

Gamybos paskirties statinio, Pročiūnų g 14, Šiauliai, stogo konstrukcijų laikomosios galios patikrinimo papildomai saulės modulių apkrovai ekspertizės ataskaita

LTINTUS-SM 2023-05-17-IS

UAB „JSECO“

Inžinierius

(parašas)

dr. D. Jatulis, kval. atestato Nr. 13012

(v. pavardė, kval. atest. Nr.)

Ekspertas

(parašas)

dr. D. Bačinskas, kval. atestato Nr. 12925

(v. pavardė, kval. atestato Nr.)

VILNIUS 2023

Turinys

IVADAS	2
1. BENDRI PAŽINTINIAI DUOMENYS.....	2
2. NORMATYVINIAI STATYBOS TECHNINIAI DOKUMENTAI	2
3. KOMPIUTERINĖS PROGRAMOS	2
4. PASTATO KONSTRUKCIJOS.....	3
5. DENGINIO KONSTRUKCIJOS APKROVOS.....	3
<i>NUOLATINĖS APKROVOS.....</i>	<i>4</i>
<i>LAIKANČIŲJŲ KONSTRUKCIJŲ SAVASIS SVORIS.....</i>	<i>4</i>
KINTAMOS APKROVOS.....	4
<i>SNIEGO APKROVA</i>	<i>4</i>
<i>VĖJO APKROVA</i>	<i>4</i>
SKAIČIUOJAMOSIOS APKROVOS	7
6. LAIKOMOSIOS GALIOS PATIKRA.....	8
24M ILGIO SANTVARA	8
12M ILGIO POSANTVARĖ.....	14
SIJOS IR PORTALINĖS SANTVAROS	18
LAIKANTYSIS PAKLOTAS	19
7. IŠVADOS IR NURODYMAI SAULĖS MODULIŲ ĮRENGIMUI	20

LTINTUS-SM 2023-05-17-IS	Lapas	Lapų	Laida
	1	20	0

IVADAS

Inžineriniai skaičiavimai parengti vadovaujantis:

1. Techninis ir Darbo projektas 21/11-01. Projektuotojas UAB „Kreiva linija“, konstrukcinės dalies projektuotojas UAB „JSECO“.
2. Preliminarios saulės modulių charakteristikos (pateikta užsakovo).

1. BENDRI PAŽINTINIAI DUOMENYS

Užsakovas – UAB „Ltintus“, įmonės kodas 132201382, registruota Tilžės g. 124, LT-77160 Šiauliai.

Pavadinimas – Gamybos paskirties statinio, Pročiūnų g 14, Šiauliai, stogo konstrukcijų laikomosios galios patikrinimo papildomai saulės modulių apkrovai skaičiavimo ataskaita.

Statinio kategorija – ypatingas statinys.

Ataskaitos žymuo – LTINTUS-SM 2023-05-17-IS.

Ataskaitos data – 2023-05-17.

Ataskaitos rengėjas – UAB „JSECO“, įmonės kodas 302982863, PVM kodas LT100009037617, Žiedų g. 44, Bukiškis, LT-14185 Vilniaus r. Tel.: 8 698 27418.

2. NORMATYVINIAI STATYBOS TECHNINIAI DOKUMENTAI

STR 1.04.04:2017	Statinio projektavimas, projekto ekspertizė
STR 2.01.01(1):2005	Esminis statinio reikalavimas. Mechaninis atsparumas ir pastovumas
LST EN 1990	Eurokodas. Konstrukcijų projektavimo pagrindai
LST EN 1991-1-1	Eurokodas 1. Poveikiai konstrukcijoms. 1-1 dalis. Bendrieji poveikiai. Tankiai, savasis svoris, pastatų naudojimo apkrovos
LST EN 1991-1-3	Eurokodas 1. Poveikiai konstrukcijoms. 1-3 dalis. Bendrieji poveikiai. Sniego apkrovos
LST EN 1991-1-4	Eurokodas 1. Poveikiai konstrukcijoms. 1-4 dalis. Bendrieji poveikiai. Vėjo poveikiai
LST EN 1991-1-5	Eurokodas 1. Poveikiai konstrukcijoms. 1-5 dalis. Bendrieji poveikiai. Temperatūriniai poveikiai
LST EN 1991-1-6	Eurokodas 1. Poveikiai konstrukcijoms. 1-6 dalis. Bendrieji poveikiai. Poveikiai vykdymo metu
LST EN 1991-1-7	Eurokodas 1. Poveikiai konstrukcijoms. 1-7 dalis. Bendrieji poveikiai. Ypatingieji poveikiai
LST EN 1992-1-1	Eurokodas 2. Gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas. 1-1 dalis. Bendrosios ir pastatų taisyklės
LST EN 1992-1-2	Eurokodas 2. Gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas. 1-2 dalis. Bendrosios taisyklės. Konstrukcijų elgsenos ugnyje skaičiavimas
LST EN 1993-1-1	Eurokodas 3. Plieninių konstrukcijų projektavimas. 1-1 dalis. Bendrosios ir pastatų taisyklės
LST EN 1993-1-2	Eurokodas 3. Plieninių konstrukcijų projektavimas. 1-2 dalis. Bendrosios taisyklės. Konstrukcijų elgsenos ugnyje skaičiavimas
LST EN 1993-1-3	Eurokodas 3. Plieninių konstrukcijų projektavimas. 1-3 dalis. Bendrosios taisyklės. Šaltai suformuotų elementų ir lakštų papildomos taisyklės
LST EN 1993-1-10	Eurokodas 3. Plieninių konstrukcijų projektavimas. 1-10 dalis. Medžiagų tūsumas ir jų savybės išilgai storio

3. KOMPIUTERINĖS PROGRAMOS

Ataskaitai rengti buvo panaudotos šios kompiuterinės programos: OpenOffice, AxisVM, Bricscad, POIMU.

LTINTUS-SM 2023-05-17-IS	Lapas	Lapų	Laida
	2	20	0

4. PASTATO KONSTRUKCIJOS

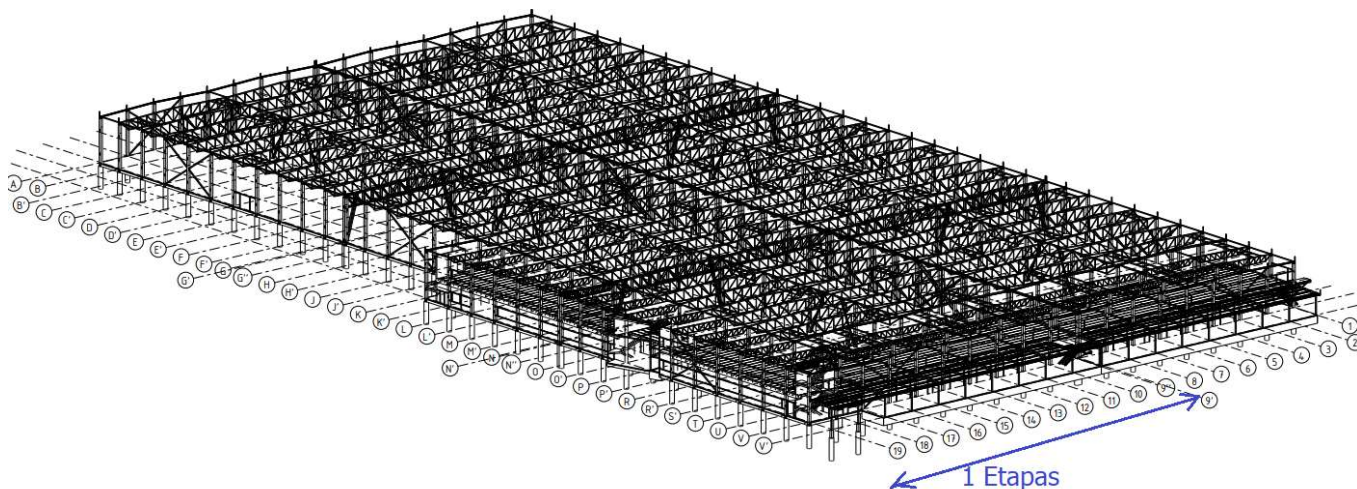
Pagrindinis kolonų tinklas 12 x 24 m gamybos dalyje ir 6x12 m administraciniame korpuse. Konstrukcijos karkasas sudarytas iš 6 temperatūrinių blokų, kurių maksimalus kraštinės ilgis neviršija 70m. Temperatūrinės siūlės įrengiamos porinant kolonas. Temperatūrinių blokų galuose ir šonuose įrengiami vertikalūs ramsčiai.

Pastato konstrukcijas sudaro šie elementai:

- poliniai (CFA) monolitinio gelžbetonio pamatai;
- grindys – monolitinės g/b armuotos dispersine armatūra, dalinai – strypine;
- cokolinės plokštės - viensluksnės, surenkamos g/b, apšiltinimas įrengiamas iš išorinės pusės;
- kolonos – surenkamas g/b;
- ramsčiai tarp kolonų – plieniniai stačiakampiai vamzdžiai;
- antresolinio aukšto plokštės – kiaurymėtos surenkamas plokštės, vientiso formavimo, iš anksto įtemptos;
- rygeliai – surenkami g/b, iš anksto įtempti;
- laiptai – surenkami g/b;
- laiptinių sienos – lengvų blokelių mūras;
- denginio konstrukcijos – metalinės (stačiakampių vamzdžių posantvarės (12m) ir santvaros (24m), sijos, ramsčiai), metalo konstrukcijų jungtys išskyrus vertikalius ramsčius, jungiamus prie kolonų, varžtinės;
- atitvarinės sienos – termo panelių;
- denginio paklotas – profiliuotas paklotas su šiltinimo sluoksniais ir hidroizoliacija (šiltinamo sprendinys pagal Architektūrinę dalį), dirbantis kaip stadumo diafragma.
- laiptai L1 ir L3 – surenkami g/b, L2 – monolitiniai, L4 ir L5 metaliniai.

Pažymėtina, kad skaičiavimo ataskaitos rengimo metu pastatyta 1 etapo dalis.

Pagrindinio karkaso konstrukcijoms (kolonoms) tenkanti saulės modulių apkrova nereikšminga, todėl šios ataskaitos rėmuose bus nagrinėjamos tik denginio konstrukcijos (pagrindinis pastato stogas). Stogo dalis tarp ašių 17/19-K/P nenagrinėjama, kadangi saulės modulių apkrova šioje dalyje buvo numatyta projekte. Stogeliai taip pat pat nenagrinėjami dėl saulės modulių išdėstymo ant jų neracionalumo (šešėlio neigiamos įtakos).



Pastato konstrukcinė schema pateikta 1 paveiksle.

1 pav. Pastato konstrukcinė schema

5. DENGINIO KONSTRUKCIJOS APKROVOS

Pastatą veikiančios apkrovos apskaičiuotos pagal LST EN 1990, LST EN 1991-1-1...5 nurodymus. Apkrovų dalinių patikimumo koeficientų ir kitų parametrų reikšmės pateiktos 1 lentelėje.

