



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS

Aistė Petkevičiūtė

PARODŲ RŪMŲ PASTATO DRUSKININKUOSE
LAIKANČIŪJŲ KUPOLINIŲ KONSTRUKCIJŲ TYRIMAS

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Lekt. dr. Nerijus Meslinas

KAUNAS, 2017

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS

PARODŲ RŪMŲ PASTATO DRUSKININKUOSE
LAIKANČIŪJŲ KUPOLINIŲ KONSTRUKCIJŲ TYRIMAS

Baigiamasis magistro projektas
Statyba (kodas M6046N21)

Vadovas
Lekt. dr. Nerijus Meslinas

Recenzentas
Jurgis Ražaitis

Projektą atliko
Aistė Petkevičiūtė

KAUNAS, 2017



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

(Fakultetas)

(Studento vardas, pavardė)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Parodų rūmų pastato Druskininkuose laikančiųjų kupolinių konstrukcijų tyrimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 ____ m. _____ d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Aistės Petkevičiūtės**, baigiamasis projektas tema „Parodų rūmų pastato Druskininkuose laikančiųjų kupolinių konstrukcijų tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Petkevičiūtė Aistė. Parodų rūmų pastato Druskininkuose laikančiųjų kupolinių konstrukcijų tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas lekt. dr. Nerijus Meslinas; Kauno technologijos universitetas, Statybos ir architektūros fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Statybos inžinerija, statybų technologijos.

Reikšminiai žodžiai: *kupolas, kompozitinė kolona, santvara, erdvinio rėmo konstrukcija.*

Kaunas, 2017. 88 p.

SANTRAUKA

Magistro baigiamajame projekte analizuojami trys stogo denginio konstrukcijų variantai: medinė, metalinė – santvarinė, metalinė. Tiriamojoje dalyje šios konstrukcijos nagrinėjamos ekonominiu, architektūriniu, mazgų ir montavimo sudėtingumo požiūriu. Ekonomiškiausiam variantui projektuojamos kupolą laikančios konstrukcijos: kompozitinės kolonos ir gręžtiniai poliniai pamatai. Taip pat trumpai aptariamas ekonomiškiausio varianto montavimas. Galiausiai pateikiama darbo sauga ir aplinkosauga statybos metu.

Projektą sudaro įvadas, 13 skyrių, išvados ir 26 punktų literatūros sąrašas.

Darbo apimtis: 79 psl. teksto be priedų, 29 paveikslėliai ir 16 lentelių.

Petkevičiūtė, Aistė. Master's thesis in Structure Analysis of Bearing Dome of Exhibition Hall Building in Druskininkai / supervisor lect. prof. Nerijus Meslinas. The Faculty of Civil Engineering and Architecture, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Civil engineering, Construction

Key words: *dome, composite column, truss, space frame structure.*

Kaunas, 2017. 88 p.

SUMMARY

In the Master's final project three variations of design roof constructions: wooden, metal-truss, and metal are analyzed. The exploratory part of these structures are pended on economic, architectural, components and assembly complexity point of view. The structures of bearing dome are designed for the most economical version: composite columns and bored pile foundations. In addition, the most cost-effective option installation is briefly discussed in this project. Finally, the labor safety and environmental protection on during construction is given.

The project consists of introduction, 13 chapters, conclusions and a list of 26 literature sources.

Scope of work: 79 pages of text without additions, 29 figures and 16 tables.

SUTIKIMAS

2016-02-09

Aš, **architektas Vaidotas Kuliešius** sutinku, kad **SSM-5** gr. studentė Aistė Petkevičiūtė naudotų mano parengtą architektūrinės dalies projektą “Gyventojų (šeimos) turto ir pajamų deklaracijų apdorojimo centras, Neravų g. 8, Druskininkai, Nr. 2422100-TP-SA”, baigiamajame magistro projekte.

(parašas)

Turiny

Užduotis.....	9
Įvadas.....	11
1. Statybos reglamentavimo ir teisės sąlygos.....	12
2. Aiškinamasis raštas	14
3. Rėmo apkrovų skaičiavimas.....	17
3.1. Sniego apkrova	17
3.2. Vėjo apkrova.....	18
3.3. Nuolatinės apkrovos	18
3.4. Naudojimo apkrova.....	19
4. Rėmo skaičiuojamoji schema.....	19
5. Rėmo derinių skaičiavimas	20
6. Medinio kupolo projektavimas.....	21
6.1. Kupolo įrašų suvestinė.....	21
6.2. Skerspjūvio parinkimas.....	24
6.3. Kupolo mazgų projektavimas	27
6.4. Konstrukcijos analizė.....	28
7. Metalinio – santvarinio kupolo projektavimas.....	30
7.1. Kupolo elementų įrašų suvestinė	30
7.2. Pagrindinės santvaros apatinės juostos projektavimas	33
7.3. Santvaros viršutinės juostos projektavimas	34
7.4. Santvaros spyrių projektavimas	36
7.5. Pagrindinės santvaros mazgų projektavimas	40
7.6. Konstrukcijos analizė.....	48
8. Metalinio kupolo projektavimas.....	49
8.1. Kupolo elementų įrašų suvestinė	49
8.2. Skerspjūvio parinkimas.....	51
8.3. „1“ mazgo projektavimas.....	54
8.4. Konstrukcijos analizė.....	55
9. Kupolo elementų montavimo ekonominis palyginimas.....	56
10. Technologinė dalis.....	58
10.1. Darbo sąnaudų, mechanizmų ir medžiagų poreikio skaičiavimas	58
10.2. Statybinių medžiagų suvestinė.....	59
10.3. Medinis kupolas ir jo montavimas	59

11.	Kompozitinės kolonos projektavimas	62
11.1.	Skerspjūvio tikrinimas.....	62
11.2.	Galvenos projektavimas	65
11.3.	Bazės projektavimas.....	66
12.	Polinių pamatų projektavimas	71
12.1.	Polinio pamato laikančiosios galios skaičiavimas	71
12.2.	Gręžtinio polio armavimas	72
12.3.	Nuosėdžio skaičiavimas	73
12.4.	Galvenos projektavimas	73
13.	Darbo sauga ir aplinkosauga.....	75
	Išvados.....	77
	Literatūros sąrašas	78
	Priedai.....	80

1 lentelė. Brėžinių žiniaraštis

Eil. Nr.	Brėžinio pavadinimas	Žymuo
1	Situacijos planas; Sklypo planas; Pirmo aukšto planas; Fasadas A-H	2017-MBP-SK-1
2	Rūsio planas; Fasada; Pjūvis A-A; Konstrukcinės detalės	2017-MBP-SK-2
3	Antro aukšto planas; Trečio aukšto planas; Konstrukcinė detalė „C“	2017-MBP-SK-3
4	Rėmo skaičiuojamoji schema; Kupolo elementų planas; Medinio kupolo pjūviai ir detalės; Įrašų schemas	2017-MBP-SK-4
5	Skersinės santvaros skaičiuojamoji schema; Geometrinė schema; Santvara S1; Mazgai ir jų pjūviai; Įrašų schemas	2017-MBP-SK-5
6	Skersinės arkos skaičiuojamoji schema; Arkos pjūvis; Mazgai ir jų pjūviai; Įrašų schemas; Ekonominio palyginimo diagramos	2017-MBP-SK-6
7	Kolona K-1 ir jos pjūviai; Pamatų planas; Inžinerinio geologinio pjūvio schema; Pamatas P-1 ir jo pjūviai; Tinklas T-1; Tinklas T-2	2017-MBP-SK-7

Užduotis

1 užduoties lapas

Užduotis
2 užduoties lapas

Ivadas

Magistro baigiamojo projekto darbo tikslas – suprojektuoti tris kupolinių laikančiųjų stogo konstrukcijų lyginamuosius variantus, kurie bus lyginami architektūriniu, technologiniu bei ekonominiu požiūriu, sudarant lokalines sąmatas. Pagal gautą ekonomiškiausią variantą, ši konstrukcija bus pritaikoma tolimesniuose skaičiavimuose, projektuojant kompozitinę koloną ir gręžtinius polinius pamatus. Tiriamosios dalies pagrindinis aspektas – kupolinių konstrukcijų projektavimas su programa „Robot Structural Analysis“. Programos pagalba ir rankiniu būdu bus apskaičiuojami mazgai, įvertinant netolygiai pasiskirsčiusias apkrovas. Taip pat šiame darbe ekonomiškiausia kupolinė stogo konstrukcija aptariama ir technologiniu požiūriu.

Šiam tikslui buvo pasirinktas architekto darbas, kuris perplanuojamas ir pritaikomas visuomeninei paskirčiai. Projektuojamas pastatas susideda iš dviejų dalių, nors darbe bus atliekama tik vienos dalies analizė.

Projekte bus nagrinėjamos šios dalys: teisės, architektūros, konstrukcijų, technologijų bei ekonominė. Atlikus skaičiavimus, pateikiami 7 brėžiniai: 3 architektūros bei 4 konstrukcijų dalies, kuriuose iš jų taip pat kartu pateikiami ir grafiniai ekonominės dalies rezultatai.

Darbo uždaviniai:

- Teisinėje dalyje pateikti privalomųjų dokumentų sąrašą techniniam projektui, kuriuo remiantis yra atliekamas šis projektas;
- Aiškinamajame rašte pateikti informaciją apie sklypo bei statinio techninius rodiklius, architektūrinius sprendinius. Taip pat gana išsamiai aptarti laikančiąsias konstrukcijas ir jų suprojektuotus sprendinius.
- Konstrukcijų skaičiuojamojoje dalyje suprojektuoti medinę, metalinę – santvarinę, metalinę laikančiąsias stogo konstrukcijas, kompozitinę koloną bei polinius pamatus;
- Atlikti trijų kupolinių laikančiųjų stogo konstrukcijų ekonominį įvertinimą bei palyginimą;
- Pateikti kiekvienos konstrukcijos privalumus ir trūkumus;
- Technologiniu požiūriu aptarti ekonomiškiausią variantą.

1. Statybos reglamentavimo ir teisės sąlygos

Parodų rūmų Druskininkuose, naujo pastato statybos, projekto konstrukcinė dalis atlikta remiantis:

1. statybos techniniais reglamentais;
2. kitais galiojančiais normatyviniais dokumentais.

1.1. Privalomųjų TP rengimo dokumentų bei pagrindinių normatyvinių statybos techninių dokumentų, kuriais vadovaujantis parengtas TP, sąrašas

1. LR statybos įstatymas 1996 03 19, Nr. I – 1240, galiojanti suvestinė redakcija 2017 01 01 d.
2. LR Aplinkos apsaugos įstatymas 1992 01 21, Nr. I – 2223, galiojanti suvestinė redakcija 2016 08 01 d.
3. LR žemės įstatymas 1994 04 26, įstatymas Nr. I – 446, galiojanti suvestinė redakcija 2016 06 03.
4. LR teritorijų planavimo įstatymas 2013 06 27, Nr. XII – 407, galiojanti suvestinė redakcija 2016 05 25.
5. LR atliekų tvarkymo įstatymas 1998 06 16, Nr. VIII – 787, galiojanti suvestinė redakcija 2016 08 01.

1.2. Organizaciniai tvarkomieji statybos techniniai reglamentai

6. STR 1.04.04:2017. Statinio projektavimas, projekto ekspertizė.
7. STR 1.01 05:2016. Normatyviniai statybos techniniai dokumentai.
8. STR 1.01.08:2002. Statinio statybos rūšys.
9. STR 1.01.03:2017. Statinių klasifikavimas.
10. STR 1.14.01:1999. Pastatų plotų ir tūrių skaičiavimo tvarka.
11. STR 1.12.06:2002. Statinio naudojimo paskirtis ir gyvavimo trukmė.

1.3. Statybos techninių reikalavimų ir kiti reglamentai

12. STR 2.01.01(1):2005. ESR. Mechaninis patvarumas ir pastovumas.
13. STR 2.01.01(2):1999. ESR. Gaisrinė sauga.
14. STR 2.01.01(3):1999. ESR. Higiena, sveikata, aplinkos apsauga.
15. STR 2.01.01(4):2008. ESR. Naudojimo sauga.
16. STR 2.01.01(5):2008. ESR. Apsauga nuo triukšmo.

17. STR 2.01.01(6):2008. ESR. Energijos taupymas ir šilumos išsaugojimas.
18. STR 2.03.01:2001. Statiniai ir teritorijos. Reikalavimai žmonių su negalia reikmėms.
19. STR 2.05.03:2003. Statybinių konstrukcijų projektavimo pagrindai.
20. STR 2.05.04:2003. Poveikiai ir apkrovos.
21. STR 2.05.05:2005. Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas.
22. STR 2.05.07:2005. Medinių konstrukcijų projektavimas.
23. STR 2.05.08:2005. Plieninių konstrukcijų projektavimas. Pagrindinės nuostatos.
24. STR 2.05.02:2008. Statinių konstrukcijos. Stogai.
25. STR 2.05.13:2004. Statinių konstrukcijos. Grindys.
26. STR 2.05.20:2006. Langai ir išorinės įėjimo durys.
27. Gaisrinės saugos pagrindiniai reikalavimai, 2011 01 01.
28. HN 33-2007. Akustinis triukšmas. Triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje.
29. RSN 26-90. Vandens suvartojimo normos.

Higieninės normos, standartai, rekomendacijos, taisyklės

31. HN 42-2009. Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų mikroklimatas.

Papildomi dokumentai:

Kiti Lietuvoje galiojantys normatyvai, Vyriausybės nutarimai ir žinybų įsakymai.

2. Aiškinamasis raštas

Architektūros dalis

Projektuojamas pastatas yra Druskininkuose. Pastatas priskiriamas ypatingų statinių kategorijai dėl žmonių skaičiaus pastate ir konstrukcijų išdėstymo. Statinio paskirtis – kultūros paskirties pastatas (parodų rūmai), todėl jo eksploataavimo klasė – I. Statybos rūšis – nauja statyba [1].

