,86 | 241,43 |
| N9P-0102 | Darbo užm. 930.80 | Medžiagos 15905.33 | | Mechanizmai 512.28 | | Iš viso 17348.41 |
| Iš viso skyriuje 1 | Darbo užm. 6187 | Medžiagos 96256 | | Mechanizmai 3415 | | Iš viso 105858 |
| Viso žiniaraštyje 1 | Darbo užm. 6187 | Medžiagos 96256 | | Mechanizmai 3415 | | Iš viso 105858 |
| | Papildomų medžiagų vertė 3.00% | | | 2888 | | |
| | Papildomų mechanizmų vertė 3.00% | | | | 102 | |
| | Sezoniniai darbai 15.00% (0) | | | | | |
| | Specifiniai darbai 17.00% | | 652 | | | |
| | Papildomas darbo užmokestis 8.00%(6187+652) | | 547 | | | |
| | Viso: | | 7386 | 99144 | 3517 | 110047 |
| | Soc.draudimo išlaidos 31.00%(6187+652+547) | | 2290 | | | |
| | Statinio statybos išlaidos | Viso: | 9676 | 99144 | 3517 | 112337 |
| | Statyb vietės išlaidos 9.00% | | | | | 10110 |
| | Iš viso tiesioginės išlaidos | | | | | 122447 |
| | Pridėtinės išlaidos 30.00%(6187+652+547) | | | | | 2216 |
| | Pelnas 5.00%(122447+2216) | | | | | 6233 |
| | Iš viso netiesioginės išlaidos | | | | | 8449 |
| | | | | | Bendra vertė be PVM | 130896 |
| | Pridėtinės vertės mokestis 21.00% | | | | | 27488,16 |
| | | | | | Bendra vertė su PVM | 158384,16 |

| DARBO UŽMOKESCIO ŽINIARAŠTIS | | | | | | | | |
|-------------------------------|-----------------|---|------|--------|-------------------------|------------|-------------------|------------------|
| Sudaryta pagal 2017.03 kainas | | | | | | | | |
| Sam. | Darbo | Darbų ir išlaidų | Mato | Kiekis | Darbo sąnaudos žm./val. | Kategorija | Tarifinis atlygis | Darbo užmok. EUR |
| eil. | kodas | aprašymai | vnt | | | | | |
| | 1 | | | | | | | |
| 1 | N13-202 | Metalinių didelių (ištisinių) paviršių padengimas ugniai atspariais dažais 2150 mikronų sluoksniu purkštuvu k8=1.17 | m2 | 1153,2 | 207,58 | 4,3 | 5,7 | 1183,18 |
| 2 | N9P-0102 | Metalinių gegnių ir pogeogninių santvarų montavimas , kai anga iki 18m, santvarų masė iki 1,0t k8=1.09 | t | 29,362 | 704,69 | 4,5 | 5,78 | 4073,1 |
| 3 | N9P-0102 | Metalinių gegnių ir pogeogninių santvarų montavimas , kai anga iki 24m, santvarų masė iki 3,0t k8=1.09 | t | 10,457 | 161,04 | 4,5 | 5,78 | 930,8 |
| | | | | | | | | |
| Iš viso skyriuje 1 | | | | | 1073,3 | | | 6187,0 |
| Iš viso žiniaraštyje 1 | | | | | 1073,3 | | | 6187,0 |

| MEDŽIAGŲ POREIKIO ŽINIARAŠTIS | | | | | |
|--------------------------------------|---|----------|-----------|----------|-----------------|
| Sudaryta pagal 2017.03 kainas | | | | | |
| Resurso kodas | Pavadinimas | Mato vnt | Kaina EUR | Kiekis | Vertė EUR |
| 1 | | | | | |
| 120038 | Suvirinimo elektrodai | kg | 1,94 | 142,9466 | 277,32 |
| 120051 | Tvirtinimo varžtai (įvairūs) | kg | 1,93 | 390,0716 | 752,84 |
| 230436 | Gruntas Pyroprotect | kg | 6,23 | 230,64 | 1436,89 |
| 230437 | Dažai Pyroprotect | kg | 8,26 | 4036,2 | 33339,01 |
| 520003 | Plieninės statybinės konstrukcijos | t | 1511,3 | 39,819 | 60178,45 |
| 520349 | Pagalbinės plieninės montažinės konstrukcijos | kg | 1,51 | 157,267 | 237,47 |
| 534001 | Rąstai 14-24cm st. (spygl., 3 rūš.) | m3 | 84,78 | 0,39819 | 33,76 |
| | Skyriuje 1: | | | | 96255,74 |
| | žiniaraštyje 1: | | | | 96255,74 |