LTINTUS-SM 2023-05-17-IS	Lapas	Lapų	Laida
	3	20	0

1 lentelė. Apkrovų ir apkrovų derinių koeficientai

	Apkrovos grupė	Tipas	$\gamma_{G, sup}$	$\gamma_{G, inf}$	ξ_i	γ	ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	PERM1	Nuolatinė	1,35	1	0,85				
2	SNOW	Sniegas				1,5	0,7	0,5	0,2
3	WIND	Vėjas				1,5	0,6	0,2	0

NUOLATINĖS APKROVOS

LAIKANČIŲJŲ KONSTRUKCIJŲ SAVASIS SVORIS.

Skačiuojamas automatiškai programiniu paketu AxisVM. Užduotos tūrinio svorio charakteristinės reikšmės:
 gelžbetoniui – 25 kN/m³
 plienui – 78,5 kN/m³.

Kitų nuolatinių apkrovų charakteristinės reikšmės pateiktos 2 lentelėje.

2 lentelė. Denginiui tenkanti apkrova

Eil. Nr.	Apkrovos pavadinimas	Mato vnt.	Apkrovos reikšmė
1	2	3	4
Plieno pakloto denginys (pridedama į viršutinę santvaros juostą)			
1	Profiliuotas paklotas	kPa	0,11
2	PIR stogo plokštės, storis iki 200 mm	kPa	0,07
3	PVC danga	kPa	0,04
	Viso:	kPa	0,22
	Pakabinama įranga	kPa	0,30
	Saulės moduliai	kPa	0,14
		VISO:	0,66

KINTAMOS APKROVOS

SNIEGO APKROVA

Sniego apkrovos į stogo horizontaliąją projekciją dydis nustatomas pagal formulę:

$$s = \mu C_e C_t s_k$$

μ – stogo sniego apkrovos formos koeficientas (sniego nupustymas (mažinimo reikšmė) nevertinamas dėl saulės saulės modulių, sniego maišai (didinimo reikšmė) nevertinamas irgi su sąlyga, kad saulės saulės moduliai virš stogo paviršiaus neišsikiša daugiau kaip 0,6m);

C_e – atodangos koeficientas;

C_t – terminis koeficientas, priklausantis nuo energijos nuostolių per stogą ar kitos terminės įtakos;

s_k – sniego dangos ant 1 m² horizontaliojo žemės paviršiaus svorio charakteristinė reikšmė;

$s_k = 1,2$ kPa – Šiaulių regione.

Sniego apkrovos charakteristinės reikšmės priimtos skaičiavimuose:

1) Pagrindinio pastato stogas:

$$s = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 1,2 \text{ kPa};$$

VĖJO APKROVA

Vietovės tipas – II (pagal LST EN 1991-1-4 4.1 lentelė).

Vidutinė slėgio į išorinius konstrukcijos paviršius dedamoji w_{me} skaičiuojama pagal formulę:

$$w_{me} = q_{ref} c(z) c_e$$

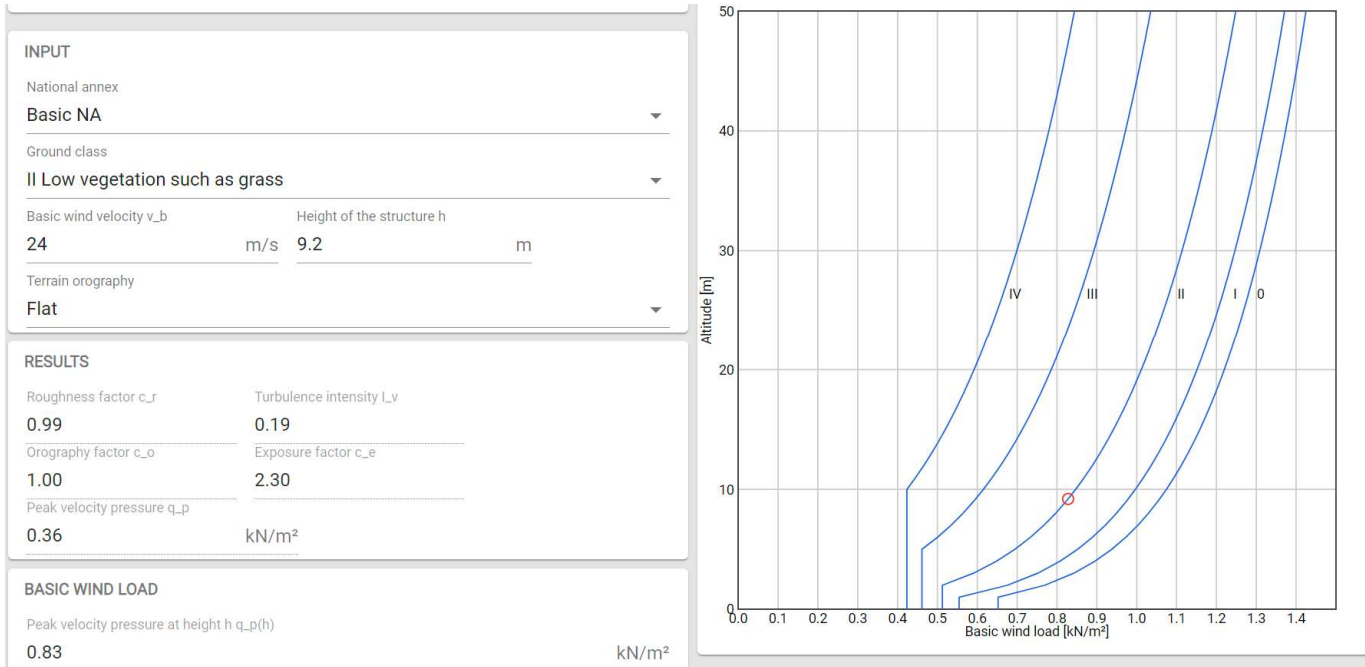
q_{ref} – vėjo atskaitinis slėgis;

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

LTINTUS-SM 2023-05-17-IS	Lapas	Lapų	Laida
	4	20	0

c_e – išorinio slėgio aerodinaminis koeficientas.
 $q_{ref} = \rho v_{ref}^2 / 2$
 ρ – oro tankis;
 v_{ref} – atskaitinis vėjo greitis.
 $q_{ref} = 1,25 \cdot 24^2 / 2 = 0,36 \text{ kPa}$.

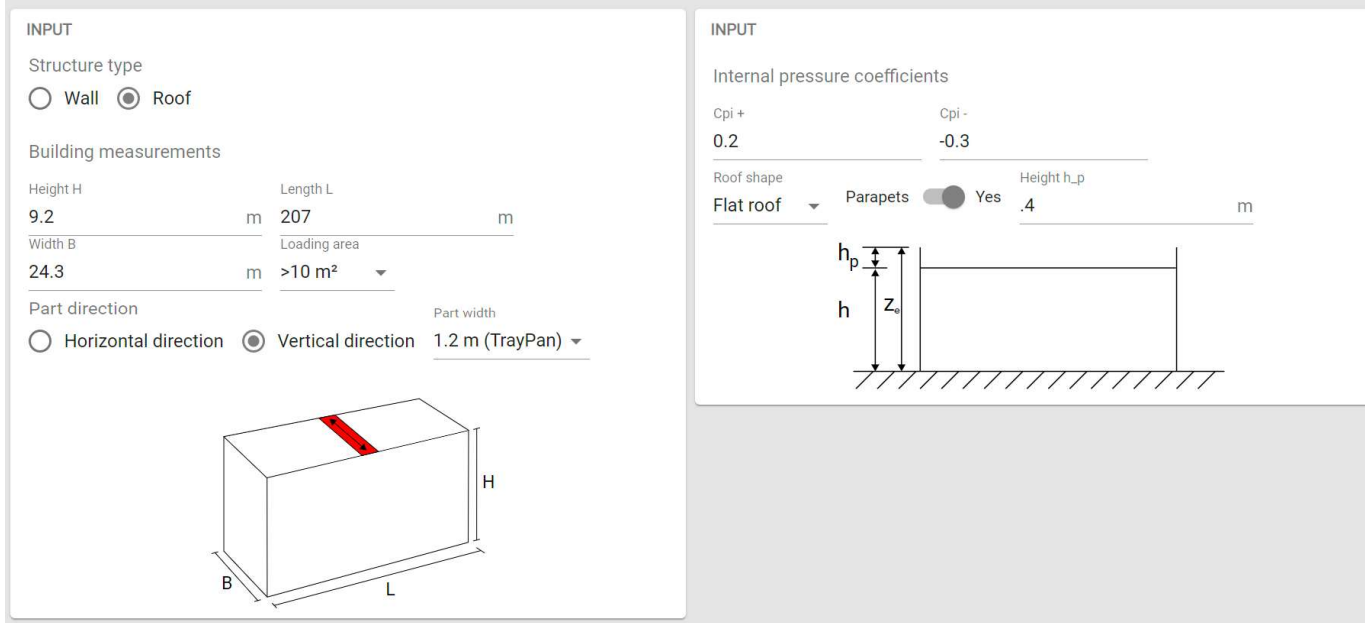
Apskaičiuotas vėjo viršūninis slėgis stogo dangos aukštyje – 9,2 m altitudėje $q_p(z=9,2\text{m})=0,83 \text{ kPa}$ (žiūr. 2 pav.).



2 pav. Vėjo viršūninio slėgio reikšmė

Statmenos stogui vėjo slėgio reikšmės pateiktos 3 paveiksle.

Nustatymai 1 pastato etapui



LTINTUS-SM 2023-05-17-IS	Lapas	Lapy	Laida
	5	20	0

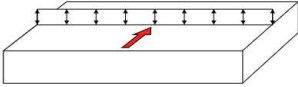
RESULTS

CASE 1

CASE 2

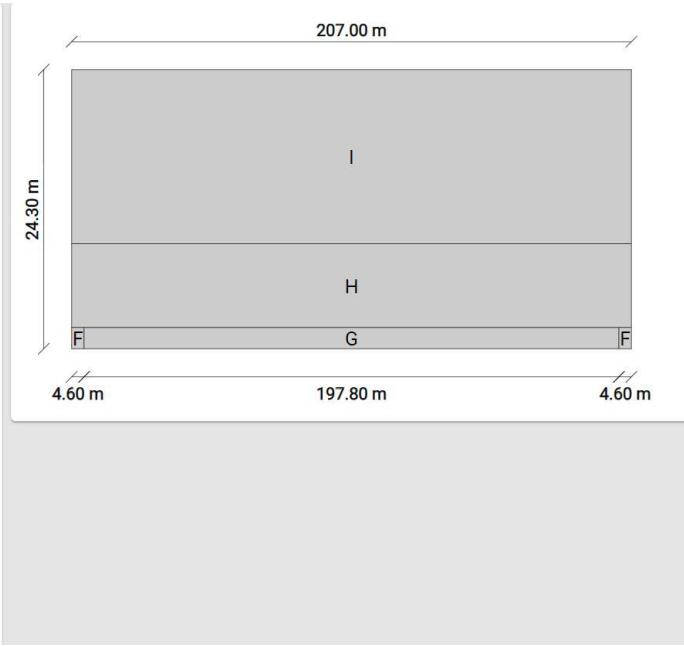
CASE 3

CASE 4



Factor selection ☐ Minimum

#	Load area length [m]	μ	Q [kN/m ²]
I	15.10	0.50/-0.40	0.41/-0.33
H	7.36	-0.90	-0.75
F	1.84	-1.65	-1.37
G	1.84	-1.15	-0.95
F	1.84	-1.65	-1.37