Pastatas yra sudarytas iš dviejų korpusų. „A“ korpuse yra administracinės ir konferencijų salės, „B“ korpuse – parodų paviljonų salės. Žmonių su fizine negalia patekimui į pastatą numatytas pandusas, taip pat yra pritaikytas liftas.

„A“ korpusą sudaro 3 aukštai. Abiejų korpusų cokolinio aukšto apdaila iš dirbtinio akmens. „A“ korpuso pastato fasadų apdailai naudojamos rudos klinkerio plytelės ir pilkos spalvos dailylentės. Stogo dangą sudaro PVC lakštai pritvirtinti prie tinklinio pagrindo. Šio korpuso stogo konstrukcija yra apšiltinama. Vidaus sienos yra tinkuojamos ir dažomos akrilo dažais. Vidinėms nelaikančioms sienoms naudojamos gipso kartono atitvaros. Patalpų durys – nedegios, metalinės, karkasas užpildytas akmens vata. Laikantis priešgaisrinių reikalavimų yra projektuojami 3 evakuacijos keliai. Patalpoms naudojama PVC grindų danga.

„B“ korpuso sienų konstrukciją sudaro stiklo paketas ir jungiamosios pilkos spalvos aliuminės konstrukcijos. Šios dalies stogo konstrukcija nėra apšiltinama, denginiui naudojama danga, skirta erdvinės formos stogams. „B“ korpusą sudaro trys aukštai. Patalpų durys – nedegios metalinės, karkasas užpildytas akmens vata. Grindų dangai naudojamas armuotas betonas.

Statinio sklypas. Sklypas yra netaisyklingos trapecijos formos, į kurį projektuojami trys patekimo keliai:

- du įvažiavimai iš Neravų g. lengvajam ir sunkiajam transportui;
- vienas įvažiavimas ekspozicijos lankytojams iš atskiro sklypo, kuriame yra suprojektuotos lengvųjų automobilių stovėjimo aikštelės.

Sklype yra 5 stovėjimo vietos sunkiajam transportui ir 82 stovėjimo vietos lengvajam transportui, iš kurių 4 vietos pritaikytos žmonių su negalia poreikiams. 1 paveikslėlyje pateikiami sklypo ir pastato techniniai rodikliai:

Bendrieji statinio rodikliai			
Pavadinimas	Mato vnt.	Kiekis	Pastabos
I. SKLYPAS			
1. Sklypo plotas	m ²	13422,18	
2. Sklypo užstatymo intensyvumas	%	55,50	
3. Sklypo užstatymo tankumas	%	18,70	
II. PASTATAI			
1. Negyvenamieji pastatai:			
1.1. bendras plotas:	m ²	7449,05	
1.1.2. pagrindinis	m ²	5722,69	
1.1.3. pagalbinis	m ²	1726,36	
1.2. pastato tūris	m ³	72502,31	
1.3. aukštų skaičius	vnt.	4	
1.4. pastato aukštis	m	16,15	

2.1 pav. Bendrieji sklypo ir pastato rodikliai [2]

Konstrukcijų dalis

Skaičiavimai atliekami „B“ korpusui. Projektuojamos konstrukcijos: lyginamoji stogo konstrukcija – medinis, metalinis – santvarinis, metalinis ovalo formos kupolas, apvalios kompozitinės kolonos (metalinis vamzdis užpildytas gelžbetonu) ir gręžtiniai poliniai pamatai.

Stogas. Stogo konstrukciją sudaro akytas tinklas, kuris tvirtinamas prie denginio konstrukcijų, kad būtų sukurtas stabilus pagrindas kitų stogo dangos elementų tvirtinimui. Ant jo klojama hidroizoliacija ir stogo danga, kuri pritaikyta erdviniams paviršiams.

Denginio konstrukcijos. Stogo laikanti konstrukcija - medinis ovalo formos kupolas, kurio matmenys: 42,32x25,32x8,99 m. Kupolo konstrukciją sudaro pagrindinė arka, kuri montuojama išilgai pastato ir 26 pusarkės, kurios išdėstomos kas 3 m. Šiai stogo konstrukcijai naudojama klijuotos medienos klasė – G128h, kurios drėgnumas sudaro 10%. Konstrukcijoje naudojamo plieno markė – S275. Antrojo ir trečiojo varianto konstrukcijos išdėstomos kaip ir medinio kupolo atveju. Abiems variantams naudojamo plieno markė – S355.

Ryšiai. „A“ korpuse yra montuojami skersiniai ir išilginiai ryšiai. Skersiniai ryšiai išdėstomi per visą pastato skersinį pjūvį ties viduriu ir kraštais. Išilginiai ryšiai montuojami per visą pastato ilgį: stogo išilginiai ryšiai dėstomi kas 5,33 m. Skersiniams viso pastato ir kupolo išilginiams ryšiams naudojami plieniniai strypai - profilis IPE 100.

Kolonos. Projektuojamos kompozitinės apvalios kolonos. Jos yra sudarytos iš plieninio vamzdžio Ø380x15 ir jį užpildančio gelžbetonio. Armatūros kiekis vamzdyje: išilginė - 6xØ25, skersinė Ø8 išdėstoma kas 300 mm. Plieninio vamzdžio markė – S355, armatūros markė – S500

ir betono klasė – C25/30. Prie kolonų yra tvirtinamos sijos įtemptaisiais varžtais, naudojant plieninius kampuočius. Rūsyje ir pirmajame aukšte kolonų tinklas yra išdėstomas kas 6 metrus, o antrajame aukšte – ties pastato kraštais, stogo laikančiųjų konstrukcijų atrėmimui.

Perdanga. Abiejuose korpusuose montuojamos kiaurymėtosios plokštės HCS 200 [3]. „A“ korpuse perdangos plokštės montuojamos ant mūrinių sienų, o „B“ korpuse – ant metalinių sijų HEB 200.

Pamatai. Prie pamato kolonos yra tvirtinamos inkariniais varžtais 8vnt. x HPM L 30. Pamatą sudaro rostverkas ir gręžtiniai 4 polių pamatai. Polinio pamato viršaus altitudė yra -5.070. Rostverko apatinį armatūros tinklą sudaro 7 Ø 12 strypai, kurių žingsnis yra 220 mm. Viršutinio armatūros tinklo strypai 16 Ø 8 išdėstomi pagal „Peikko“ inkarinių varžtų montavimo rekomendacijas. Polio diametras – 300 mm, armatūra S500 – 8Ø16.

Tiriamoji dalis

Tiriamoje dalyje buvo nagrinėjama kupolo konstrukcija, atsižvelgiant į medžiagų kiekį, kainą, mazgų sudėtingumą bei apkrovų pasiskirstymą konstrukcijoje. Šiam tikslui buvo pasirinktos 3 stogo konstrukcijos: medinė, metalinė – santvarinė ir metalinė.

Pagrindinė kupolo problema konstrukciniu požiūriu yra ta, kad ant tokios formos konstrukcijos kintamosios apkrovos išsidėsto netolygiai, todėl sunku išskirti pavojingiausią kupolo vietą. Tačiau šiai stogo konstrukcijai didžiausią poveikį daro savasis svoris, todėl norint suprojektuoti stabilią konstrukciją, didėja jos masė, kuri sąlygoja didesnes įrašas.

Montavimo aspektu tokio tipo konstrukcijų problematiškiausia vieta yra mazgai. Jie turi būti sujungiami be ekscentricitetų, kad nebūtų sumažinamas konstrukcijos stabilumas. Taip pat didelė problema kyla transportavimo metu, dėl konstrukcijos gabaritų. Vientisų elementų negalima transportuoti, todėl naudojamas didelis kiekis montažinių jungčių.

Architektūriniu požiūriu svarbiausia yra forma ir jos vientisumas, kurį sudėtinga pasiekti dėl mazgų kiekio.

3. Rėmo apkrovų skaičiavimas

3.1. Sniego apkrova

Projektuojamas pastatas – Druskininkuose, todėl imame I sniego apkrovos rajoną, kur sniego apkrovos charakteristinė apkrova $s_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$ [4].

Sniego apkrovos į horizontaliąją projekciją dydis nustatomas pagal formulę [4]:

$$S = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k; \quad (3.1.1.)$$

čia:

μ_i – stogo sniego apkrovos formos koeficientas;

C_e – atodangos koeficientas;

C_t – terminis koeficientas;

s_k – sniego dangos ant 1 m^2 horizontaliojo žemės paviršiaus svorio charakterinė reikšmė [4].

Kupolui skaičiuojami du variantai sniego apkrovos:

Pirmajam variantui sniego apkrovos formos koeficientas [4]:

$$\mu_1 = \frac{1}{8 \cdot f} = \frac{1}{8 \cdot 8,99} = 0,014 < 0,4 \quad (3.1.2.)$$

Tai priimu $\mu_1 = 0,4$. Norminė sniego apkrova [4]:

$$s_{k,1} = \mu_0 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,4 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 0,48 \text{ kN/m}^2.$$

$$s_{k,1l} = 0,48 \cdot 3 = 1,44 \text{ kN/m}$$

Antrajam variantui sniego apkrovos formos koeficientas [4]:

$$\mu_2 = 2,2$$

$$s_{k,2} = \mu_0 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 2,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 2,64 \text{ kN/m}^2$$

$$s_{k,2l} = 2,64 \cdot 3 = 7,92 \text{ kN/m}$$

Antrajai stogo konstrukcijos pusei naudojama pusė apkrovos formos koeficiento:

$$\mu_2 = 1,1$$

$$s_{k,2} = \mu_0 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 1,32 \text{ kN/m}^2$$

$$s_{k,2l} = 1,32 \cdot 3 = 3,96 \text{ kN/m}$$

3.2. Vėjo apkrova

Druskininkai priklauso I vėjo greičio rajonui [4]. Šiam rajonui vėjo greičio pagrindinė atskaitinė reikšmė $v_{ref,0} = 24 \text{ m/s}$;

Atskaitinis vėjo greitis[4]:

$$v_{ref} = c_{DIR} \cdot c_{TEM} \cdot c_{ALT} \cdot v_{ref,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 24 = 24 \text{ m/s} \quad (3.2.1.)$$

čia: $c_{DIR}, c_{TEM}, c_{ALT}$ - krypties, laiko ir aukščio virš jūros lygio koeficientai, paprastai lygūs 1,0.

Atskaitinis vėjo slėgis[4]:

$$q_{ref} = \frac{\rho}{2} \cdot v_{ref}^2 = \frac{1,25}{2} \cdot 24^2 = 0,36 \text{ kN/m}^2; \quad (3.2.2.)$$

Vidutinė slėgio į išorinius konstrukcijos paviršius dedamoji[4]:

$$w_{me} = q_{ref} \cdot c(z) \cdot c_e = 0,36 \cdot (-0,5) \cdot 0,85 = -0,153 \text{ kN/m}^2; \quad (3.2.3.)$$

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

c_e – išorinio slėgio aerodinaminis koeficientas.

3.2.1 lentelė. Vėjo apkrova veikianti koloną

Aukštis, m	0	5	10	11,70
Vėjo apkrova, kN/m	0,432	0,432	0,561	0,591
	0,324	0,324	0,420	0,450

3.3. Nuolatinės apkrovos

3.3.1 lentelė. Nuolatinės denginį veikiančios apkrovos

Eilės Nr.	Stogo elementas	Norminė apkrova q_k , kN/m ²	Apkrovos patikimumo koeficientas, γ_G	Skaičiuotinė apkrova q_{Ed} , kN/m ²
1	Stogo danga, d=50mm	2,0	1,5	3,5
2	Garų izoliacija	0,010	1,5	0,015
3	Stogo dangos tvirtinimo tinklas	0,0901	1,5	0,135
4	Ryšiai	0,200	1,5	0,300
		$\Sigma q_k=2,30$		$\Sigma q_{Ed}=3,45$

Naudojama tiesinė norminė apkrova nuo stogo dangos elementų:

$$g_{pr} = q_k \cdot a = 2,30 \cdot 3,0 = 6,90 \text{ kN/m}. \quad (3.3.1.)$$

Stiklinių sienų plokščių apkrova kolonom (stiklo storis 32 mm, jungtims naudojama medžiaga – aliuminis)[5]:

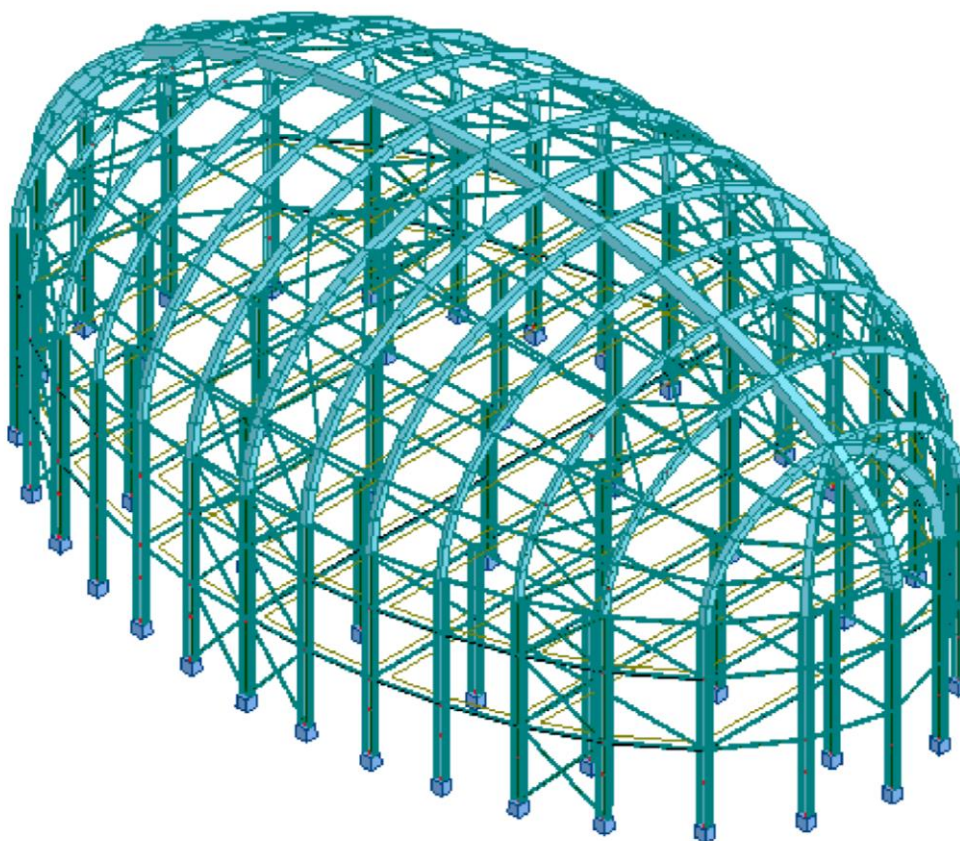
$$g_{st} = 25 \cdot 0,032 \cdot 3 + 1,22 = 3,62 \text{ kN/m} \quad (3.3.2.)$$