| MECHANIZMŲ POREIKIO ŽINIARAŠTIS | | | | |
|--|---|----------------------|------------------------|----------------|
| Sudaryta pagal 2017.03 kainas | | | | |
| Resurso kodas | Pavadinimas | Darbo val. kaina EUR | Darbo valandų skaičius | Vertė EUR |
| 1 | | | | |
| 368184 | Kompresorius kilnojamas su el. varikliu | 2,88 | 149,916 | 431,76 |
| 380004 | Suvirinimo transformatorius | 2,88 | 187,5923 | 540,27 |
| 489034 | Kranas ant automob. važiuoklės keliam.galios iki 10 t | 24,45 | 41,5086 | 1014,89 |
| 489051 | Kranas ant automob. važiuoklės 16 t keliam. galios | 28,86 | 49,4724 | 1427,77 |
| | Skyriuje 1: | | | 3414,69 |
| | žiniaraštyje 1: | | | 3414,69 |

2 variantas

| LOKALINĖ SĄMATA | | | | | | |
|-------------------------------|---|----------------------|-------|----------|-----------|-------------|
| Sudaryta pagal 2017.03 kainas | | | | | | |
| Suma žiniaraščiui | | 186803.43 EUR | | | | |
| Sąm. eil. | Darbų ir išlaidų aprašymai | Mato vnt | Norma | Kiekis | Kaina EUR | Iš viso EUR |
| 1 | | | | | | |
| 1 | N10-210-7 | 100m2 | | 14,634 | | |
| | Medinių paviršių padengimas ugniai atspariais dažais ir apsauginiu laku k8=1.17 | | | | | |
| | Darbo sąn. kateg. 4.5 | žm.val. | 15,8 | 231,2172 | 5,78 | 1336,44 |
| 230416 | Ugniai atsparus gruntas (medinėms konstrukcijoms) | kg | 10,0 | 146,34 | 3,06 | 447,8 |
| 230417 | Ugniai atsparūs dažai (medinėms konstrukcijoms) | kg | 35,0 | 512,19 | 8,26 | 4230,69 |