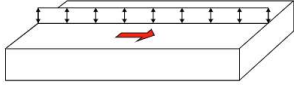
RESULTS

CASE 1

CASE 2

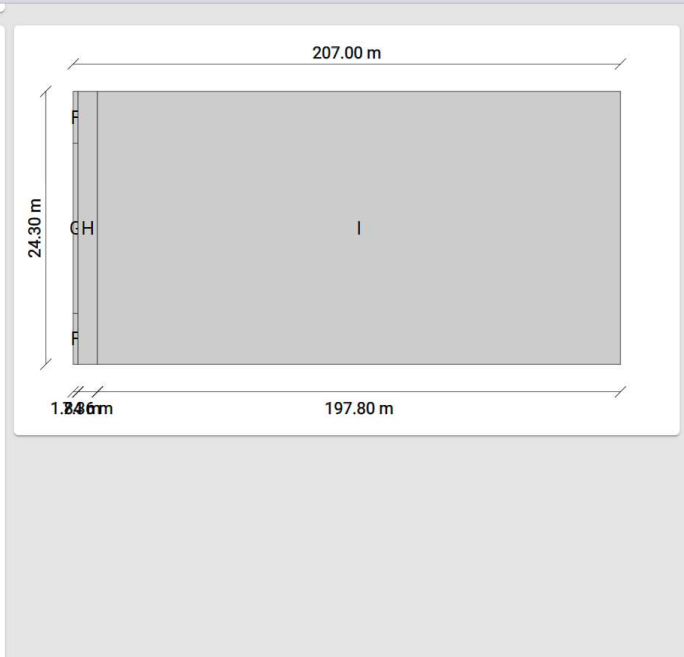
CASE 3

CASE 4



Factor selection ☐ Minimum

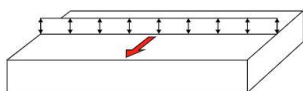
#	Load area length [m]	μ	Q [kN/m ²]
F	4.60	-1.65	-1.37
G	15.10	-1.15	-0.95
F	4.60	-1.65	-1.37
H	24.30	-0.90	-0.75
I	24.30	0.50/-0.40	0.41/-0.33



LTINTUS-SM 2023-05-17-IS	Lapas	Lapy	Laida
	6	20	0

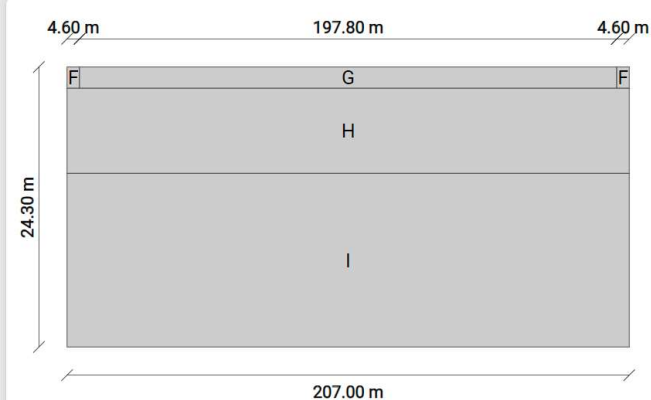
RESULTS

CASE 1	CASE 2	CASE 3	CASE 4
--------	--------	--------	--------



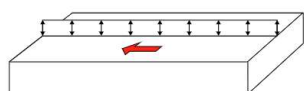
Factor selection ☐ Minimum

#	Load area length [m]	μ	Q [kN/m ²]
F	1.84	-1.65	-1.37
G	1.84	-1.15	-0.95
F	1.84	-1.65	-1.37
H	7.36	-0.90	-0.75
I	15.10	0.50/-0.40	0.41/-0.33



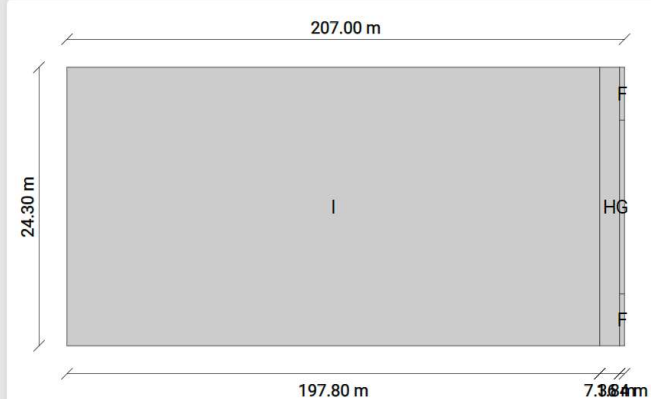
RESULTS

CASE 1	CASE 2	CASE 3	CASE 4
--------	--------	--------	--------



Factor selection ☐ Minimum

#	Load area length [m]	μ	Q [kN/m ²]
I	24.30	0.50/-0.40	0.41/-0.33
H	24.30	-0.90	-0.75
F	4.60	-1.65	-1.37
G	15.10	-1.15	-0.95
F	4.60	-1.65	-1.37



2 pav. Statmenos stogui vėjo slėgio reikšmės

Pabrėžtina, kad vertinant vėjo apkrovą denginio konstrukcijos nagrinėtinas tik spaudimo slėgis, papildomai apkraunantis denginio konstrukcijas. Traukos (čilpimo) atvejis nagrinėtinas saulės modulių tvirtinimui prie stogo.

Apskaičiuota charakteristinė spaudimo slėgio reikšmė $Q=0,415$ kPa.

SKAIČIUOJAMOSIOS APKROVOS

Apkrovų skaičiuojamosios reikšmės pateiktos 3 lentelėje.

3 lentelė. Denginio skaičiuojamosios reikšmės

Apkrovos tipas	Charakteristinė reikšmė, kPa	Apkrovos patikimumo koeficientas	Derinio koeficientas	Skaičiuotinė reikšmė, kPa
Nuolatinė	0,66	$1,35 \cdot 0,85 = 1,148$	1,0	0,76
Sniegas	1,2	1,5	1,0	1,80
Vėjas	0,415	1,5	0,6	0,37
VISO:				2,93

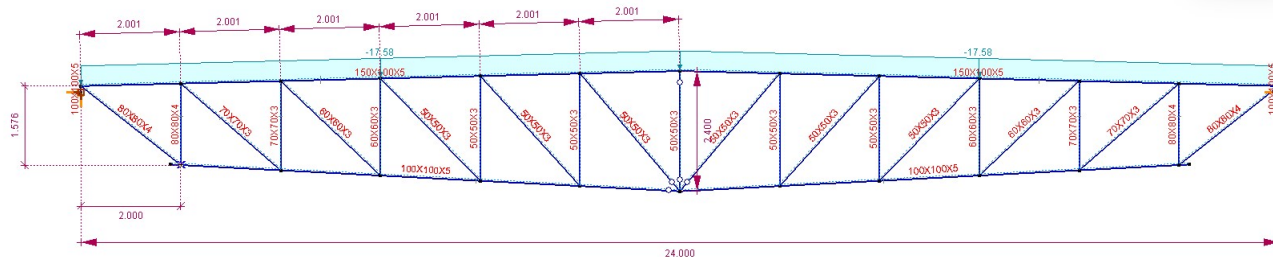
LTINTUS-SM 2023-05-17-IS

Lapas	Lapų	Laida
7	20	0

6. LAIKOMOSIOS GALIOS PATIKRA

24M ILGIO SANTVARA

Santvaros skaičiuojamoji schema pavaizduota 4 paveiksle.



3 pav. 24 m ilgio santvaros skaičiuojamoji schema

Elementų išnaudojimas

Santvaros elementų išnaudojimas pateiktas 4 lentelėje.

4 lentelė. 24m ilgio santvaros elementų išnaudojimo koeficientų reikšmės

Design member	Type	Material	Shape	Analysis	Išnaud. Koef.	Nx [kN]	My [kNm]	khiN
197(172–173)	(Beam)	S 355	60X60X3	N-M-V	0.57	134	0	0.411
198(174–175)	(Beam)	S 355	70X70X3	N-M-V	0.742	206	0	0.528
199(176–177)	(Beam)	S 355	80X80X4	N-M-V	0.755	315	-1	0.62
208(158–164)	(Beam)	S 355	60X60X3	N-M-V	0.57	134	0	0.411
209(157–165)	(Beam)	S 355	70X70X3	N-M-V	0.742	206	0	0.528
210(154–166)	(Beam)	S 355	80X80X4	N-M-V	0.755	315	-1	0.62
217(174–176)	(Beam)	S 355	100X100X 5	N-M-V	0.384	250	2	1
218(172–174)	(Beam)	S 355	100X100X 5	N-M-V	0.625	407	0	1
219(170–172)	(Beam)	S 355	100X100X 5	N-M-V	0.775	505	-1	1
220(168–170)	(Beam)	S 355	100X100X 5	N-M-V	0.85	553	-1	1
221(156–168)	(Beam)	S 355	100X100X 5	N-M-V	0.865	563	-1	1
222(165–166)	(Beam)	S 355	100X100X 5	N-M-V	0.384	250	2	1
223(164–165)	(Beam)	S 355	100X100X 5	N-M-V	0.625	407	0	1
224(163–164)	(Beam)	S 355	100X100X 5	N-M-V	0.775	505	-1	1
225(162–163)	(Beam)	S 355	100X100X 5	N-M-V	0.85	553	-1	1
226(156–162)	(Beam)	S 355	100X100X 5	N-M-V	0.865	563	-1	1
182(173–175)	(Beam)	S 355	150X100X 5	N-M-Buckl	0.68	-406	8	0.859
183(175–177)	(Beam)	S 355	150X100X 5	N-M-Buckl	0.48	-247	6	0.859
184(171–173)	(Beam)	S 355	150X100X 5	N-M-Buckl	0.846	-504	-5	0.859
185(169–171)	(Beam)	S 355	150X100X 5	N-M-Buckl	0.923	-553	-5	0.859
186(167–169)	(Beam)	S 355	150X100X 5	N-M-Buckl	0.948	-563	-6	0.859
187(155–167)	(Beam)	S 355	150X100X 5	N-M-Buckl	0.88	-543	6	0.859
188(155–161)	(Beam)	S 355	150X100X 5	N-M-Buckl	0.88	-543	6	0.859
189(160–161)	(Beam)	S 355	150X100X 5	N-M-Buckl	0.948	-563	-6	0.859
190(159–160)	(Beam)	S 355	150X100X 5	N-M-Buckl	0.923	-553	-5	0.859