3.4. Naudojimo apkrova

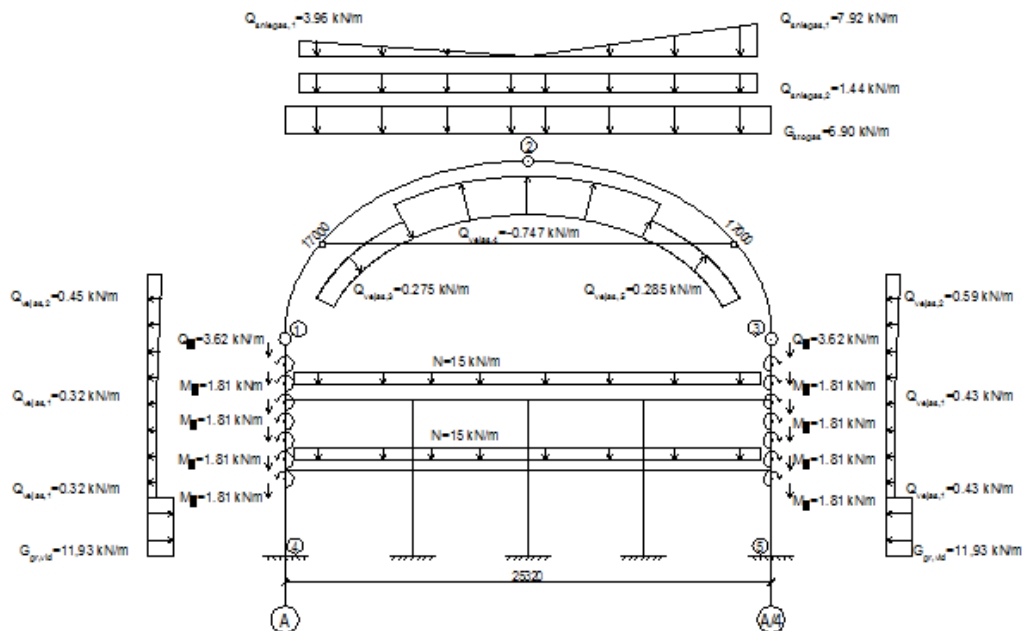
Pastatas priskiriamas C3 kategorijai, todėl naudojimo apkrova perdangos plokštėms [4]:

$$N = 5,0 \text{ kN/m}^2$$

4. Rėmo skaičiuojamoji schema



4.1 pav. Projektuojamos konstrukcijos schema



4.2 pav. Skersinio rėmo skaičiuojamoji schema

5. Rėmo derinių skaičiavimas

Skaičiavimai atliekami kompiuterine skaičiavimo programa „Autodesk Robot Structural Analysis 2016“

5.1 lentelė. Rėmą veikiančios apkrovos

Apkrovos žymuo programoje	Apkrovos pavadinimas
G	Nuolatinė apkrova (savasis stogo konstrukcijos svoris + denginio sluoksniai)
S1	Netolygiai paskirstyta sniego apkrova
S2	Tolygiai paskirstyta sniego apkrova
V	Vėjo apkrova
N	Naudojimo apkrova

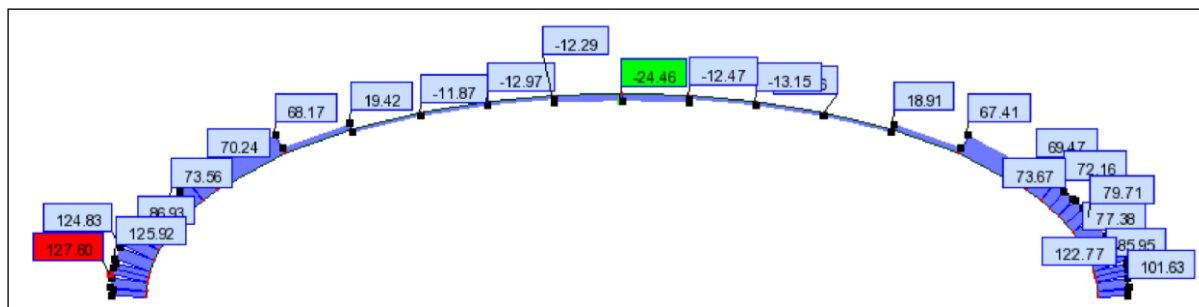
5.2 lentelė. Skaičiuojami apkrovų deriniai

Derinys	Derinio žymuo programoje
10	$G \cdot 1,3 + S1 \cdot 1,5 + V \cdot 0,90 + N \cdot 1,05$
11	$G \cdot 1,3 + S2 \cdot 1,5 + V \cdot 0,90 + N \cdot 1,05$
12	$G \cdot 1,3 + V \cdot 1,5 + S1 \cdot 1,05 + N \cdot 1,05$
13	$G \cdot 1,3 + V \cdot 1,5 + S2 \cdot 1,05 + N \cdot 1,05$
14	$G \cdot 1,3 + N \cdot 1,5 + S1 \cdot 1,05 + V \cdot 0,90$
15	$G \cdot 1,3 + N \cdot 1,5 + S2 \cdot 1,05 + V \cdot 0,90$
20	$G \cdot 1 + S1 \cdot 1 + V \cdot 0,60 + N \cdot 0,70$
21	$G \cdot 1 + S2 \cdot 1 + V \cdot 0,60 + N \cdot 0,70$
22	$G \cdot 1 + V \cdot 1 + S1 \cdot 0,70 + N \cdot 0,70$
23	$G \cdot 1 + V \cdot 1 + S2 \cdot 0,70 + N \cdot 0,70$
24	$G \cdot 1 + N \cdot 1 + S1 \cdot 0,70 + V \cdot 0,60$
25	$G \cdot 1 + N \cdot 1 + S2 \cdot 0,70 + V \cdot 0,60$

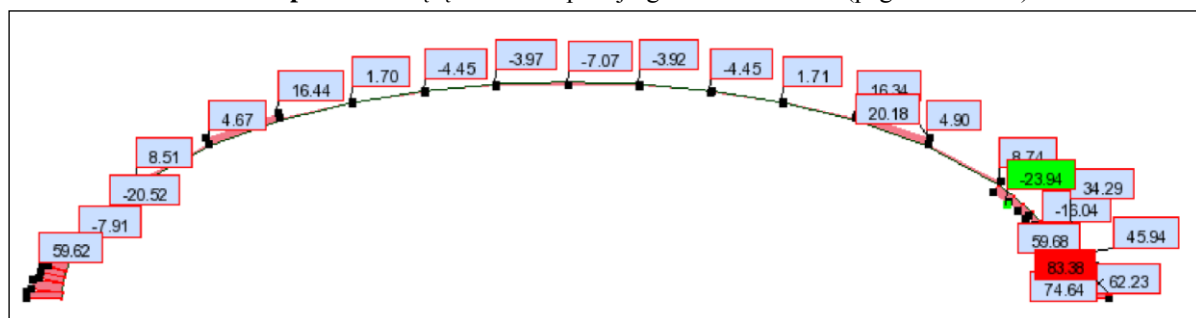
6. Medinio kupolo projektavimas

6.1. Kupolo įrašų suvestinė

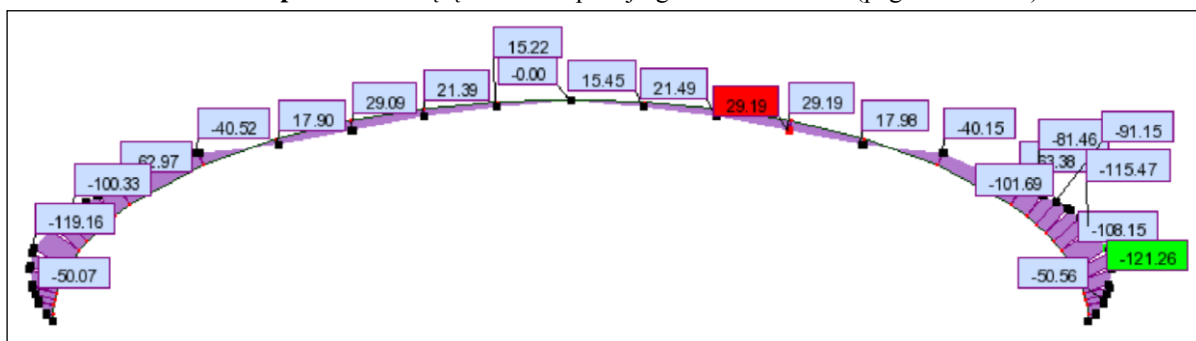
Iš kompiuterinės programos duomenų gauname ašinių, skersinių jėgų ir lenkimo momentų diagramas nuo pavojingiausio derinio:



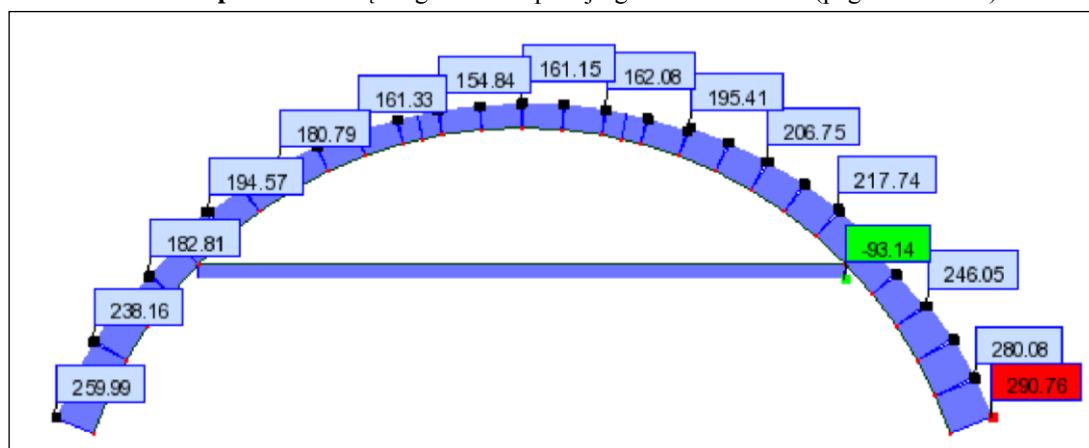
6.1.1 pav. Ašinės įrašos N nuo pavojingiausio derinio 10 (pagrindinė arka)



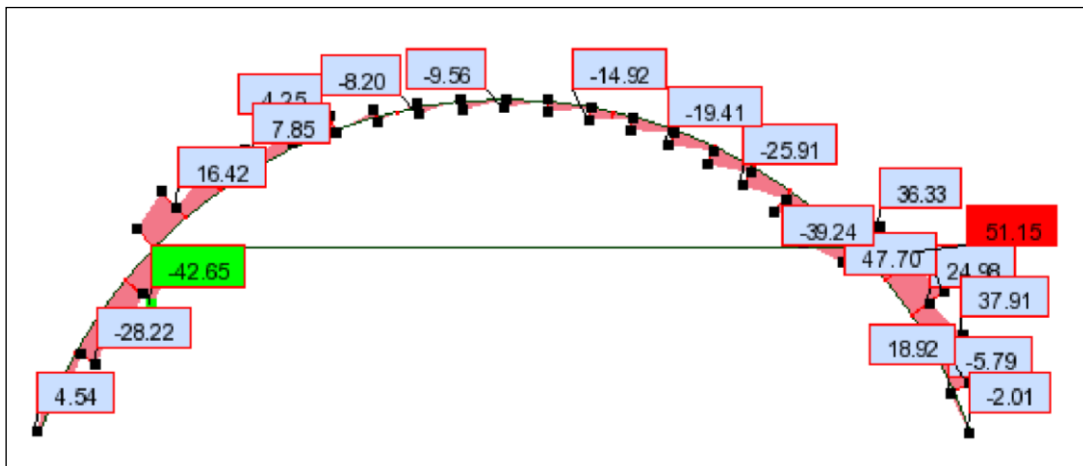
6.1.2 pav. Skersinė įrašos V nuo pavojingiausio derinio 10 (pagrindinė arka)