| | | | | | | |
|--|--|---------|---------------------|----------|------------------|----------|
| 230418 | Ugniai atsparus lakas (medinėms konstrukcijoms) | kg | 6,0 | 87,804 | 10,29 | 903,5 |
| 368184 | Kompresorius kilnojamas su el. varikliu | maš.val | 7,9 | 115,6086 | 2,88 | 332,95 |
| N10-210-7 Darbo užm. 1336.44 Medžiagos 5581.99 | | | Mechanizmai 332.95 | | Iš viso 7251.38 | |
| 2 N10P-0301 | | vnt | | 34,0 | | |
| | Medinių santvarų ir arkų, surenkamų iš segmentų, montavimas, kai tarpatramis iki 18m | | | | | |
| | Darbo sąn. kateg. 3.5 | žm.val. | 23,0 | 782,0 | 5,25 | 4105,5 |
| 120052 | Tvirtinimo varžtai (statybiniai) | kg | 21,0 | 714,0 | 1,93 | 1378,02 |
| 260063 | Metaliniai elementai | kg | 1,0 | 34,0 | 2,01 | 68,34 |
| 261196 | Medinės santvaros, arkos | vnt | 1,0 | 34,0 | 2457,1 | 83541,4 |
| 534021 | Neapipjaautos lentos 40mm st. ir daugiau (4rūš.) | m3 | 0,06 | 2,04 | 154,97 | 316,14 |
| 534028 | Pusrąščiai (spygl., 4 rūš.) | m3 | 0,03 | 1,02 | 154,97 | 158,07 |
| 489131 | Kranas | maš.val | 2,8 | 95,2 | 24,45 | 2327,64 |
| 489244 | Smulkūs mechanizmai su el. varikliu | maš.val | 5,0 | 170,0 | 0,5 | 85,0 |
| N10P-0301 Darbo užm. 4105.50 Medžiagos 85461.97 | | | Mechanizmai 2412.64 | | Iš viso 91980.11 | |
| 3 N13-202 | | m2 | | 296,5 | | |
| | Metalinų didelių (ištisinių) paviršių padengimas ugniai atspariais dažais 2150 mikronų sluoksniu purkštuvu k8=1.17 | | | | | |
| | Darbo sąn. kateg. 4.3 | žm.val. | 0,18 | 53,37 | 5,7 | 304,21 |
| 230436 | Gruntas Pyrotect | kg | 0,2 | 59,3 | 6,23 | 369,44 |
| 230437 | Dažai Pyrotect | kg | 3,5 | 1037,75 | 8,26 | 8571,82 |
| 368184 | Kompresorius kilnojamas su el. varikliu | maš.val | 0,13 | 38,545 | 2,88 | 111,01 |
| N13-202 Darbo užm. 304.21 Medžiagos 8941.26 | | | Mechanizmai 111.01 | | Iš viso 9356.48 | |
| 4 N9P-0102 | | t | | 10,457 | | |
| | Metalinų gegnių ir pogežnių santvarų montavimas, kai anga iki 24m, santvarų masė iki 3,0t k8=1.09 | | | | | |
| | Darbo sąn. kateg. 4.5 | žm.val. | 15,4 | 161,0378 | 5,78 | 930,8 |
| 120038 | Suvirinimo elektrodai | kg | 3,0 | 31,371 | 1,94 | 60,86 |
| 120051 | Tvirtinimo varžtai (įvairūs) | kg | 0,8 | 8,3656 | 1,93 | 16,15 |
| 520003 | Plieninės statybinės konstrukcijos | t | 1,0 | 10,457 | 1511,3 | 15803,66 |
| 520349 | Pagalbinės plieninės montažinės konstrukcijos | kg | 1,0 | 10,457 | 1,51 | 15,79 |
| 534001 | Rąstai 14-24cm st. (spygl., 3 rūš.) | m3 | 0,01 | 0,10457 | 84,78 | 8,87 |
| 380004 | Suvirinimo transformatorius | maš.val | 3,9 | 40,7823 | 2,88 | 117,45 |
| 489034 | Kranas ant automob. važiuoklės keliam.galios iki 10 t | maš.val | 0,6 | 6,2742 | 24,45 | 153,4 |
| 489051 | Kranas ant automob. važiuoklės 16 t keliam.galios | maš.val | 0,8 | 8,3656 | 28,86 | 241,43 |
| N9P-0102 Darbo užm. 930.80 Medžiagos 15905.33 | | | Mechanizmai 512.28 | | Iš viso 17348.41 | |
| Iš viso skyriuje 1 Darbo užm. 6677 Medžiagos 115891 | | | Mechanizmai 3369 | | Iš viso 125937 | |

| | | | | | |
|---|--|--------------|------------------|----------------------------|------------------|
| Viso žiniaraštyje 2 Darbo užm. 6677 115891 | | Medžiagos | Mechanizmai 3369 | Iš viso 125937 | |
| | Papildomų medžiagų vertė 3.00% | | 3477 | | |
| | Papildomų mechanizmų vertė 3.00% | | | 101 | |
| | Sezoniniai darbai 15.00% (0) | | | | |
| | Specifiniai darbai 17.00% | | 363 | | |
| | Papildomas darbo užmokestis 8.00%(6677+363) | | 563 | | |
| | | Viso: | 7603 | 119368 | 3470 |
| | Soc.draudimo išlaidos 31.00%(6677+363+563) | | 2357 | | |
| | Statinio statybos išlaidos | Viso: | 9960 | 119368 | 3470 |
| | Statyb vietės išlaidos 9.00% | | | | 11952 |
| | Iš viso tiesioginės išlaidos | | | | 144750 |
| | Pridėtinės išlaidos 30.00%(6677+363+563) | | | | 2281 |
| | Pelnas 5.00%(144750+2281) | | | | 7352 |
| | Iš viso netiesioginės išlaidos | | | | 9633 |
| | | | | Bendra vertė be PVM | 154383 |
| | Pridėtinės vertės mokestis 21.00% | | | | 32420,43 |
| | | | | Bendra vertė su PVM | 186803,43 |