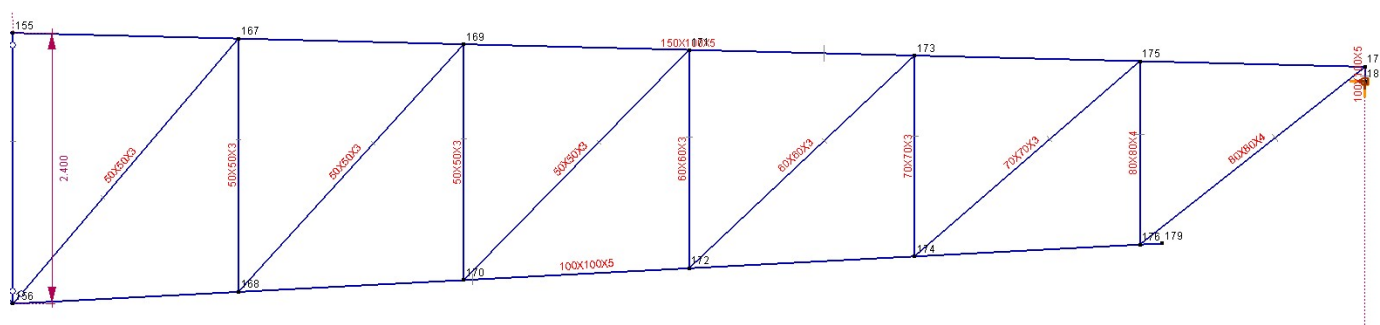
191(158–159)	(Beam)	S 355	150X100X 5	N-M-Buckl	0.846	-504	-5	0.859
192(157–158)	(Beam)	S 355	150X100X 5	N-M-Buckl	0.68	-406	8	0.859
193(154–157)	(Beam)	S 355	150X100X 5	N-M-Buckl	0.48	-247	6	0.859
194(156–167)	(Beam)	S 355	50X50X3	N-M-Buckl	0.622	-30	0	0.257
205(156–161)	(Beam)	S 355	50X50X3	N-M-Buckl	0.622	-30	0	0.257
216(155–156)	(Beam)	S 355	50X50X3	N-M-Buckl	0.162	-12	0	0.379

Labiausiai išnaudotas elementas

186(167–169)	(Beam)	S 355	150X100X 5	N-M-Buckl	0.948	-563	-6	0.859
--------------	--------	-------	------------	-----------	--------------	------	----	-------

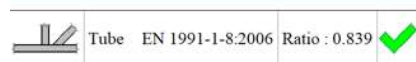
Labiausiai apkrautų mazgų išnaudojimas

Mazgų numeriai pavaizduoti 4 paveiksle.



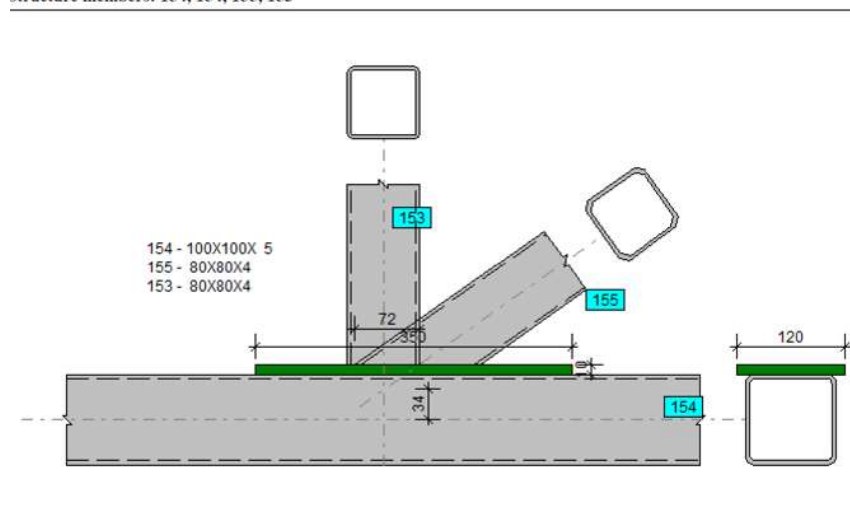
4 pav. 24 m ilgio santvaros mazgų numeracija

Jungčių skaičiavimo rezultatai pateikti žemiau esančiuose paveiksluose.



Structure node: 176

Structure members: 154, 154, 155, 153



Results

Tube brace failure

Diagonal 2



The design value of the resistance of the joint, expressed in terms of the internal axial force in member $N_{2,Rd} = 374.88kN$

$|N_{2,Rd}| \leq N_{2,Rd}$ $|314.61kN| < 374.88kN$ 0.839 ✓

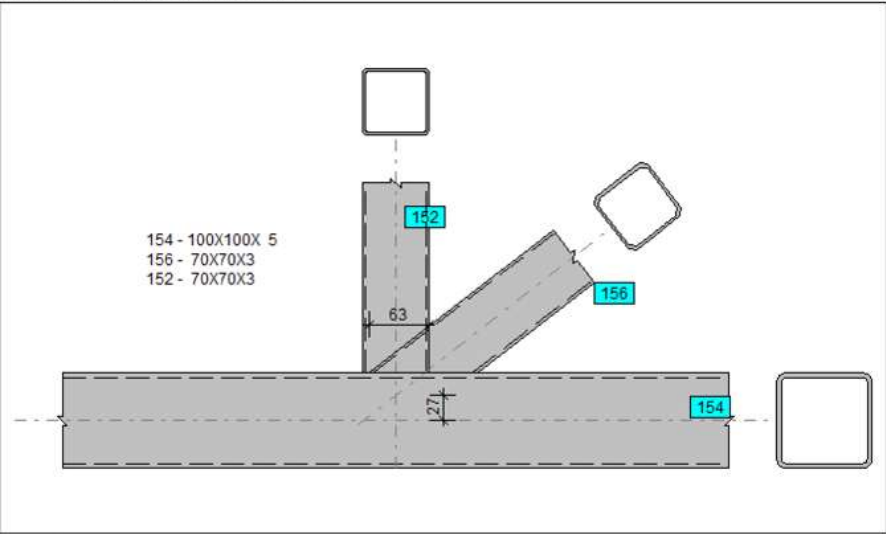
Post

The design value of the resistance of the joint, expressed in terms of the internal axial force in member $N_{3,Rd} = 374.88kN$

$|N_{3,Rd}| \leq N_{3,Rd}$ $| -178.98kN | < 374.88kN$ 0.477 ✓



	Tube	EN 1991-1-8:2006	Ratio : 0.892	
---	------	------------------	---------------	---

Structure node: 174
Structure members: 154, 154, 156, 152



Results

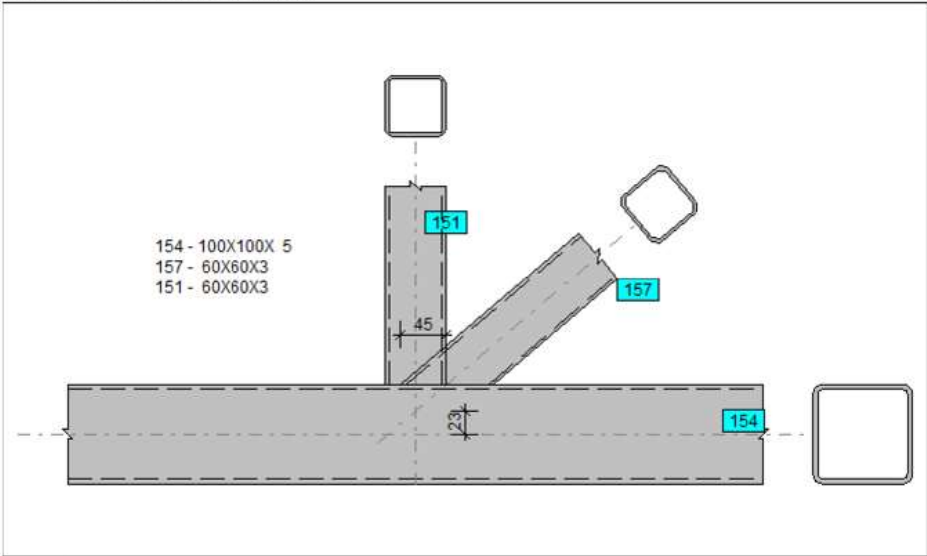
Tube brace failure
Diagonal 2

The design value of the resistance of the joint, expressed in terms of the internal axial force in member				$N_{2,Rd} = 230.40kN$
$ N_{2,Ed} \leq N_{2,Rd}$	$ 205.58kN < 230.40kN$	0.892		
Post				
The design value of the resistance of the joint, expressed in terms of the internal axial force in member				$N_{2,Rd} = 230.40kN$
$ N_{2,Ed} \leq N_{2,Rd}$	$ -127.35kN < 230.40kN$	0.553		

LTINTUS-SM 2023-05-17-IS	Lapas	Lapu	Laida
	10	20	0


	Tube	EN 1991-1-8:2006	Ratio : 0.667	
---	------	------------------	---------------	---

Structure node: 172
Structure members: 154, 154, 157, 151






Results

Tube brace failure
Diagonal 2

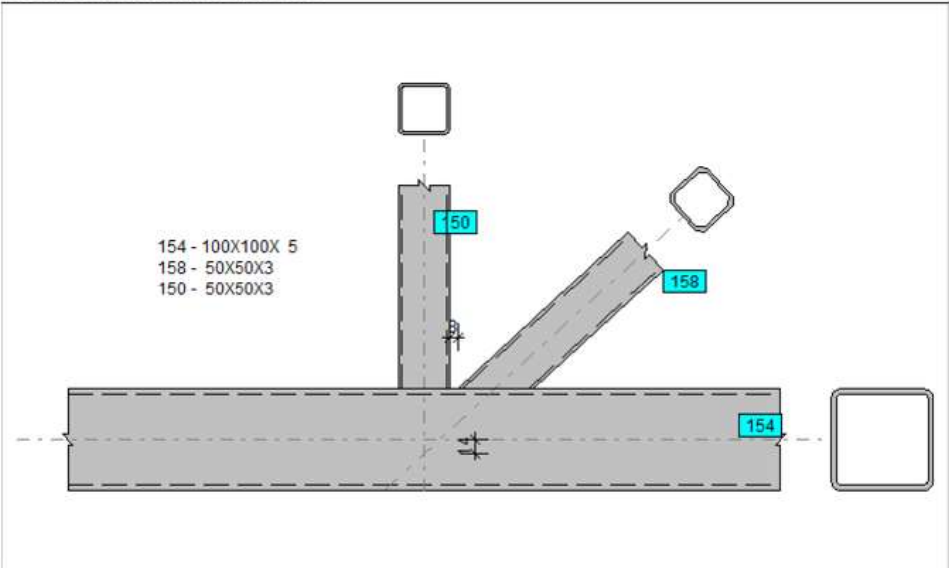
The design value of the resistance of the joint, expressed in terms of the internal axial force in member		$N_{2,Rd} = 200.22kN$
$ N_{2,Ed} \leq N_{2,Rd}$	$ 133.60kN < 200.22kN$	0.667 

Post

The design value of the resistance of the joint, expressed in terms of the internal axial force in member		$N_{3,Rd} = 200.22kN$
$ N_{3,Ed} \leq N_{3,Rd}$	$ -86.18kN < 200.22kN$	0.430 

	Tube	EN 1991-1-8:2006	Ratio : 0.859	
---	------	------------------	---------------	---