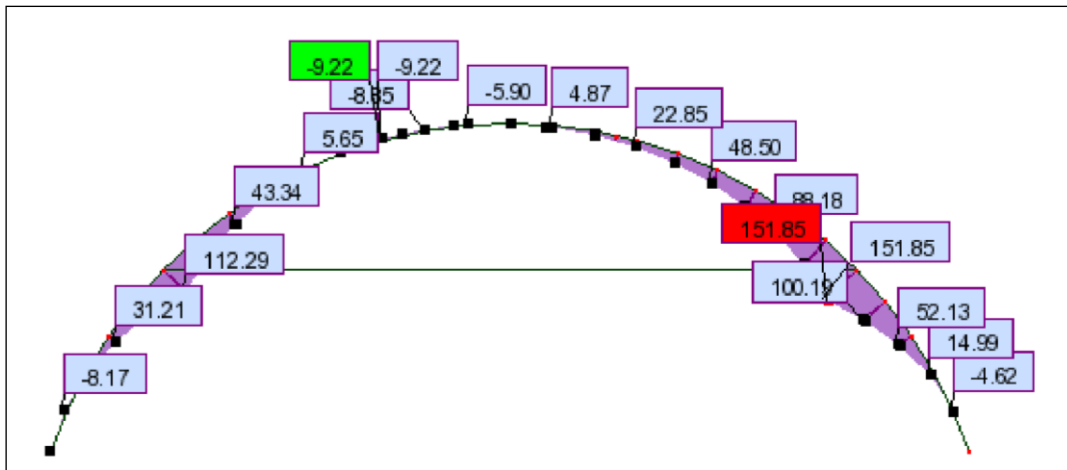
6.1.3 pav. Momentų diagrama nuo pavojingiausio derinio 10 (pagrindinė arka)



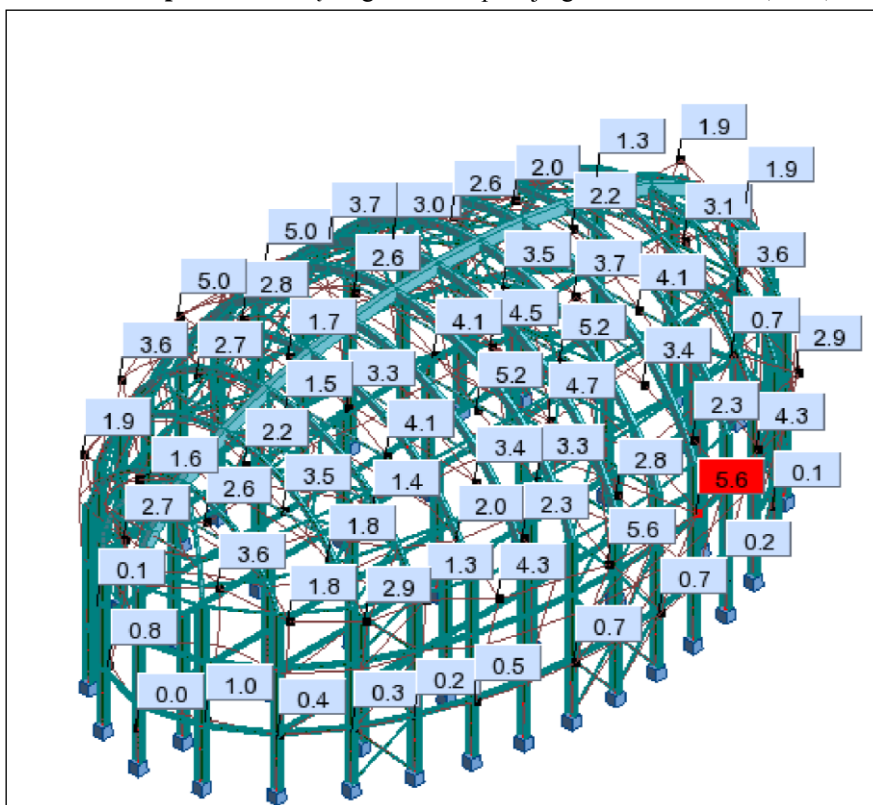
6.1.4 pav. Ašinės įrašos N nuo pavojingiausio derinio 10 (PR-1)



6.1.5 pav. Skersinės įrašos N nuo pavojingiausio derinio 10 (PR-1)



6.1.6 pav. Momentų diagrama nuo pavojingiausio derinio 10 (PR-1)



6.1.7 pav. Elementų įlinkis

6.1.1 lentelė. Medinio kupolo įrašų suvestinė

Kupolo elementas	Ašinė įraša, kN	Skersinė įraša, kN	Veikiantis momentas, kNm
AR-1	127,60	60,33	50,07
	81,18	7,63	121,26
PR-1	290,76	5,79	0
	217,74	39,24	151,85
PR-2	267,05	5,80	0
	187,74	31,21	121,68
PR-3	289,93	12,16	0
	250,40	36,28	147,15
PR-4	234,47	9,23	0
	179,99	22,15	63,72
PR-5	188,72	10,32	0
	138,90	22,67	26,59
PR-6	215,79	4,69	0
	122,77	14,47	36,75
PR-7	128,11	8,98	0
	58,04	4,68	23,03

6.1.2 lentelė. Kupolo arkų skaičiuojamieji ilgiai ir kiekis

Kupolo elementas	Arkos ilgis, m	Koeficientas	Sk. ilgis	Vnt.
AR-1	49,30	0,58	28,59	1
PR-1	34,00		19,72	2
PR-2	33,66		19,52	4
PR-3	32,60		18,91	4
PR-4	30,78		17,85	4
PR-5	28,00		16,24	4
PR-6	24,00		13,92	4
PR-7	19,68		11,42	8

6.2. Skerspjūvio parinkimas

Skersinės pusarkės skaičiavimas

Skaičiuojamas skaičiuotinis stipris gniuždant[6]:

$$f_{c,0,g,d} = \frac{f_{c,0,g,k}}{\gamma_M} k_{mod} = \frac{26,5}{1,1} 0,9 = 21,68 \text{ MPa} \quad (6.2.1.)$$

Užsiduodamas skerspjūvis 220x520 mm. Inercijos momentas:

$$I_y = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{220 \cdot 520^2}{12} = 25,78 \cdot 10^8 \text{ mm}^4 \quad (6.2.2.)$$

Atsparumo momentas:

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{220 \cdot 520^2}{6} = 9,91 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \quad (6.2.3.)$$

Skerspjūvio plotas:

$$A = b \cdot h = 220 \cdot 520 = 114400 \text{ mm}^2 \quad (6.2.4.)$$

Inercijos spindulys:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{25,78 \cdot 10^8}{114400}} = 150,11 \text{ mm} \quad (6.2.5.)$$

Skaičiuotinis liaunis, kuris neviršija ribinio liaunio[6]:

$$\lambda_y = \frac{l_{eff}}{i_y} = \frac{19720}{150,11} = 131,37 < \lambda_{lim} = 150 \quad (6.2.6.)$$

Klupumo koeficientas[6]:

$$\varphi = 1 - 0,8 \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2 = 1 - 0,8 \left(\frac{39,66}{100} \right)^2 = 0,874 \quad (6.2.7.)$$

Koeficientas, įvertinantis papildomą lenkiamąjį momentą nuo ašinės jėgos poveikio dėl elemento išlinkio (reikšmė turi būti (0;1))[6]:

$$k_{def} = 1 - \frac{N_{c,d}}{\varphi \cdot f_{c,0,g,d} \cdot A} = 1 - \frac{217,74 \cdot 10^3}{0,874 \cdot 21,68 \cdot 114400} = 0,899 \quad (6.2.8.)$$

Tikrinama stiprumo sąlyga[6]:

$$\frac{N_{c,d}}{A_{net}} + \frac{M_d}{W_y \cdot k_{def}} = \frac{217,74 \cdot 10^3}{114400} + \frac{151,85 \cdot 10^6}{9,91 \cdot 10^6 \cdot 0,899} = 18,93 \text{ MPa} < 21,68 \text{ MPa} \quad (6.2.9.)$$

Gaunama didelė atsarga dėl kupolo elementų įlinkio.

Įtempių tikrinimas išorinėje ir vidinėje arkos briaunoje

Sąlyga tikrinama, įvertinant kupolo arkos spindulį, toje vietoje kur atsiranda didžiausias momentas.

$$k_{in} = \frac{1-0,5 \cdot h/r}{1-0,17 \cdot h/r} = \frac{1-0,5 \cdot 520/8800}{1-0,17 \cdot 520/8800} = 0,988 \quad (6.2.10.)$$

$$k_{ex} = \frac{1+0,5 \cdot h/r}{1+0,17 \cdot h/r} = \frac{1+0,5 \cdot 520/8800}{1+0,17 \cdot 520/8800} = 1,02 \quad (6.2.11.)$$

Atsparumo momentas išorinėje ir vidinėje briaunose:

$$W_d = 9,91 \cdot 10^6 \cdot 0,988 = 9,72 \cdot 10^6 \text{mm}^3 \quad (6.2.12.)$$

$$W_d = 9,91 \cdot 10^6 \cdot 1,02 = 10,10 \cdot 10^6 \text{mm}^3 \quad (6.2.13.)$$

Tikrinami įtempiai, įvertinus kupolo arkos spindulį [6]:

$$\frac{N_{c,d}}{A_{net}} + \frac{M_d}{W_d} = \frac{217,74 \cdot 10^3}{114400} + \frac{151,85 \cdot 10^6}{9,72 \cdot 10^6 \cdot 0,899} = 19,25 \text{MPa} < 21,68 \text{MPa} \quad (6.2.14.)$$

Pastovumo tikrinimas rėmo plokštumoje

Skaičiuotinis ilgis, tarp metalinių IPE 100 profilio ryšių, pastovumo tikrinimui:

$$l_{eff} = 3,77 \text{m}$$

Koeficientai:

$$\varphi_M = \varphi \cdot k_{N,mod} = 0,874 \cdot 1,55 = 1,35$$

$$k_{M,mod} = 1 + \left[0,142 \frac{l_d}{h} + 1,76 \frac{h}{l_d} + 1,4 \cdot \alpha_d - 1 \right] \frac{n^2}{n^2+1} = 1 + \left[0,142 \frac{3,77}{0,52} + 1,76 \frac{0,52}{3,77} + 1,4 \cdot 0,297 - 1 \right] \frac{2^2}{2^2+1} = 1,55 \quad (6.2.15.)$$

$$\sigma = \frac{N_{c,d}}{\varphi \cdot A_{net} \cdot f_{c,0,g,d}} + \left(\frac{M_{d,mod}}{\varphi_M W_d \cdot f_{m,g,d}} \right)^n$$

$$= \frac{217,74 \cdot 10^3}{0,874 \cdot 114400 \cdot 21,68} + \left(\frac{151,85 \cdot 10^6}{1,35 \cdot 9,72 \cdot 10^6 \cdot 22,91} \right)^2 = 0,356 < 1$$

Kitų kupolo pusarkių skaičiavimai nepateikiami, gauti skerspjūviai pateikiami 6.2.1. lentelėje.

Pagrindinės arkos skaičiavimas

Skaičiuojamas skaičiuotinis stipris gniuždant[6]:

$$f_{c,0,g,d} = \frac{f_{c,0,g,k}}{\gamma_M} k_{mod} = \frac{26,5}{1,1} 0,9 = 21,68 \text{MPa} \quad (6.2.16.)$$

Užsiduodamas skerspjūvis 240x680 mm. Inercijos momentas:

$$I_y = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{240 \cdot 680^3}{12} = 6,30 \cdot 10^9 \text{mm}^4 \quad (6.2.17.)$$

Atsparumo momentas:

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{240 \cdot 680^2}{6} = 1,85 \cdot 10^7 \text{mm}^3 \quad (6.2.18.)$$

Skerspjūvio plotas:

$$A = b \cdot h = 240 \cdot 680 = 163200 \text{mm}^2 \quad (6.2.19.)$$

Inercijos spindulys:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{6,30 \cdot 10^9}{163200}} = 196,30 \text{mm} \quad (6.2.20.)$$

Skaičiuotinis liaunis[6]:

$$\lambda_y = \frac{l_{eff}}{i_y} = \frac{28590}{196,30} = 145,65 < \lambda_{lim} = 150 \quad (6.2.21.)$$

Klupumo koeficientas[6]:

$$\varphi = \frac{3000}{\lambda_y^2} = \frac{3000}{145,65^2} = 0,141 \quad (6.2.22.)$$

Koeficientas, įvertinantis papildomą lenkiamąjį momentą nuo ašinės jėgos poveikio dėl elemento išlinkio (reikšmė turi būti (0;1))[6]:

$$k_{def} = 1 - \frac{N_{c,d}}{\varphi \cdot f_{c,0,g,d} \cdot A} = 1 - \frac{81,18 \cdot 10^3}{0,141 \cdot 21,68 \cdot 163200} = 0,838 \quad (6.2.23.)$$

Tikrinama stiprumo sąlyga[6]:

$$\frac{N_{c,d}}{A_{net}} + \frac{M_d}{W_y \cdot k_{def}} = \frac{81,18 \cdot 10^3}{163200} + \frac{121,26 \cdot 10^6}{1,85 \cdot 10^7 \cdot 0,838} = 12,80 MPa < 21,68 MPa \quad (6.2.24.)$$

Skerspjūvio negalima mažinti dėl liaunumo sąlygos.