| DARBO UŽMOKESČIO ŽINIARAŠTIS | | | | | | | | |
|-------------------------------|------------------|---|-------------|--------|-------------------------------|------------|----------------------|------------------------|
| Sudaryta pagal 2017.03 kainas | | | | | | | | |
| Sąm. eil. | Darbo kodas | Darbų ir išlaidų aprašymai | Mato vnt | Kiekis | Darbo sąnaudos žm./val. | Kategorija | Tarifinis atlygis | Darbo užmok. EUR |
| | 1 | | | | | | | |
| 1 | N10-210-7 | Medinių paviršių padengimas ugniai atspariais dažais ir apsauginiu laku k8=1.17 | 100m2 | 14,634 | 231,22 | 4,5 | 5,78 | 1336,44 |
| 2 | N10P-0301 | Medinių santvarų ir arkų, surenkamų iš segmentų, montavimas, kai tarpatramis iki 18m | vnt | 34,0 | 782,0 | 3,5 | 5,25 | 4105,5 |
| 3 | N13-202 | Metalinių didelių (ištisinių) paviršių padengimas ugniai atspariais dažais 2150 mikronų sluoksniu purkštuvu k8=1.17 | m2 | 296,5 | 53,37 | 4,3 | 5,7 | 304,21 |
| 4 | N9P-0102 | Metalinių gegnių ir pogeignių santvarų montavimas, kai anga iki 24m, santvarų masė iki 3,0t k8=1.09 | t | 10,457 | 161,04 | 4,5 | 5,78 | 930,8 |
| | | | | | | | | |
| Iš viso skyriuje 1 | | | | | 1227,63 | | | 6677,0 |
| Iš viso žiniaraštyje 2 | | | | | 1227,63 | | | 6677,0 |

| MEDŽIAGŲ POREIKIO ŽINIARAŠTIS | | | | | |
|--------------------------------------|---|----------|-----------|---------|------------------|
| Sudaryta pagal 2017.03 kainas | | | | | |
| Resurso kodas | Pavadinimas | Mato vnt | Kaina EUR | Kiekis | Vertė EUR |
| 1 | | | | | |
| 120038 | Suvirinimo elektrodai | kg | 1,94 | 31,371 | 60,86 |
| 120051 | Tvirtinimo varžtai (įvairūs) | kg | 1,93 | 8,3656 | 16,15 |
| 120052 | Tvirtinimo varžtai (statybiniai) | kg | 1,93 | 714,0 | 1378,02 |
| 230416 | Ugniai atsparus gruntas (medinėms konstrukcijoms) | kg | 3,06 | 146,34 | 447,8 |
| 230417 | Ugniai atsparūs dažai (medinėms konstrukcijoms) | kg | 8,26 | 512,19 | 4230,69 |
| 230418 | Ugniai atsparus lakas (medinėms konstrukcijoms) | kg | 10,29 | 87,804 | 903,5 |
| 230436 | Gruntas Pyroprotect | kg | 6,23 | 59,3 | 369,44 |
| 230437 | Dažai Pyroprotect | kg | 8,26 | 1037,75 | 8571,82 |
| 260063 | Metaliniai elementai | kg | 2,01 | 34,0 | 68,34 |
| 261196 | Medinės santvaros, arkos | vnt | 2457,1 | 34,0 | 83541,4 |
| 520003 | Plieninės statybinės konstrukcijos | t | 1511,3 | 10,457 | 15803,66 |
| 520349 | Pagalbinės plieninės montажinės konstrukcijos | kg | 1,51 | 10,457 | 15,79 |
| 534001 | Rąstai 14-24cm st. (spygl., 3 rūš.) | m3 | 84,78 | 0,10457 | 8,87 |
| 534021 | Neapipjautos lentos 40mm st. ir daugiau (4rūš.) | m3 | 154,97 | 2,04 | 316,14 |
| 534028 | Pusrąščiai (spygl., 4 rūš.) | m3 | 154,97 | 1,02 | 158,07 |
| | Skyriuje 1: | | | | 115890,55 |
| | žiniaraštyje 2: | | | | 115890,55 |

| MECHANIZMŲ POREIKIO ŽINIARAŠTIS | | | | |
|--|---|----------------------|------------------------|----------------|
| Sudaryta pagal 2017.03 kainas | | | | |
| Resurso kodas | Pavadinimas | Darbo val. kaina EUR | Darbo valandų skaičius | Vertė EUR |
| 1 | | | | |
| 368184 | Kompresorius kilnojamas su el. varikliu | 2,88 | 154,1536 | 443,96 |
| 380004 | Suvirinimo transformatorius | 2,88 | 40,7823 | 117,45 |
| 489034 | Kranas ant automob. važiuoklės keliam.galios iki 10 t | 24,45 | 6,2742 | 153,4 |
| 489051 | Kranas ant automob. važiuoklės 16 t keliam. galios | 28,86 | 8,3656 | 241,43 |
| 489131 | Kranas | 24,45 | 95,2 | 2327,64 |
| 489244 | Smulkūs mechanizmai su el. varikliu | 0,5 | 170,0 | 85,0 |
| | Skyriuje 1: | | | 3368,88 |
| | žiniaraštyje 2: | | | 3368,88 |