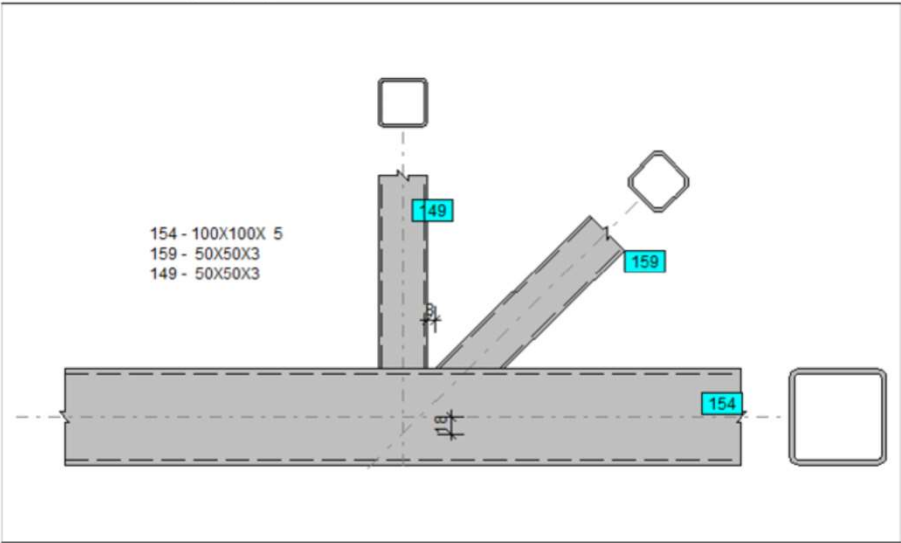
Structure node: 170
Structure members: 154, 154, 158, 150




LTINTUS-SM 2023-05-17-IS	Lapas	Lapu	Laida
	11	20	0

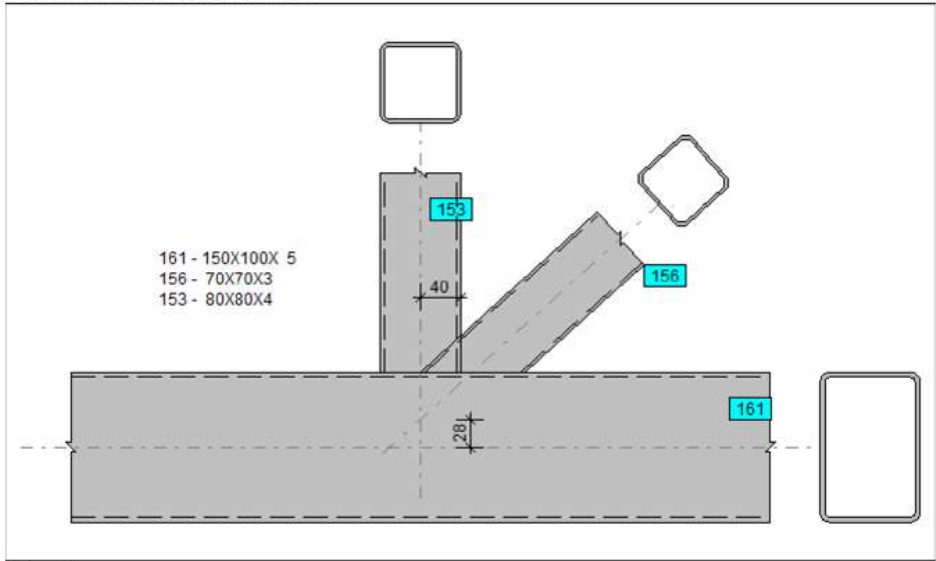
	Tube	EN 1991-1-8:2006	Ratio : 0.865	✓
---	------	------------------	---------------	---

Structure node: 168
Structure members: 154, 154, 159, 149



	Tube	EN 1991-1-8:2006	Ratio : 0.582	✓
---	------	------------------	---------------	---

Structure node: 175
Structure members: 161, 161, 156, 153



Results

Tube brace failure

Diagonal 2

The design value of the resistance of the joint, expressed in terms of the internal axial force in member $N_{2,Rd} = 353.58kN$

$|N_{2,Ed}| \leq N_{2,Rd}$ $|205.69kN| < 353.58kN$ 0.582 ✓

Post

The design value of the resistance of the joint, expressed in terms of the internal axial force in member $N_{3,Rd} = 353.58kN$

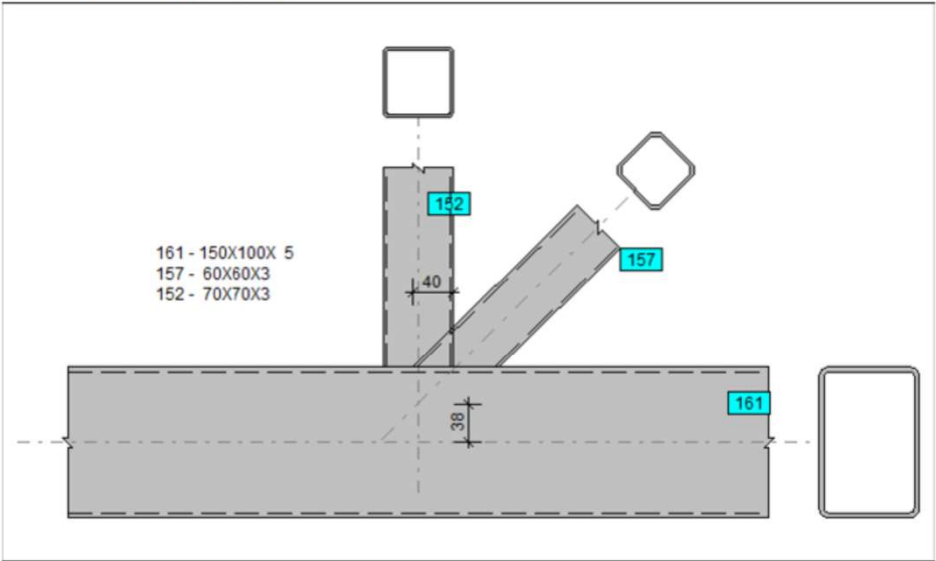
$|N_{3,Ed}| \leq N_{3,Rd}$ $|-178.83kN| < 353.58kN$ 0.506 ✓

LTINTUS-SM 2023-05-17-IS	Lapas	Lapu	Laida
	12	20	0

	Tube	EN 1991-1-8:2006	Ratio : 0.616	✓
---	------	------------------	---------------	---

Structure node: 173

Structure members: 161, 161, 157, 152



Results

Tube brace failure

Diagonal 2

The design value of the resistance of the joint, expressed in terms of the internal axial force in member $N_{2,Rd} = 216.96kN$

$|N_{2,Ed}| \leq N_{2,Rd}$ $|133.69kN| < 216.96kN$ 0.616 ✓

Post

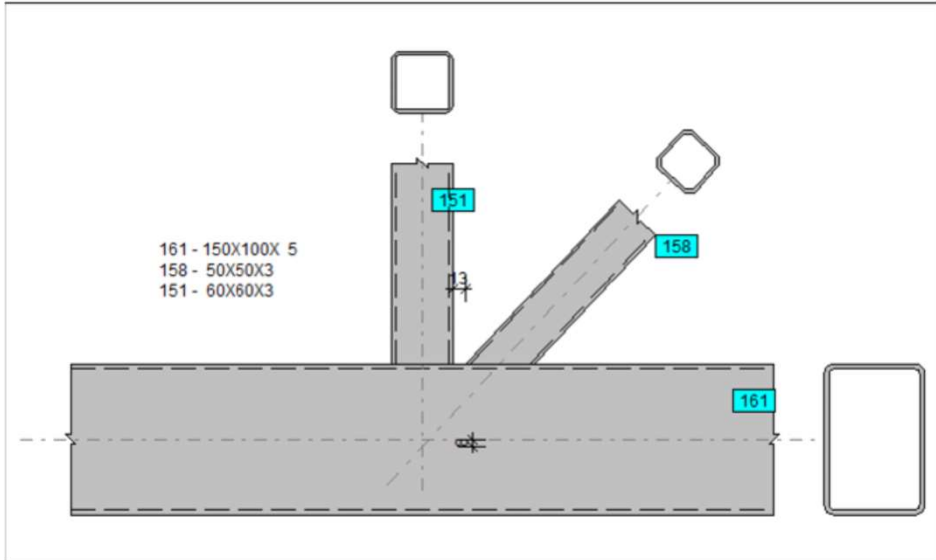
The design value of the resistance of the joint, expressed in terms of the internal axial force in member $N_{3,Rd} = 216.96kN$

$|N_{3,Ed}| \leq N_{3,Rd}$ $|-127.25kN| < 216.96kN$ 0.587 ✓

	Tube	EN 1991-1-8:2006	Ratio : 0.698	✓
---	------	------------------	---------------	---

Structure node: 171

Structure members: 161, 161, 158, 151

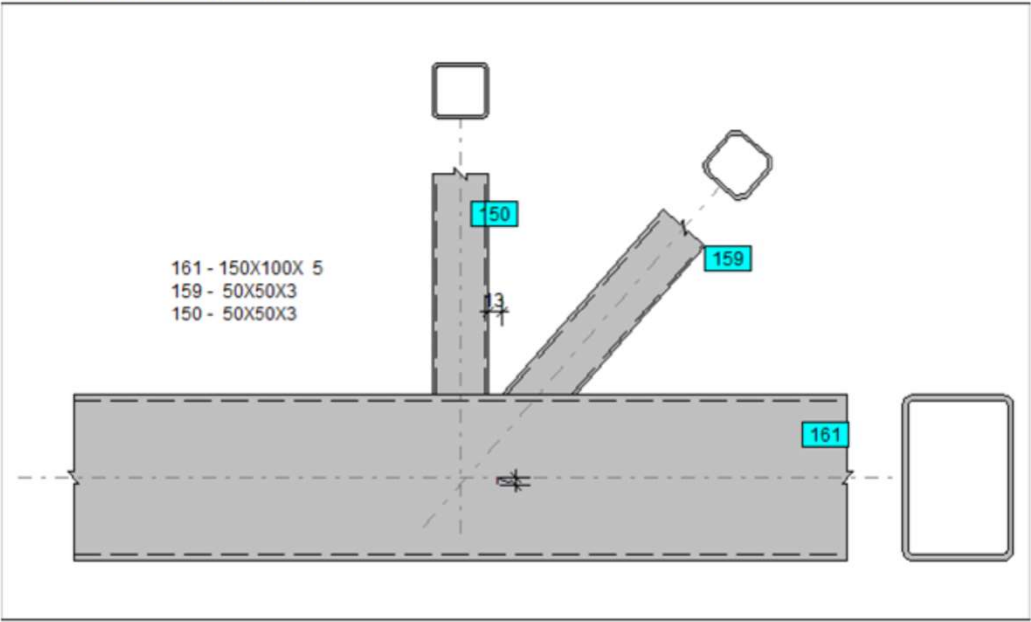


Results

LTINTUS-SM 2023-05-17-IS	Lapas	Lapu	Laida
	13	20	0

	Tube	EN 1991-1-8:2006	Ratio : 0.684	
---	------	------------------	---------------	---