Įtempių tikrinimas išorinėje ir vidinėje arkos briaunoje

Sąlyga tikrinama, įvertinant arkos spindulį, toje vietoje kur atsiranda didžiausias momentas.

$$k_{in} = \frac{1-0,5 \cdot h/r}{1-0,17 \cdot h/r} = \frac{1-0,5 \cdot 680/6290}{1-0,17 \cdot 680/6290} = 0,964 \quad (6.2.25.)$$

$$k_{ex} = \frac{1+0,5 \cdot h/r}{1+0,17 \cdot h/r} = \frac{1+0,5 \cdot 680/6290}{1+0,17 \cdot 680/6290} = 1,04 \quad (6.2.26.)$$

Atsparumo momentas išorinėje ir vidinėje briaunose:

$$W_d = 1,85 \cdot 10^7 \cdot 0,964 = 1,78 \cdot 10^7 mm^3 \quad (6.2.27.)$$

$$W_d = 1,85 \cdot 10^7 \cdot 1,04 = 1,91 \cdot 10^7 mm^3 \quad (6.2.28.)$$

Tikrinami įtempiai, įvertinus kupolo arkos spindulį [6]:

$$\frac{N_{c,d}}{A_{net}} + \frac{M_d}{W_d} = \frac{81,18 \cdot 10^3}{163200} + \frac{121,26 \cdot 10^6}{1,78 \cdot 10^7 \cdot 0,838} = 13,09 MPa < 21,68 MPa \quad (6.2.29.)$$

Pastovumo tikrinimas arkos plokštumoje

Skaičiuotinis ilgis pastovumo tikrinimui, skersinių pusarkių įtvirtinimo vietų:

$$l_{eff} = 3,00m$$

Koeficientai:

$$\varphi_M = \varphi \cdot k_{N,mod} = 0,141 \cdot 3,09 = 0,436 \quad (6.2.30.)$$

$$k_{M,mod} = 1 + \left[0,142 \frac{l_d}{h} + 1,76 \frac{h}{l_d} + 1,4 \cdot \alpha_d - 1 \right] \frac{n^2}{n^2+1} = 1 + \left[0,142 \frac{3,00}{0,68} + 1,76 \frac{0,68}{3,00} + 1,4 \cdot 0,962 - 1 \right] \frac{2^2}{2^2+1} = 3,09 \quad (6.2.31.)$$

$$\sigma = \frac{N_{c,d}}{\varphi \cdot A_{net} \cdot f_{c,0,g,d}} + \left(\frac{M_{d,mod}}{\varphi_M W_d \cdot f_{m,g,d}} \right)^n = \frac{81,18 \cdot 10^3}{0,141 \cdot 163200 \cdot 21,68} + \left(\frac{121,26 \cdot 10^6}{0,436 \cdot 1,78 \cdot 10^7 \cdot 22,91} \right)^2 = 0,629 < 1$$

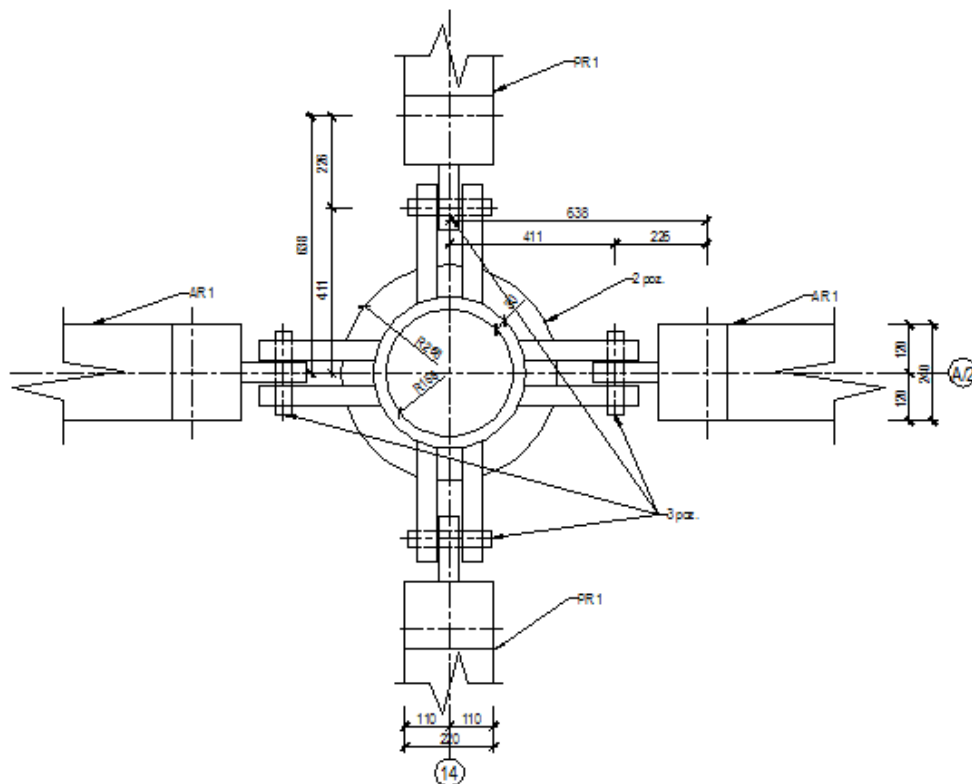
6.2.1 lentelė. Kupolo elementų suvestinė

Žymuo	Ilgis, m	Arkos skerspjūvis	Skerspjūvio plotas, cm ²	Vieno elemento masė, m ³	Kiekis	Bendra masė, m ³
AR-1	49,30	240x680	1632	8,05	1	8,05
PR-1	17,00	220x520	1144	1,95	2	3,90
PR-2	16,83	220x480	1056	1,78	4	7,12
PR-3	16,30	220x480	1056	1,72	4	6,88
PR-4	15,39	180x420	756	1,16	4	4,65
PR-5	14,00	160x380	608	0,851	4	3,40
PR-6	12,00	160x340	544	0,653	4	2,61
PR-7	9,84	140x280	392	0,386	8	3,10

39,71

6.3. Kupolo mazgų projektavimas

Kraigo mazgo projektavimas



6.3.1 pav. „1“ mazgas. Plieniniu žiedu sujungta pagrindinė arka su skersinėmis pusarkėmis

Pagrindinės arkos varžtų ribinė laikomoji galia:

$$R_{j,d} = 250 \cdot 10^5 \cdot n_k \cdot d_b^2 \cdot \sqrt{k_\alpha} = 250 \cdot 10^5 \cdot 1 \cdot 0,18^2 \cdot \sqrt{0,5} = 5,73 \text{ kN} \quad (6.3.1.)$$

Lenkimo momentas varžtinėje jungtyje:

$$M_d = Q \cdot e = 7,07 \cdot 0,226 = 1,66 \text{ kNm} \quad (6.3.2.)$$

Pagrindinės arkos kraštinio varžto laikomoji galia:

$$R_b = \sqrt{\left(\frac{M_b \cdot a_{max}}{n_b \cdot \sum a_i^2}\right) + \frac{Q}{m_b}} = \sqrt{\left(\frac{1660 \cdot 0,44}{1 \cdot \sum(0,44+0,22)^2}\right) + \frac{7070}{5}} = 2,83kN < R_{j,d} = 5,73kN \quad (6.3.3.)$$

Čia: n_k – vieno varžto kerпамų pjūvių skaičius ($n_k=1$, dėl to kad naudojama plokštelė);

n_b – horizontalia kryptimi varžtų skaičius ($n_b=1$);

m_b – vertikalia kryptimi varžtų skaičius ($m_b=5$);

d_b – varžto skersmuo (0,18 m)[7].

Pagrindinei pusarkei:

$$R_{j,d} = 250 \cdot 10^5 \cdot n_k \cdot d_b^2 \cdot \sqrt{k_\alpha} = 250 \cdot 10^5 \cdot 1 \cdot 0,20^2 \cdot \sqrt{0,5} = 7,07kN \quad (6.3.4.)$$

Lenkimo momentas varžtinėje jungtyje, atsirandantis nuo varžtų ekscentriciteto:

$$M_b = Q \cdot e = 12,73 \cdot 0,226 = 2,89 kNm \quad (6.3.5.)$$

Pagrindinės arkos kraštinio varžto laikomoji galia[7]:

$$R_b = \sqrt{\left(\frac{M_b \cdot a_{max}}{n_b \cdot \sum a_i^2}\right) + \frac{Q}{m_b}} = \sqrt{\left(\frac{2890 \cdot 0,24}{1 \cdot \sum(0,24+0,12)^2}\right) + \frac{12730}{5}} = 5,91kN < R_{j,d} = 7,07kN \quad (6.3.6.)$$

Kolonos ir pagrindinės arkos mazgo projektavimas

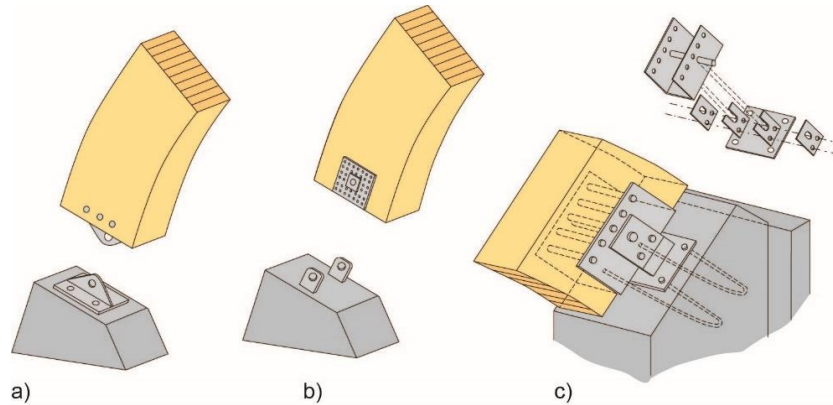
Šio mazgo jungtis ir varžtai priimami konstrukciškai. Medinis kupolas prie kolonos įdėtinės detalės jungiamas metaliniu kaiščiu[7].

6.4. Konstrukcijos analizė

Privalumai ir trūkumai. Šios konstrukcijos pagrindą sudaro išilginė arka ir prie jos jungiamos pusarkės. Nors visas apkrovas surenka pusarkės, tačiau didžiausią darbą atlieka pagrindinė arka. Kadangi masyviausios konstrukcijos yra ties kupolo centru, tai šiai jungčiai naudojamas metalinis žiedas, prie kurio galima jungti iki 8 medinių elementų. Be to pagrindinė arka yra dalinama į 4 dalis tam, kad lengviau ją būtų galima transportuoti. Šioms jungtims yra naudojamos metalinės plokštelės. Taip pat prie pagrindinės arkos pusarkės jungiamos metaliniais kampuočiais ir varžtais. Klijuotą medieną galima išlenkti be papildomų jungčių, todėl architektūriniu požiūriu konstrukcija yra vientisesnė. Taip pat ir stabilesnė, nes nesudaromi ekscentricitetai ir papildomi įtempiai. Medinės konstrukcijos yra lengvesnės už metalines, todėl tokio tipo konstrukcijoms reikalingas mažesnis medžiagų kiekis (daroma mažesnė savojo svorio įtaka konstrukcijų įrašoms).

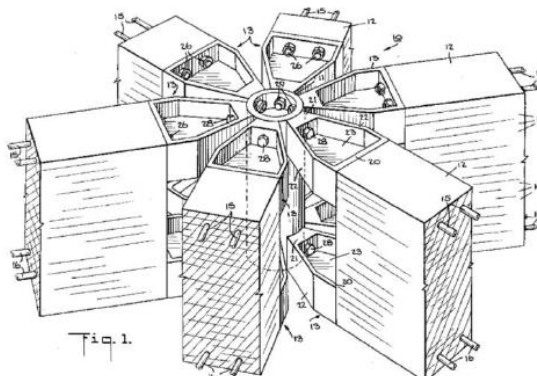
Konstrukcijos mazgai. Mazgų parinkimas priklauso nuo kokybės, patvarumo ir medžiagų sąnaudų. Reikalavimai mazgams:

- mazgai turi būti lengvai montuojami ir surenkami;
- detalės pakankamo atsparumo ugniai laipsnio;
- minimalus plieninių detalių mazge kiekis [8].



6.4.1 pav. Galimi atraminių mazgų variantai: a - su viena jungtimi; b - su dviem jungtimis; c - su U formos plokšte ir šoninėmis kilpomis [8]

Atraminiai mazgai turi būti suprojektuoti taip, kad perimtų horizontalias ir vertikalias įrašas, nesukeldami konstrukcijoje sukimo jėgos. 6.4.1 pav. pateikiami atraminių mazgų projektavimo variantai. Taip pat ties atraminiu mazgu arba ties kupolo arkos viduriu gali būti įrengiamos stygos, kurios sumažina skėtimo jėgas. Projektuojamu atveju styga įrengiama ties arkos viduriu.

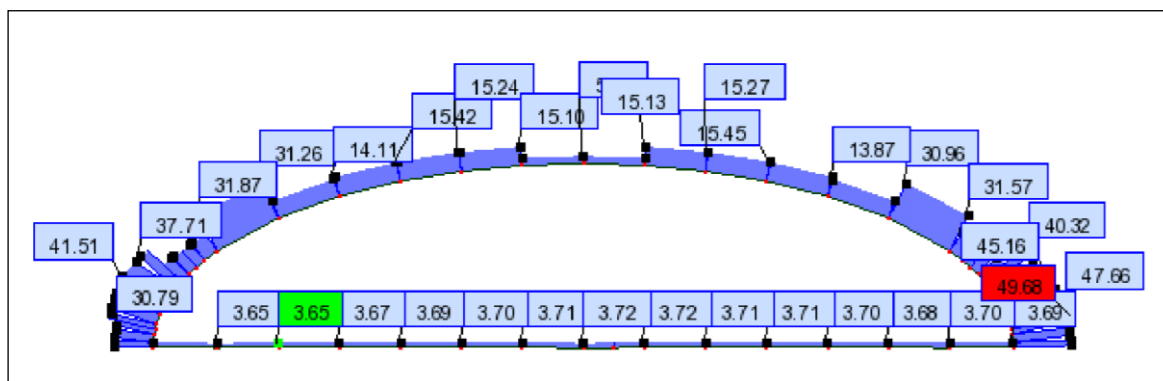


6.4.1 pav. Galimi kraigo mazgo jungimo variantai: a - jungtis su metaliniu žiedu; b - „Mero“ mazgas [8]

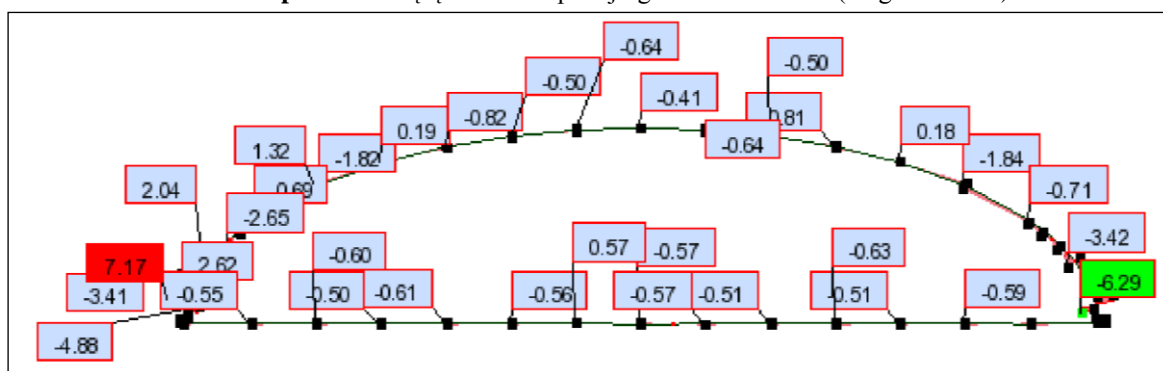
(a) – mazgo metalinis žiedas gali būti jungiamas tiesiogiai prie konstrukcijos arba per metalines plokšteles (baigiamajame darbe projektuojamas šis mazgas). (b) – kraigo mazgas dažniausiai naudojamas geodeziniuose kupoluose, kuriems reikalingas didelis jungčių kiekis. Šie mazgai taip pat gali būti naudojami ir plieninių konstrukcijų jungtims.