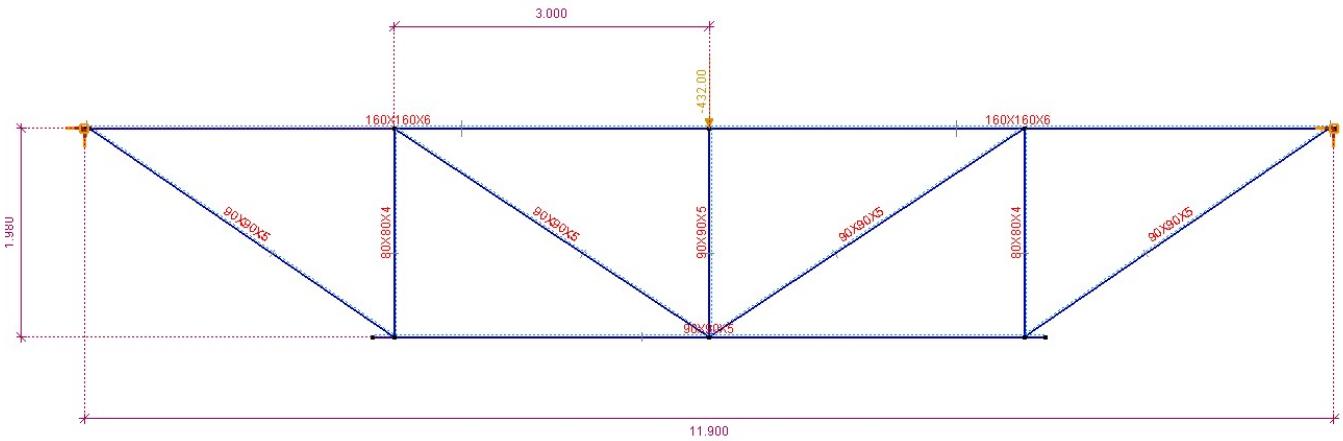
Structure node: 169
Structure members: 161, 161, 159, 150



Apibendrinant aukščiau pateiktų paveikslų rezultatus, galima teigti, kad didžiausias išnaudojimas pirmojo nuo atramo apatinio mazgo – 0,892, o tai šiek tiek mažiau nei santvaros elementų išnaudojimas (kur didžiausia reikšmė 0,948).

12M ILGIO POSANTVARĖ

Posantvarės skaičiuojamoji schema pavaizduota 4 paveiksle.



5 pav. 12m ilgio posantvarė skaičiuojamoji schema

Elementų išnaudojimas

Posantvarės elementų išnaudojimas pateiktas 5 lentelėje.

LTINTUS-SM 2023-05-17-IS	Lapas	Lapų	Laida
	14	20	0

5 lentelė. 12m ilgio posantvarės elementų išnaudojimo koeficientų reikšmės

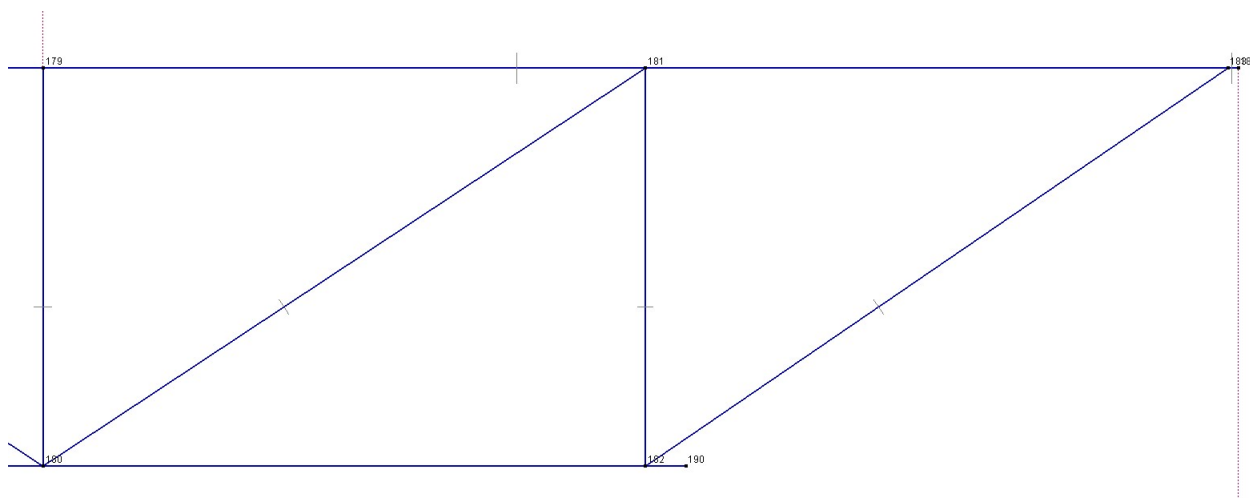
Design member	Type	Material	Shape	Analysis	Išnaud. koef.	Nx [kN]	My [kNm]	khiN
231(180–186)	(Beam)	S 355	90X90X5	N-M-V	0.566	329	2	1
232(180–182)	(Beam)	S 355	90X90X5	N-M-V	0.566	329	-2	1
236(186–187)	(Beam)	S 355	90X90X5	N-M-V	0.682	396	-2	0.5
237(180–185)	(Beam)	S 355	90X90X5	N-M-V	0.654	380	0	0.486
238(182–183)	(Beam)	S 355	90X90X5	N-M-V	0.682	396	-2	0.5
239(180–181)	(Beam)	S 355	90X90X5	N-M-V	0.654	380	0	0.486
229(185–187)	(Beam)	S 355	160X160X 6	N-M-Buckl	0.467	-327	-9	0.794
230(179–185)	(Beam)	S 355	160X160X 6	N-M-Buckl	0.894	-645	-15	0.794
233(181–183)	(Beam)	S 355	160X160X 6	N-M-Buckl	0.467	-327	-9	0.794
234(179–181)	(Beam)	S 355	160X160X 6	N-M-Buckl	0.894	-645	-15	0.794
235(185–186)	(Beam)	S 355	80X80X4	N-M-Buckl	0.897	-221	2	0.741
240(181–182)	(Beam)	S 355	80X80X4	N-M-Buckl	0.897	-221	2	0.741
241(179–180)	(Beam)	S 355	90X90X5	N-M-Buckl	0.923	-420	0	0.783

Labiausiai išnaudotas elementas

241(179–180)	(Beam)	S 355	90X90X5	N-M-Buckl	0.923	-420	0	0.783
--------------	--------	-------	---------	-----------	--------------	------	---	-------

Labiausiai apkrautų mazgų išnaudojimas

Mazgų numeriai pavaizduoti 6 paveiksle.



6 pav. 12 m ilgio posantvarės mazgų numeracija

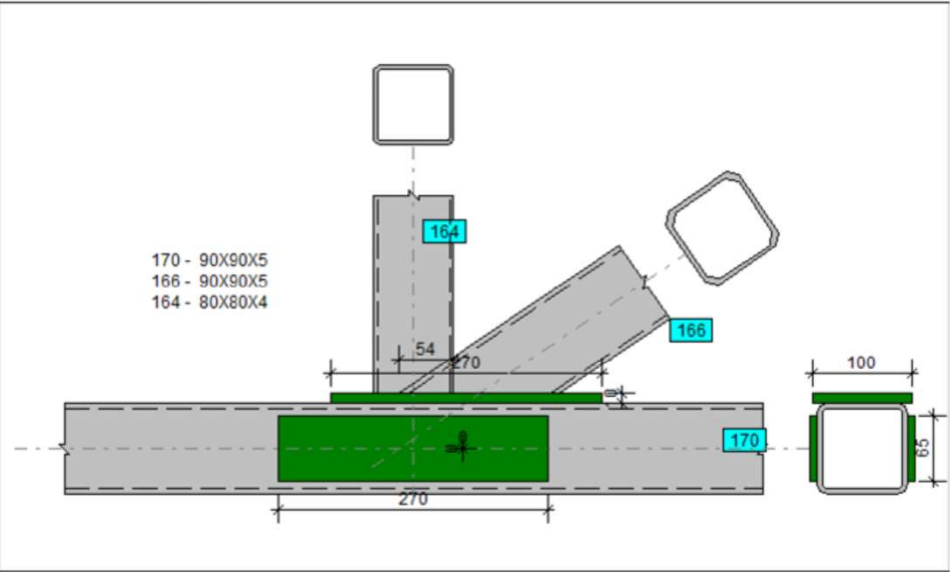
Jungčių skaičiavimo rezultatai pateikti žemiau esančiuose paveiksluose.

LTINTUS-SM 2023-05-17-IS	Lapas	Lapų	Laida
	15	20	0

	Tube	EN 1991-1-8:2006	Ratio : 0.980	✓
---	------	------------------	---------------	---

Structure node: 182

Structure members: 170, 170, 166, 164



Results

Tube brace failure

Diagonal 2


The design value of the resistance of the joint, expressed in terms of the internal axial force in member $N_{2,Rd} = 403.92kN$

$|N_{2,Ed}| \leq N_{2,Rd}$ $[395.70kN] < 403.92kN$ 0.980 ✓

Post

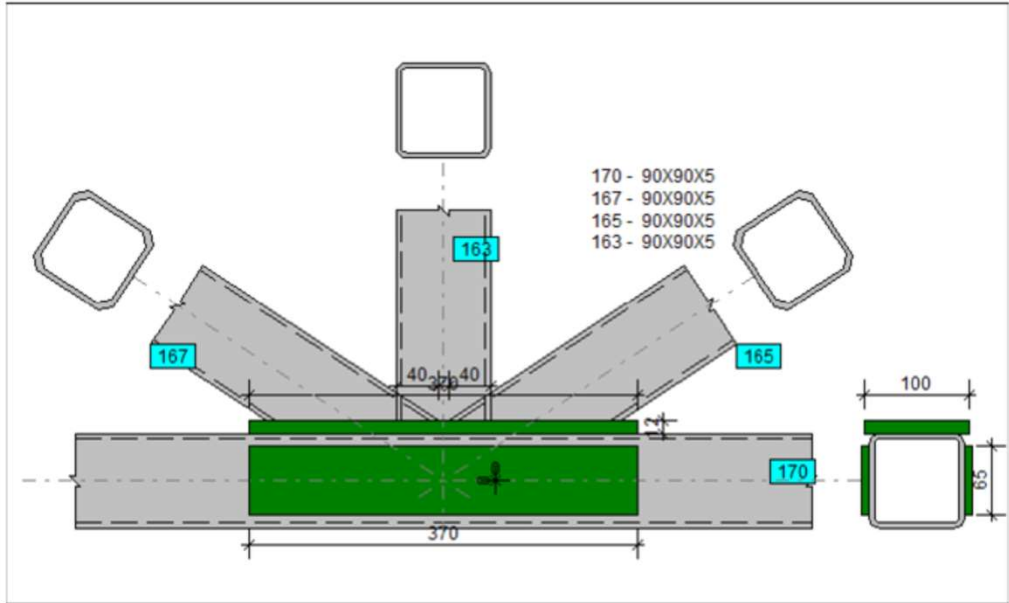
The design value of the resistance of the joint, expressed in terms of the internal axial force in member $N_{3,Rd} = 403.92kN$

$|N_{3,Ed}| \leq N_{3,Rd}$ $[220.98kN] < 403.92kN$ 0.547 ✓

	Tube	EN 1991-1-8:2006	Ratio : 0.875	✓
---	------	------------------	---------------	---

Structure node: 180

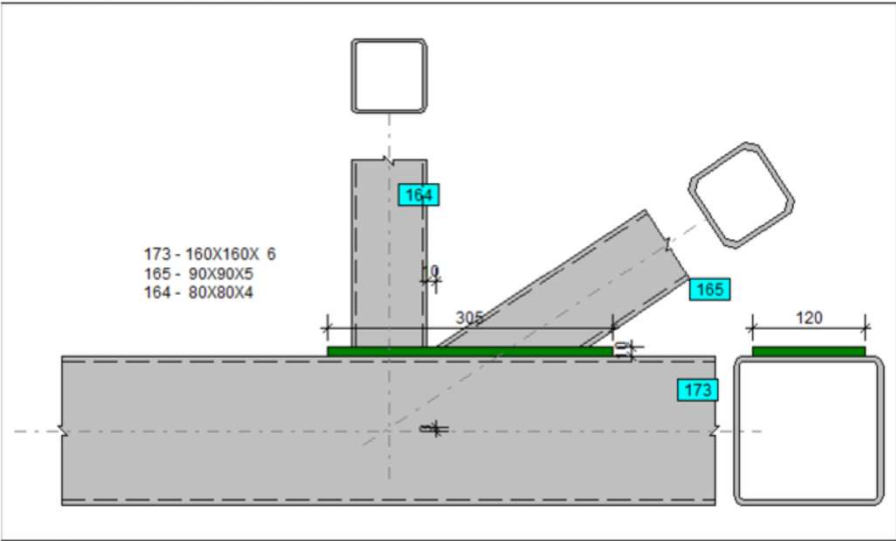
Structure members: 170, 170, 167, 165, 163



LTINTUS-SM 2023-05-17-IS	Lapas	Lapy	Laida
	16	20	0

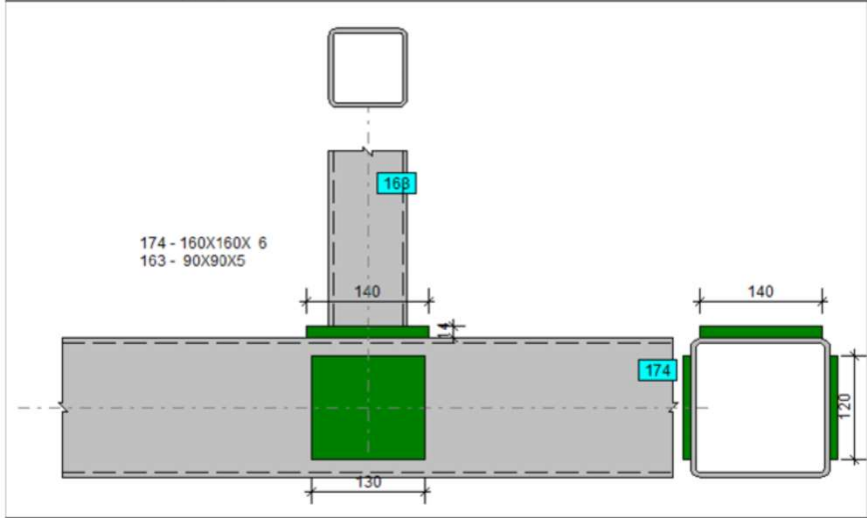
	Tube	EN 1991-1-8:2006	Ratio : 0.855	✓
---	------	------------------	---------------	---

Structure node: 181
Structure members: 173, 173, 165, 164



	Tube	EN 1991-1-8:2006	Ratio : 0.912	✓
---	------	------------------	---------------	---

Structure node: 179
Structure members: 173, 174, 163



Results

Tube chord face failure
Post

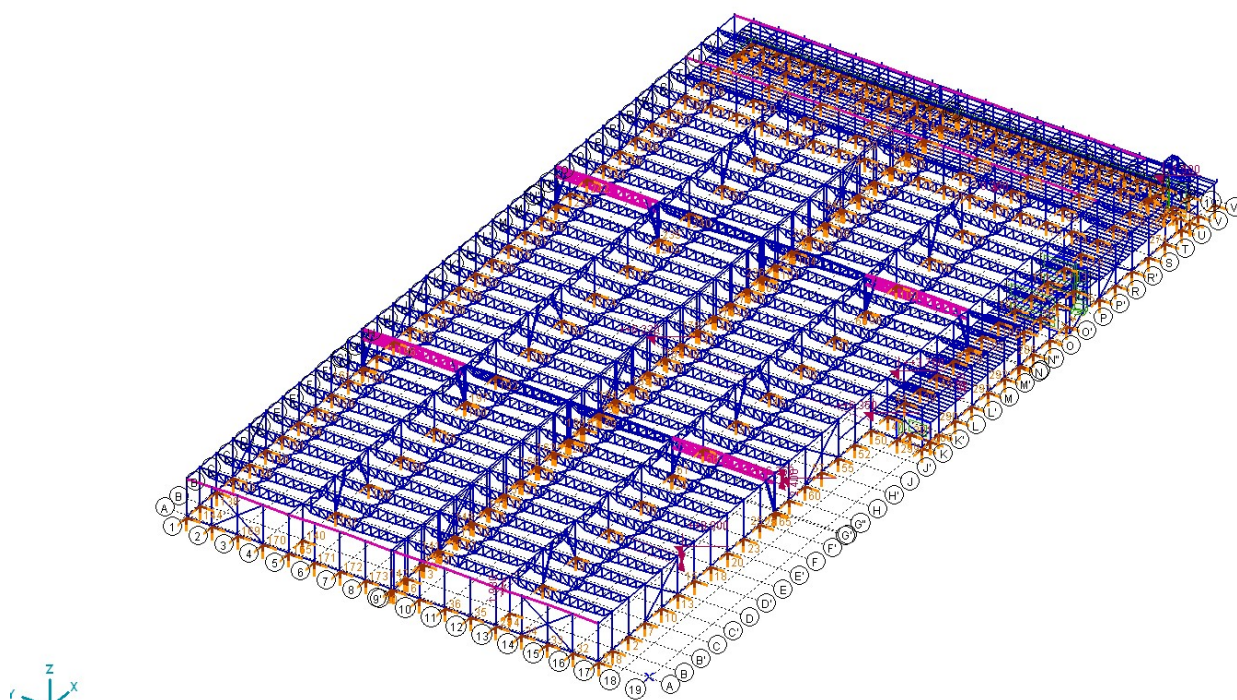
The design value of the resistance of the joint, expressed in terms of the internal axial force in member $N_{3,Rd} = 460.20kN$				
$ N_{3,Ed} \leq N_{3,Rd}$	$ - 419.60kN < 460.20kN$	0.912	✓	
The design value of the resistance of the joint, expressed in terms of the in-plane internal moment in member $M_{3,Rd} = 4.59kNm$				
$ M_{3,Ed} \leq M_{3,Rd}$	$ 0.00kNm < 4.59kNm$	0.000	✓	
Interaction axial force and bending moment				
$\frac{ N_{3,Ed} }{N_{3,Rd}} + \frac{ M_{3,Ed} }{M_{3,Rd}} = \frac{419.60kN}{460.20kN} + \frac{ 0.00kNm }{4.59kNm} = 0.912$				
$\frac{ N_{3,Ed} }{N_{3,Rd}} + \frac{ M_{3,Ed} }{M_{3,Rd}} \leq 1.0$	$0.912 < 1.000$	0.912	✓	

Apibendrinant aukščiau pateiktų paveikslų rezultatus, galima teigti, kad didžiausias išnaudojimas pirmojo nuo atramo apatinio mazgo – 0,98, o tai šiek tiek daugiau nei santvaros elementų išnaudojimas (kur didžiausia reikšmė 0,923).

LTINTUS-SM 2023-05-17-IS	Lapas	Lapų	Laida
	17	20	0

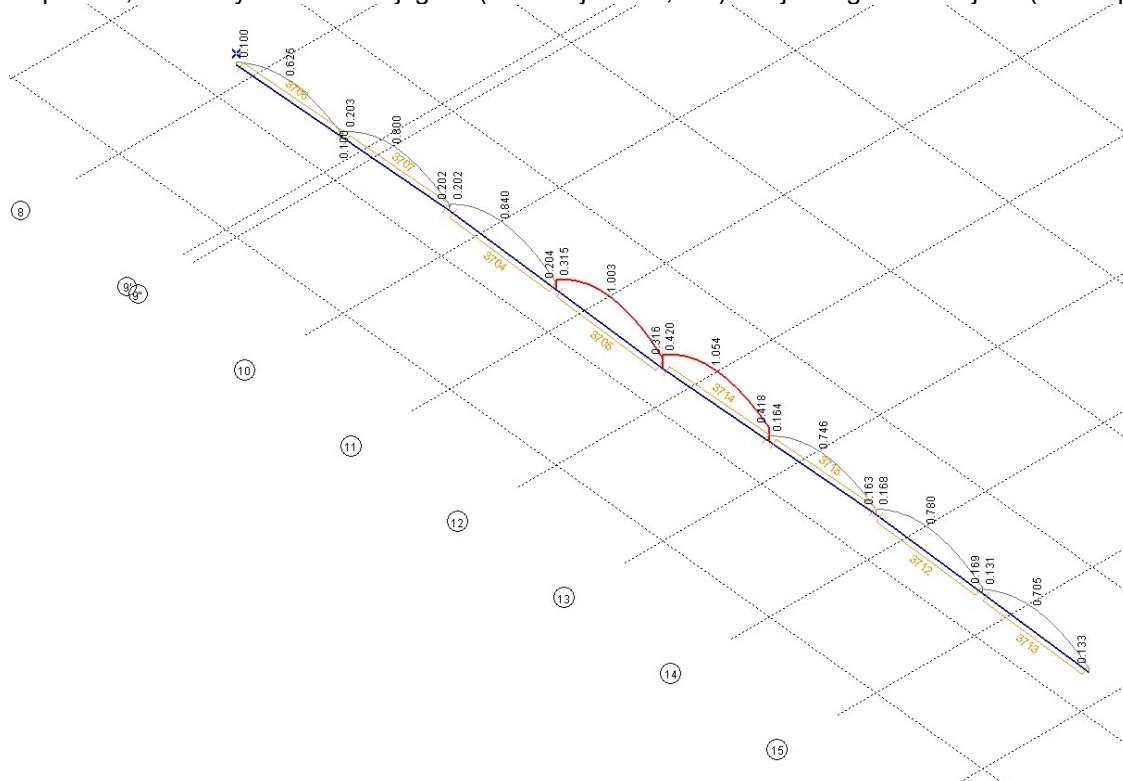
SIJOS IR PORTALINĖS SANTVAROS

Sijos ir portalinės santvaros tikrintos skaičiuojant erdvinį pastato modelį, kadangi jose pasireiškia reikšmingos ašinės jėgos nuo horizontalių jėgų. Šios konstrukcijos pavaizduotos 7 paveiksle (paryškintos).