7. Metalinio – santvarinio kupolo projektavimas

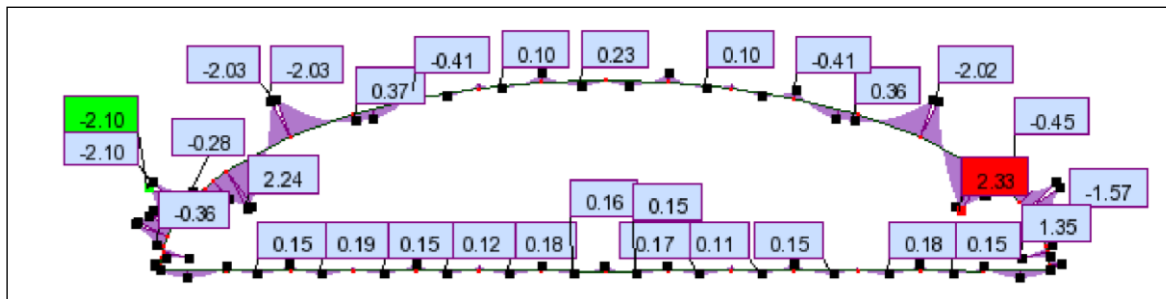
7.1. Kupolo elementų įrašų suvestinė



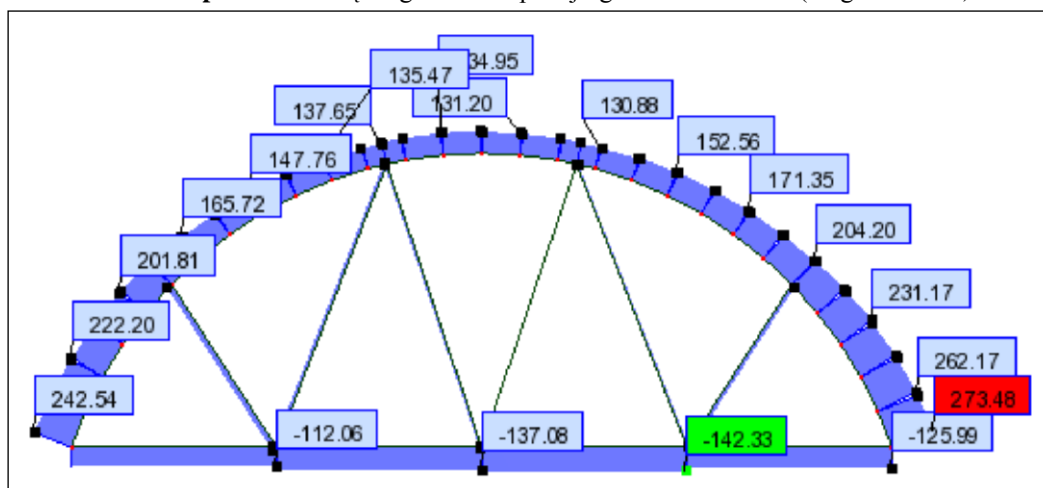
7.1.1 pav. Ašinės įrašos N nuo pavojingiausio derinio 10 (išilginis rėmas)



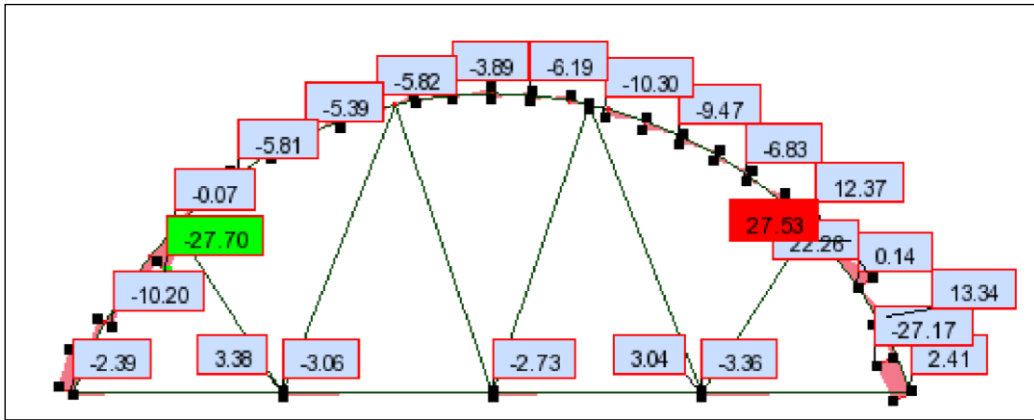
7.1.2 pav. Skersinė įrašos V nuo pavojingiausio derinio 10 (išilginis rėmas)



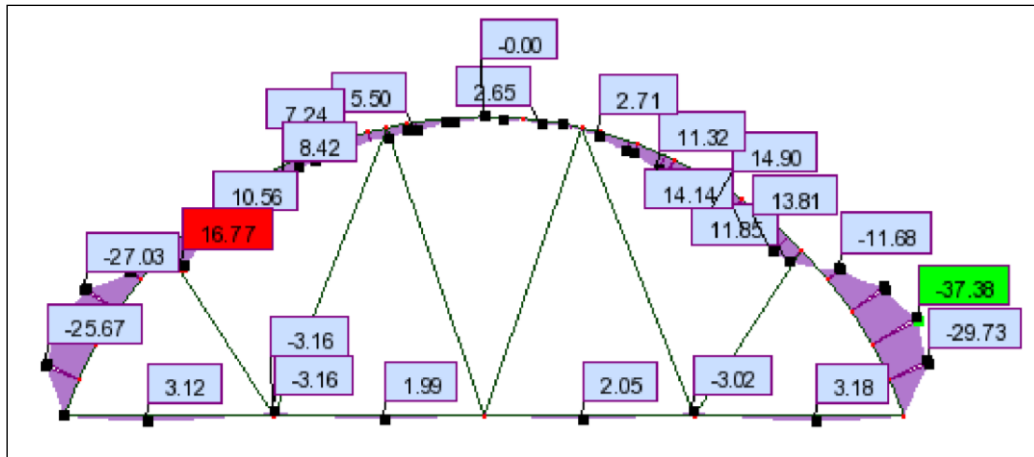
7.1.3 pav. Momentų diagrama nuo pavojingiausio derinio 10 (išilginis rėmas)



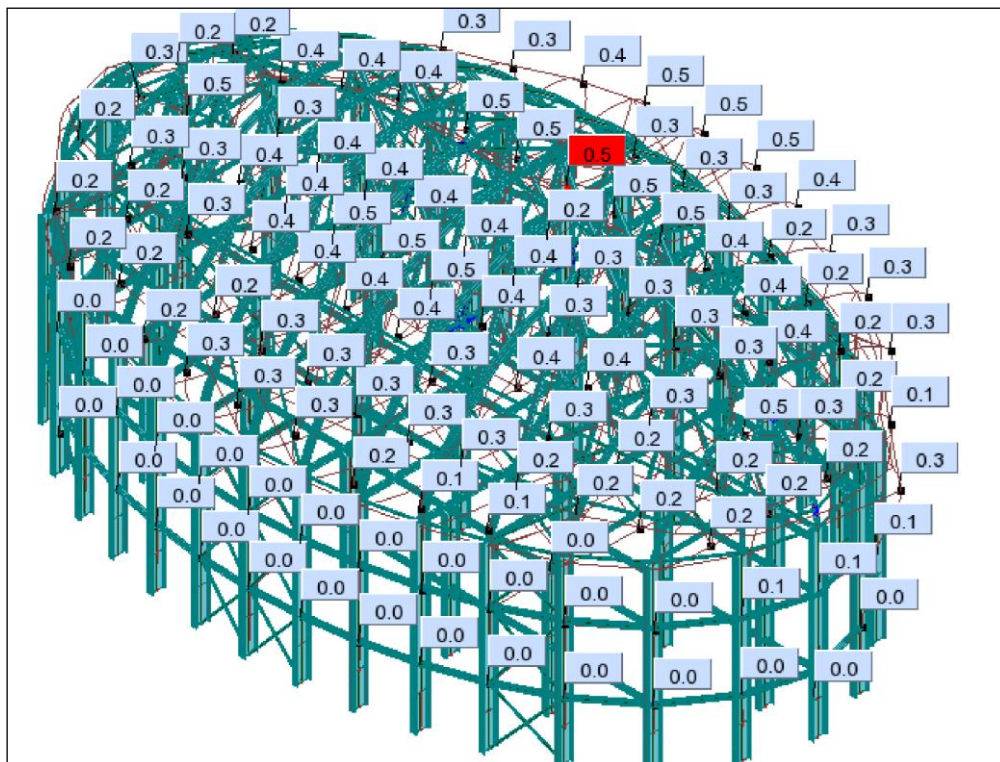
7.1.4 pav. Ašinės įrašos N nuo pavojingiausio derinio 10 (PR-1)



7.1.5 pav. Skersinės įrašos N nuo pavojingiausio derinio 10 (PR-1)



7.1.6 pav. Momentų diagrama nuo pavojingiausio derinio 10 (PR-1)



7.1.7 pav. Elementų įlinkis

7.1.1 lentelė. Kupolo elementų įrašų suvestinė

Kupolo elementas	Santvaros elementas	Ašinė įraža, gniuždymas, kN	Ašinė įraža, tempimas, kN	Veikiantis momentas, kNm
S-1	V. j.	252,62	-	37,38
	A. j.	-	-142,33	3,02
	T. s.	-	-36,96	0
	G. s.	24,77	-	0
S-2	V. j.	258,90	-	37,45
	A. j.	-	-141,13	2,95
	T. s.	-	-36,30	0
	G. s.	24,33	-	0
S-3	V. j.	256,12	-	35,02
	A. j.	-	-134,20	2,68
	T. s.	-	-34,65	0
	G. s.	23,15	-	0
S-4	V. j.	241,63	-	30,63
	A. j.	-	-126,21	2,27
	T. s.	-	-32,56	0
	G. s.	21,74	-	0
S-5	V. j.	203,01	-	21,38
	A. j.	-	-104,31	1,43
	T. s.	-	-26,36	0
	G. s.	18,12	-	0
S-6	V. j.	187,29	-	19,16
	A. j.	-	-92,88	0,86
	T. s.	-	-18,39	0
	G. s.	12,95	-	0
S-7	V. j.	145,32	-	7,02
	A. j.	-	-66,45	0,41
	T. s.	-	-20,15	0
	G. s.	16,15	-	0
PR	V. j.	49,68	-	1,35
	A. j.	-	-3,70	0,36

Santvaros elementai (viršutinė ir apatinė juosta) projektuojami iš HEB profilių, o spyriai iš stačiakampių ir kvadratinių vamzdžių. Parenkame S355 markės plieną, kurio $f_y=355 \text{ N/mm}^2$,

$$f_{y,d} = \frac{f_y}{\gamma_M} = \frac{355}{1,1} = 323 \text{ N/mm}^2; \quad (7.1.1.)$$

čia: f_y – charakteristinis plieno stipris pagal takumo ribą [[9] 6.5 lentelė]; γ_M – medžiagos patikimumo koeficientas [[9] 35p.].

7.2. Pagrindinės santvaros apatinės juostos projektavimas

Tempimo jėgos ir lenkiamųjų momentų veikiamų elementų tikrinamas stiprumas, tam tikrais atvejais skerspjūvio elementų pastovumas, taip pat tikrinama, ar apskaičiuotas liaunis neviršija ribinio liaunio [9]. Pasirenkame profilį pagal reikiamą skerspjūvio plotą, priimant, kad skerspjūvis yra tik centriškai tempiamas.

Centriškai tempiamo elemento stiprumo sąlyga [9]:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \leq 1,0. \quad (7.2.1.)$$

Iš šios sąlygos nustatome reikalingą skerspjūvio plotą [9]:

$$A_{net} \geq \frac{N_{Ed}}{f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{142,33}{323 \cdot 10^3 \cdot 0,95} = 4,65 \text{ cm}^2. \quad (7.2.2.)$$

Iš asortimento parenkame [10]: **HEB 220**.

Ekscentriškai tempiamo – lenkiamo elemento stiprumo sąlyga, įvertinant ašies ekscentricitetą apatinėje juostoje [9]:

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \right)^n + \frac{M_{Ed} + N_{Ed} \cdot e}{M_{pl,Rd}} \leq 1,0; \quad (7.2.3.)$$

$$M_{pl,Rd} = c_{pl,1} \cdot W_{net,min} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 1,04 \cdot 258,5 \cdot 10^{-3} \cdot 323 \cdot 0,95 = 82,49 \text{ kNm}; \quad (7.2.4.)$$

$$N_{pl,Rd} = A_{net} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 91,0 \cdot 10^2 \cdot 323 \cdot 0,95 = 2792,33 \text{ kN}; \quad (7.2.5.)$$

čia: $c_{pl,1} = 1,04$ [[9] 7.5 lentelė], $\gamma_c = 0,95$ [[9] 7.1 lentelė], $n = 1,5$ [[9] 7.5 lentelė].

$$W_{net,min} = 258,5 \text{ cm}^3; \quad A_{net} = 91,0 \text{ cm}^2.$$

$$\left(\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \right)^n + \frac{M_{Ed} + N_{Ed} \cdot e}{M_{pl,Rd}} = \left(\frac{142,33}{2792,33} \right)^{1,5} + \frac{3,02 + 142,33 \cdot 0,25}{82,49} = 0,479 \leq 1,0. \quad (7.2.6.)$$

SAŁYGA TENKINAMA. Profilio negalima mažinti dėl spyriams parinktų profilių dydžio.

Styropo ribinis liaunis [9]:

čia $l_{eff} = 6,33 \text{ m}$; $i = 5,59 \text{ cm}$;

$$\lambda_y = \frac{l_{y,eff}}{i_y} = \frac{6,33}{0,0559} = 113,24 \leq \lambda_{u,t} = 400; \quad (7.2.7.)$$

SAŁYGA TENKINAMA.

7.3. Santvaros viršutinės juostos projektavimas

Santvaros viršutinės juostos strypai yra gniuždomi-lenkiami. Didžiausia gniuždymo jėga yra $N_{Ed}=252,62$ kN, o didžiausias lenkimo momentas $M_{Ed}=37,37$ kNm. Vientisojo skerspjūvio strypų stiprumas tikrinamas, kai $e_{rel,eff} > 20$, ir tikrinamas pastovumas momento veikimo plokštumoje, kai $e_{rel,eff} \leq 20$. Pastovumas iš momento veikimo plokštumos tikrinamas visada [[9] 6 priedo 154 p.].

Projektuojant santvaros viršutinę juostą, jos profilį pasirenkame pagal minimalų reikiamą skerspjūvio plotą ir spyrių profilių dydį[9]:

$$A_{net} \geq \frac{N_{Ed}}{\varphi \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{252,62}{0,088 \cdot 323 \cdot 10^3 \cdot 0,9} = 98,75 \text{ cm}^2. \quad (7.3.1.)$$

Iš asortimento parenkame[10]: **HEB 280**.

$$e_{rel} = \frac{eA}{W_c} = \frac{0,308 \cdot 131,4 \cdot 10^{-4}}{471,0 \cdot 10^{-6}} = 8,31; \quad (7.3.2.)$$

$$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{37,38}{252,62} + 0,15 = 0,308 \text{ m}. \quad (7.3.3.)$$

Sąlyginis elemento liaunis apskaičiuojamas [9]:

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{f_{y,d}}{E}}; \quad (7.3.4.)$$

čia elemento liaunis nustatomas:

$$\lambda = \frac{l_{eff}}{i} = \frac{7,6}{0,0709} = 107,19; \quad (7.3.5.)$$

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{f_{y,d}}{E}} = 107,19 \cdot \sqrt{\frac{323}{2,1 \cdot 10^5}} = 4,2. \quad (7.3.6.)$$

k_{shape} – skerspjūvio formos koeficientas, [[9] 7.6 lentelė].

Kai $\frac{A_f}{A_w} > 1$, tai:

$$k_{shape} = (1,90 - 0,1e_{rel}) - 0,02(6 - e_{rel})\bar{\lambda} = (1,90 - 0,1 \cdot 8,31) - 0,02(6 - 8,31) \cdot 4,2 = 1,26 \quad (7.3.7.)$$

Skaičiuojame $e_{rel,eff} = k_{shape} e_{rel} = 1,26 \cdot 8,31 = 10,47$, kadangi $e_{rel,eff} \leq 20$, tai tikrinamas yra pastovumas momento veikimo plokštumoje ir pastovumas iš momento veikimo plokštumos, o stiprumas netikrinamas[9].

Skaičiuojame pastovumą momento veikimo plokštumoje, sutampančioje su simetrijos plokštuma:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{NM,c,Rd}} = \frac{252,62}{337,48} = 0,749 \leq 1,0. \quad (7.3.8.)$$

SĄLYGA TENKINAMA.

Skaičiuotinis ekscentriškai gniuždomo elemento pastovumo atsparis lenkimo plokštumoje apskaičiuojamas:

$$N_{NM,c,Rd} = \varphi_e \cdot A \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 0,088 \cdot 131,4 \cdot 10^{-4} \cdot 323 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 337,48 \text{ kN}; \quad (7.3.9.)$$

čia $\varphi_e=0,088$ - koeficientas nustatomas pagal [[9] 1 priedo 2 lentelę].

Tikriname elemento pastovumą iš momento veikimo plokštumos [9]:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{NM,TF,Rd}} = \frac{252,62}{813,52} = 0,311 \leq 1,0. \quad (7.3.10.)$$

SĄLYGA TENKINAMA.

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

$$N_{NM,TF,Rd} = c \cdot \varphi_z \cdot A \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 0,256 \cdot 0,832 \cdot 131,4 \cdot 10^{-4} \cdot 323 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 813,52 \text{ kN} \quad (7.3.11.)$$

čia: $\varphi_z=0,832$ – centriškai gniuždomo elemento klupumo koeficientas [[8] 1 priedo 1 lentelė],

imant $\lambda_z = l_{eff,z} / i_z = 5,1 / 0,1211 = 42,11$. Koeficientas c , kai santykinio ekscentriciteto reikšmė $e_{rel,y} \leq 5$, apskaičiuojamas:

$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha \cdot e_{rel,y}} = \frac{1}{1 + 0,826 \cdot 3,52} = 0,256; \quad (7.3.12.)$$

čia: α ir β – koeficientai, imami iš [9] 7.8 lentelės. α priklauso nuo $e_{rel,y}$ kuris yra:

$$e_{rel,y} = e_y \frac{A}{W_{y,c}} = \frac{0,308 \cdot 131,4 \cdot 10^{-4}}{1148 \cdot 10^{-6}} = 3,52, \text{ tai:}$$

$$\alpha = 0,65 + 0,05 \cdot e_{rel,y} = 0,65 + 0,05 \cdot 3,52 = 0,826;$$

$$\text{Čia } e_y = \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}} = \frac{37,38}{252,62} + 0,15 = 0,308 \text{ m}; \quad M_{y,Ed} = M_{Ed,max} = 37,38 \text{ kNm.}$$

Lenkiamasis momentas $M_{y,Ed}$ imamas lygus didžiausiam momentui strypo ilgio viduriniame trečdalyje, bet ne mažiau kaip pusė didžiausio visame strypo ilgyje veikiančio momento.

$\beta = 1$, nes:

$$\lambda_z = \frac{l_{z,eff}}{i_z} = \frac{5,1}{0,1211} = 42,11 < \lambda_c = 3,14 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = 3,14 \cdot \sqrt{\frac{210000}{323}} = 80,06. \quad (7.3.13.)$$

Be šių skaičiavimų taip pat būtina patikrinti skerspjūvio elementų (sienelės, juostų) pastovumą.

Skerspjūvio sienelė yra pastovi, jei tenkinama $\frac{h_{\text{eff}}}{t_w} \leq \bar{\lambda}_{wu} \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}}$ sąlyga [9]. Sienelės

skaičiuojamojo aukščio santykis su storu apskaičiuojamas:

$$\frac{h_{\text{eff}}}{t_w} = \frac{244}{10,5} = 23,24. \quad (7.3.14.)$$

Sąlyginis ribinis sienelės liaunis $\bar{\lambda}_{wu}$ apskaičiuojamas pagal [9] 7.26 lentelės formules.

$$\text{Kai } \bar{\lambda}_1 = \lambda \cdot \sqrt{\frac{f_{y,d}}{E}} = 107,19 \cdot \sqrt{\frac{323}{2,1 \cdot 10^5}} = 4,20 \quad \text{ir} \quad e_{\text{rel}} = \frac{eA}{W_c} = \frac{0,308 \cdot 131,40 \cdot 10^{-4}}{471,0 \cdot 10^{-6}} = 8,31, \quad \text{tai}$$

$$\bar{\lambda}_{wu} = 1,2 + 0,35 \cdot \bar{\lambda}_1 = 1,2 + 0,35 \cdot 4,20 = 2,67. \quad \text{Čia } \lambda_y = \frac{l_{y,\text{eff}}}{i_y} = \frac{7,6}{0,0709} = 107,19.$$

Tikrinamas sienelės pastovumas:

$$\frac{h_{\text{eff}}}{t_w} = 23,24 \leq \bar{\lambda}_{wu} \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = 68,08. \quad (7.3.15.)$$

SĄLYGA YRA TENKINAMA.

7.4. Santvaros spyrių projektavimas

Spyriai yra projektuojami iš stačiakampių ir kvadratinų vamzdžių.

Skaičiuojamas gniuždomasis elementas:

Reikiamas skerspjūvio plotas, kuris turi atlaikyti strypo įrašą:

$$A_{\text{net,d}} \geq \frac{N_{\text{Ed}}}{\varphi \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{24,77}{0,219 \cdot 323 \cdot 10^3 \cdot 0,90} = 3,89 \text{ cm}^2; \quad (7.4.1.)$$

γ_c - darbo sąlygų koeficientas, gniuždomiems elementams imamas $\gamma_c = 0,9$ [9].

Skaičiuojamieji strypo ilgiai $l_{y,\text{eff}} = l_{z,\text{eff}} = 0,9 \cdot l_{\text{eff}} = 0,9 \cdot 9,14 = 8,23 \text{ m}$.

Pasirenkame gniuždomo strypo liaunį $\lambda = 150$.

Reikiami inercijos spinduliai:

$$i_y = \frac{l_{y,\text{eff}}}{\lambda} = \frac{8,23}{150} = 0,0548 \text{ m}. \quad (7.4.2.)$$

Iš asortimento parenkame stačiakampį vamzdį [11]:

200x150x10 mm, A=64,90 cm², i=5,91 cm

Skaičiuojame strypų liaunius ašies y kryptimi:

$$\lambda = \frac{l_{\text{eff}}}{i} = \frac{8,23}{0,0591} = 139,25; \quad (7.4.3.)$$

Klupumo koeficientas $\varphi_y=0,219$ nustatomas interpoliacijos būdu [[9]1 priedo 1 lentelės] pagal takumo ribą $f_{y,d} = 323\text{MPa}$.

Tikriname centriškai gniuždomo elemento pastovumą:

$$\frac{N_{\text{Ed}}}{N_{\text{c,Rd}}} = \frac{24,77}{413,17} = 0,060 < 1,0. \quad (7.4.4.)$$

Čia :

$$N_{\text{c,Rd}} = \varphi_y \cdot A_{\text{net}} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 0,219 \cdot 64,90 \cdot 10^{-4} \cdot 323 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 413,17\text{kN} \quad (7.4.5.)$$

Patikriname gniuždomo strypo liaunį. Ribinis liaunis gniuždomiems elementams apskaičiuojamas[9]:

$$\lambda_{u,c} = 180 - 60 \cdot \alpha = 180 - 60 \cdot 0,5 = 150; \quad (7.4.6.)$$

čia:

$$\alpha = \frac{N_{\text{Ed}}}{N_{\text{c,Rd}}} = 0,06 < 0,5; \quad (7.4.7.)$$

$$\lambda_y = 139,25 < \lambda_{u,c} = 150. \quad (7.4.8.)$$

SĄLYGA TENKINAMA.

Skaičiuojamas tempiamasis elementas:

Reikiamas skerspjūvio plotas, kuris turi atlaikyti strypo įrašą:

$$A_{\text{net,d}} \geq \frac{N_{\text{Ed}}}{f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{36,96}{323 \cdot 10^3 \cdot 0,95} = 12,05\text{ cm}^2; \quad (7.4.9.)$$

γ_c - darbo sąlygų koeficientas. Tempiamiems elementams imamas $\gamma_c = 0,95$ [[9] 7.1 lentelė].

Iš asortimento parenkame stačiakampį vamzdį [11]:

90x90x8 mm, A=24,00 cm², i_y=i_z 3,25 cm, .

Tikriname skerspjūvio stiprumą:

$$\frac{N_{\text{Ed}}}{N_{\text{pl,Rd}}} = \frac{36,96}{736,44} = 0,050 < 1,0. \quad (7.4.10.)$$

Nors atsarga yra labai didelė, tačiau pasilikame projektuojamą profilį, kad tenkintų santvaros mazgų projektavimo sąlygas.

Čia:

$$N_{\text{pl,Rd}} = A_{\text{net}} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 24,0 \cdot 10^{-4} \cdot 323 \cdot 10^6 \cdot 0,95 = 736,44\text{kN}. \quad (7.4.11.)$$

Tikriname strypų ribinius liaunius:

$$\lambda_y = \frac{l_{y,\text{eff}}}{i_y} = \frac{5,94}{0,0325} = 182,77 \leq \lambda_{u,t} = 400 ; \quad (7.4.12.)$$

Skaičiuojamieji strypo ilgiai: $l_{y,\text{eff}} = l_{z,\text{eff}} = 5,94 \text{ m}$.

$\lambda_{u,t} = 400$, esant plokščioms santvaroms, veikiant statinei apkrovai [[9] 7.19 lentelė]. Visos sąlygos tenkinamos. Santvaros strypų suvestinė pateikiama 7.4.1 lentelėje.