7 pav. Sijos ir portalinės santvaros

Skaičiavimai parodė, kad nežymiai laikomoji galia (išnaudojimas 1,054) viršijama galinėse sijose (žiūr. 8 pav.):



8 pav. Galinių sijų išnaudojimo reikšmės

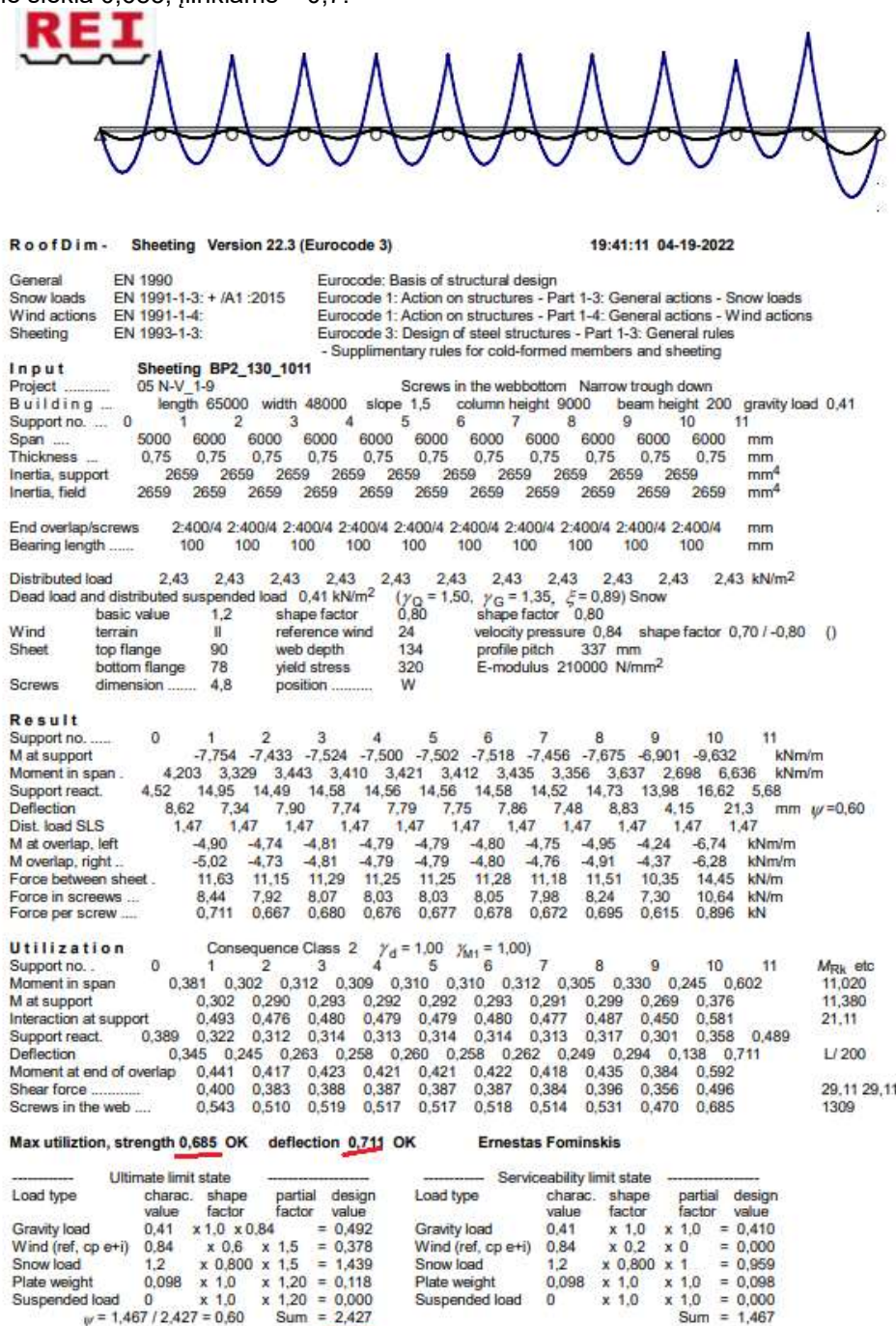
Dėl šios priežasties derėtų saulės saulės modulius atitraukti bent per 6 m nuo galinių parapetų.

LTINTUS-SM 2023-05-17-IS	Lapas	Lapų	Laida
	18	20	0

LAIKANTYSIS PAKLOTAS

Pakloto laikomoji galia tikrinta atsižvelgiant į projektinius skaičiavimo rezultatus ir lyginant apkrovas bei išnaudojimo koeficientus.

Pakloto skaičiavimo rezultatai pagal pradinis projekto duomenis (neatsižvelgiant į saulės saulės modulių apkrovą) pateikti 9 paveiksle. Šiame paveiksle pateiktas labiausiai išnaudotas ruožas (ašys N-V/1-9), kur stiprumui išnaudojimo reikšmė siekia 0,685, įlinkiams – 0,7.



9 pav. Denginio pakloto skaičiavimo rezultatai

Padalinę padidėjusią suminę skaičiuojamąją apkrovą (žiūr. 3 lent.) iš projektinės, bei padauginę iš projektinės apkrovos patikimumo koeficiento, gausime pakloto išnaudojimo reikšmę esant padidėjusiai apkrovai dėl saulės modulių:

$$K_{\text{pad,ULS}} = Q_{\text{sk,pad}} / Q_{\text{sk,pr}} \cdot K_{\text{prULS}} = 2,93 / 2,427 \cdot 0,685 = 0,827;$$

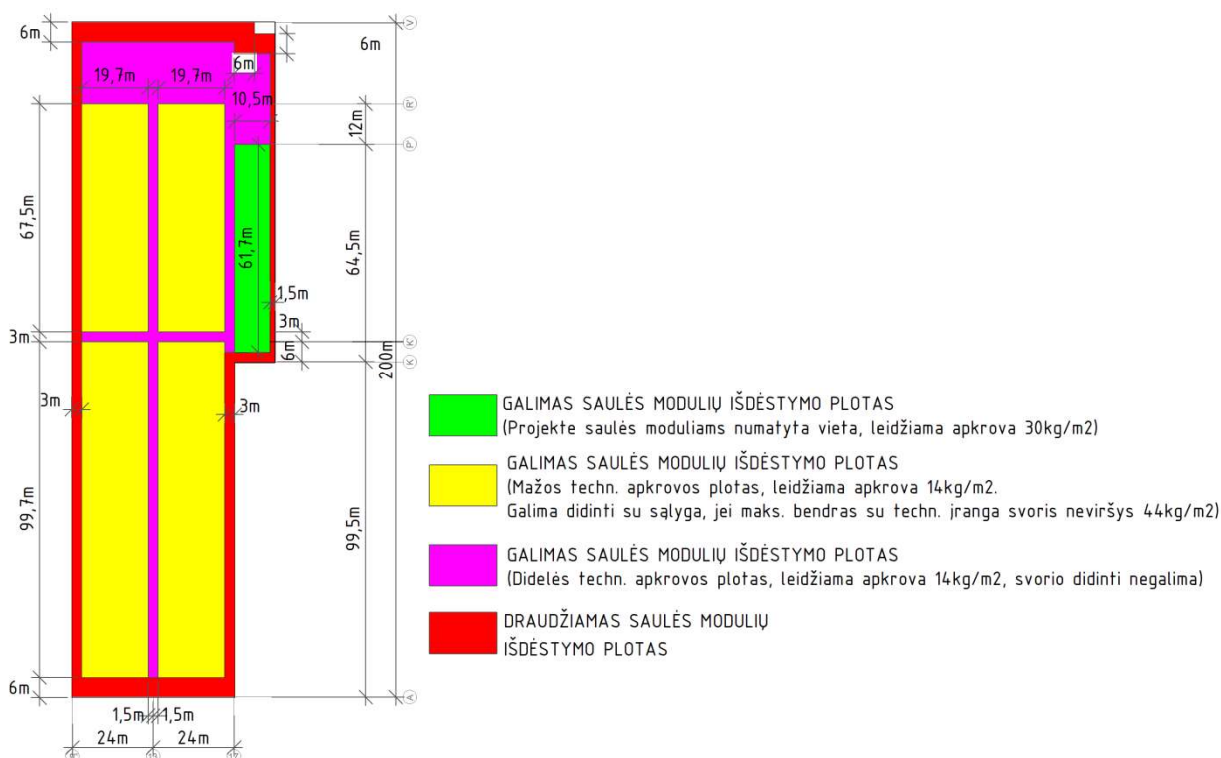
Kaip matome pakloto laikomoji gali turi papildomą 17% rezervą.

LTINTUS-SM 2023-05-17-IS	Lapas	Lapų	Laida
	19	20	0

7. IŠVADOS IR NURODYMAI SAULĖS MODULIŲ ĮRENGIMUI

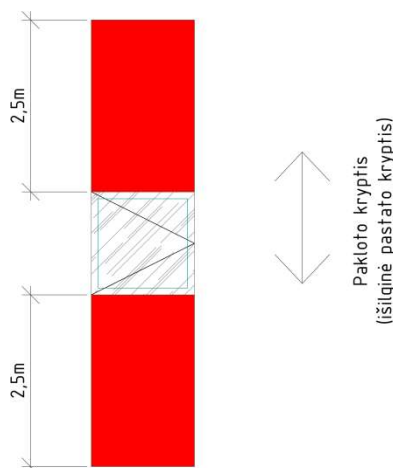
Apibendrinus skaičiavimų rezultatus daromos sekančios išvados:

1. Maksimali galima saulės modulių masė su laikikliais neturi viršyti 14 kg/m^2 . (išskyrus projekte numatytą plotą saulės moduliams, kur leidžiama apkrova kg/m^2). Minimalia technologine įranga apkrautame stogo plote, galima modulių apkrovą didinti su sąlyga, kad maksimalus bendras su technologine įranga svoris neviršys 44 kg/m^2 (žiūr. 10 pav.),
2. Silpniausia denginio dalis yra galinės pastato sijos (ašys A, V), kur dėl padijusios apkrovos 5,4% viršija laikomąją galią. Dėl to rekomenduotina saulės modulių atitraukti bent per 6 m nuo galinių parapetų
3. Atsižvelgiant į skaičiavimus, saulės modulių išdėstymą derėtų atlikti pagal žemiau pateiktą schemą (10 pav.):



10 pav. Galimo saulės modulių išdėstymo schema

4. Draudžiama įrengti modulių 2,5m ruože ties stoglangiais pakloto kryptimi:



5. Saulės moduliams tvirtinti derėtų naudoti alternatyvines balastui sistemas – tvirtinamas prie pakloto smeigėmis ar kitais būdais, kurie papildomai neapkrauna denginio konstrukcijų.
6. Siekiant išvengti sniego maišų, saulės modulio aukštis virš stogo dangos neturėtų viršyti $0,6 \text{ m}$.
7. Siekiant minimizuoti vėjo keliamąjį poveikį, saulės modulių derėtų apjungti taip, kad apjungtų modulių plotas būtų nemažesnis kaip 10 m^2 .

LTINTUS-SM 2023-05-17-IS	Lapas	Lapų	Laida
	20	20	0