7.4.1 lentelė. Kupolo santvarų strypų suvestinė

Santvaros elementas	Elemento ilgis, m	Elemento skerspjuvis	Skerspjuvio plotas, cm ²	Skerspjuvio masė, kg/m	Elemento masė, kg
Santvara - 1					
Viršutinė juosta	2x17,00	HEB 280	131,40	103,00	3502,00
Apatinė juosta	4x6,33	HEB 220	91,00	71,50	1808,00
Tempiami spyriai	2x5,94	90x90x8	24,00	18,90	263,88
Gniuždomi spyriai	2x9,30	200x150x10	52,57	41,30	801,70
	2x9,15	200x150x10	52,57	41,30	788,72
Santvara – 2					
Viršutinė juosta	2x16,83	HEB 280	131,40	103,00	3466,00
Apatinė juosta	4x6,27	HEB 220	91,00	71,50	1793,00
Tempiami spyriai	2x5,88	90x90x8	24,00	18,90	222,26
Gniuždomi spyriai	2x9,20	200x150x10	52,57	41,30	793,04
	2x9,04	200x150x10	52,57	41,30	779,00
Santvara – 3					
Viršutinė juosta	2x16,30	HEB 280	131,40	103,00	3358,00
Apatinė juosta	4x6,07	HEB 220	91,00	71,50	1736,00
Tempiami spyriai	2x5,69	90x90x8	24,00	18,90	215,00
Gniuždomi spyriai	2x8,92	200x150x10	52,57	41,30	768,00
	2x8,76	200x150x10	52,57	41,30	755,00
Santvara – 4					
Viršutinė juosta	2x15,39	HEB 280	131,40	103,00	3170,00
Apatinė juosta	4x5,73	HEB 220	91,00	71,50	1639,00
Tempiami spyriai	2x5,37	90x90x8	24,00	18,90	202,00
Gniuždomi spyriai	2x8,41	200x150x10	52,57	41,30	725,00
	2x8,26	200x150x10	52,57	41,30	712,00
Santvara – 5					
Viršutinė juosta	2x14,00	HEB 220	91,00	71,50	2002,00
Apatinė juosta	4x5,21	HEB 200	78,10	61,30	1277,00
Tempiami spyriai	2x4,89	80x80x6	16,80	13,20	129,00
Gniuždomi spyriai	2x7,66	180x120x6	33,63	26,40	405,00
	2x7,52	180x120x6	33,63	26,40	397,00
Santvara – 6					
Viršutinė juosta	2x12,00	HEB 220	91,00	71,50	1715,00
Apatinė juosta	4x4,46	HEB 160	54,30	42,60	760,00
Tempiami spyriai	2x4,19	80x80x6	16,80	13,20	110,62
Gniuždomi spyriai	2x6,56	120x100x6	24,03	18,90	209,90
	2x6,44	120x100x6	24,03	18,90	206,00
Santvara – 7					
Viršutinė juosta	2x9,84	HEB 180	65,30	51,20	1008,00
Apatinė juosta	4x3,32	HEB 140	43,00	33,70	447,00
Tempiami spyriai	2x3,12	70x70x6	14,40	11,30	70,51
Gniuždomi spyriai	2x4,89	100x80x6	19,23	15,10	147,68
	2x4,81	100x80x6	19,23	15,10	145,00
Rėmas – PS					
Viršutinė juosta	16x3,00	L 120x120x8	18,74	14,71	706,08
Apatinė juosta	14x3,00	L 120x120x8	18,74	14,71	617,82

7.5. Pagrindinės santvaros mazgų projektavimas

Gniuždomojo santvaros tinklelio spyrio ir viršutinės juostos jungties laikomosios galios tikrinimas („3“ mazgas)

Santvaros viršutinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atspario tikrinimas

Iražos ženklų koeficientas: $\gamma_1 = 1$, nes tinklelio elementas yra gniuždomas.

Kadangi:

$$\frac{|N_{02}|}{A_0 f_{y,d}} = \frac{134,60}{131,40 \cdot 10^{-4} \cdot 323000} = 0,032 < 0,5; \quad (7.5.1.)$$

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

Santvaros juostos iškyšos plotis:

$$a = \frac{b_0 - b_1}{2} = \frac{0,28 - 0,20}{2} = 0,04 \text{ m.} \quad (7.5.2.)$$

Tinklelio ir juostos sandūros atkarpos ilgis:

$$b = \frac{h_1}{\sin \alpha} = \frac{0,15}{\sin 82^\circ} = 0,151 \text{ m.} \quad (7.5.3.)$$

Pusė tarpo tarp santvaros tinklelio strypų:

$$g = 0,045 / 2 = 0,023 \text{ m.} \quad (7.5.4.)$$

Kadangi $\frac{b_1}{b_0} = \frac{0,20}{0,28} = 0,714 < 0,9$ ir $\frac{g}{b} = \frac{0,023}{0,151} = 0,15 < 0,25$, tai santvaros viršutinės juostos,

veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atsparis tikrinamas pagal šią nelygybę:

$$|N_1| + \frac{1,5 \cdot |M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 \gamma_0 f_{y,d} t_0^2 (b + g + \sqrt{2b_0 a})}{(0,4 + 1,8 \cdot g / b) a \cdot \sin \theta_1}; \quad (7.5.5.)$$

lenkiamasis momentas tinklelio elemente ties juostos kraštu $M_1 = 0$;

$$4,54 + \frac{1,5 \cdot 0}{0,15} < \quad (7.5.6.)$$

$$\frac{1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 3,23 \cdot 10^5 \cdot 0,018^2 (0,151 + 0,023 \sqrt{2 \cdot 0,28 \cdot 0,04})}{(0,4 + 1,8 \cdot 0,023 / 0,151) 0,04 \cdot \sin 82^\circ} = 605,01 \text{ kN.}$$

Santvaros viršutinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atspario sąlyga yra tenkinama.

*Santvaros viršutinės juostos sienutės pastovumo atspario tikrinimas gniuždomojo spyrio
prijungimo vietoje*

Tikriname sąlygą : $\frac{b_1}{b_0} = \frac{200}{280} = 0,714 < 0,85$; 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 :

$$b_1/t_1 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot f_{yd}^2 - 0,2 \cdot f_{yd} + 81,8; \quad (7.5.7.)$$

$$\frac{200}{10} = 20\text{mm} < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot 323^2 - 0,2 \cdot 323 + 81,8 = 42,76\text{mm};$$

Nustatant sienutės liaunį, naudojami tinklelio skerspjūvio matmenys.

Tinklelio elemento atspario tikrinimo sąlyga, esant kvadratiniam skerspjūviui,

$$|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 k f_{yd,1} A_1}{[1 + 0,01(3 + 5b_1/b_0 - 0,1h_1/t_1)b_0/t_0] \sin \theta_1} \quad (7.5.8.)$$

$$4,54 \text{ kN} < \frac{1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 323000 \cdot 52,57 \cdot 10^{-4}}{[1 + 0,01(3 + 5 \cdot \frac{0,20}{0,28} - 0,1 \cdot \frac{0,15}{0,010}) \frac{0,28}{0,018}] \sin 82} = 949,20 \text{ kN}$$

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:

$$f_{vw,u} = 530 \text{ MPa} \quad (7.5.9.)$$

Plieno stipris pagal stiprumo ribą:

$$f_u = 470 \text{ MPa} \quad (7.5.10.)$$

Skaičiuotiniai siūlių stipriai:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \frac{530}{1,25} = 233,20 \text{ MPa}; \quad (7.5.11.)$$

$$f_{vw,z,d} = 0,45 \cdot f_u = 0,45 \cdot 470 = 211,50 \text{ MPa}. \quad (7.5.12.)$$

Kertinės siūlės koeficientai: $\beta_{wf} = 0,9$; $\beta_{wz} = 1,05$.

Tikrinama, ar tinkamai parinkta elektrodinė viela:

$$f_{vw,z,d} < f_{vw,f,d} \leq f_{vw,z,d} \frac{\beta_{wz}}{\beta_{wf}}; \quad (7.5.13.)$$

$$211,50 \text{ MPa} < 233,20 \text{ MPa} < 211,50 \frac{1,05}{0,9} = 246,75 \text{ MPa.} \quad (7.5.14.)$$

Parinkta tinkama elektrodinė viela.

$$\left(|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \right) \frac{[1 + 0,01(3 + 5b_1/b_0 - 0,1h_1/t_1)b_0/t_0] \cdot \sin \theta_1}{4 \cdot \beta_{wf} k_f h_1} \leq \gamma_c f_{vw,f,d} \quad (7.5.15.)$$

$$4,54 \cdot \frac{[1 + 0,01 \cdot (3 + 5 \cdot \frac{0,2}{0,28} - 0,1 \cdot \frac{0,15}{0,010}) \frac{0,28}{0,018}] \cdot \sin 82}{4 \cdot 0,9 \cdot 0,006 \cdot 0,15} < 1 \cdot 233,20$$

$$24,82 \text{ MPa} < 233,20 \text{ MPa}$$

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

$$l_{w,eff,k} = \frac{N_{Ed}}{4 \cdot \beta_{wz} \cdot k_f \cdot f_{vw,z,d} \cdot \gamma_c} = \frac{4,54 \cdot 10^3}{4 \cdot 1,05 \cdot 0,006 \cdot 211,50 \cdot 10^6 \cdot 1} + 0,01 = 10,85 \text{ mm} \quad (7.5.16.)$$

$$l_{w,eff} \geq 4k_f = 4 \cdot 6 = 24 \text{ mm}; \quad (7.5.17.)$$

$$l_{w,eff} \geq 40 \text{ mm}; \quad (7.5.18.)$$

$$l_{w,eff} \leq 85 \cdot \beta_{wf} \cdot k_f = 85 \cdot 0,9 \cdot 6 = 459 \text{ mm}; \quad (7.5.19.)$$

$$k_f = 6 < 1,2 \cdot t_{\min} = 1,2 \cdot 10 = 12 \text{ mm} \quad (7.5.20.)$$

Priimame minimalų kertinės siūlės ilgį 40 mm.

Gniuždomojo santvaros tinklelio spyrio ir viršutinės juostos jungties laikomosios galios tikrinimas („3“ mazgas)

Santvaros viršutinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atspario tikrinimas

Iražos ženklų koeficientas: $\gamma_1 = 1$, nes tinklelio elementas yra gniuždomas.

Kadangi:

$$\frac{|N_{02}|}{A_0 f_{y,d}} = \frac{134,60}{131,40 \cdot 10^{-4} \cdot 323000} = 0,032 < 0,5; \quad (7.5.21.)$$

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

Santvaros juostos iškyšos plotis:

$$a = \frac{b_0 - b_1}{2} = \frac{0,28 - 0,20}{2} = 0,04 \text{ m.} \quad (7.5.22.)$$

Tinklelio ir juostos sąlyčio atkarpos ilgis:

$$b = \frac{h_1}{\sin \alpha} = \frac{0,15}{\sin 60^\circ} = 0,173 \text{ m.} \quad (7.5.23.)$$

Pusė tarpo tarp santvaros tinklelio strypų:

$$g = 0,045 / 2 = 0,023 \text{ m.} \quad (7.5.24.)$$

$$\text{Kadangi } \frac{b_1}{b_0} = \frac{0,20}{0,28} = 0,714 < 0,9 \text{ ir } \frac{g}{b} = \frac{0,023}{0,173} = 0,13 < 0,25,$$

santvaros viršutinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atsparis tikrinamas:

$$|N_1| + \frac{1,5 \cdot |M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 \gamma_0 f_{y,d} t_0^2 (b + g + \sqrt{2b_0 a})}{(0,4 + 1,8 \cdot g/b) a \cdot \sin \theta_1}; \quad (7.5.25.)$$

lenkiamasis momentas tinklelio elemente ties juostos kraštu $M_1 = 0$;

$$24,77 + \frac{1,5 \cdot 0}{0,15} < \quad (7.5.26.)$$

$$\frac{1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 3,23 \cdot 10^5 \cdot 0,018^2 (0,173 + 0,023 + \sqrt{2 \cdot 0,28 \cdot 0,04})}{(0,4 + 1,8 \cdot 0,023 / 0,173) 0,04 \cdot \sin 60^\circ} = 983,42 \text{ kN.}$$

Santvaros viršutinės juostos, veikiamos gniuždomojo spyrio, praspaudimo atsparis yra pakankamas.

Santvaros viršutinės juostos sienutės pastovumo atspario tikrinimas gniuždomojo spyrio prijungimo vietoje

Tikriname sąlygą : $\frac{b_1}{b_0} = \frac{200}{280} = 0,714 < 0,85$; 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 :

$$b_1/t_1 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot f_{yd}^2 - 0,2 \cdot f_{yd} + 81,8; \quad (7.5.27.)$$

$$\frac{200}{10} = 20 < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot 323^2 - 0,2 \cdot 323 + 81,8 = 42,76;$$

Nustatant sienutės liaunį, naudojami tinklelio skerspjūvio matmenys.

Tinklelio elemento atspario tikrinimo sąlyga, esant kvadratiniam skerspjūviui,

$$|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \gamma_1 k f_{y,d,1} A_1}{[1 + 0,01(3 + 5b_1/b_0 - 0,1h_1/t_1)b_0/t_0] \sin \theta_1} \quad (7.5.28.)$$

$$24,77 \text{ kN} < \frac{1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 323000 \cdot 52,57 \cdot 10^{-4}}{[1 + 0,01(3 + 5 \cdot \frac{0,20}{0,28} - 0,1 \cdot \frac{0,15}{0,010}) \frac{0,28}{0,018}] \sin 60} = 1096,42 \text{ kN}$$

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

$$f_{vw,u} = 530 \text{ MPa} \quad (7.5.29.)$$

Plieno stipris pagal stiprumo ribą

$$f_u = 470 \text{ MPa} \quad (7.5.30.)$$

Skaičiuotiniai siūlių stipriai:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \frac{530}{1,25} = 233,20 \text{ MPa}; \quad (7.5.31.)$$

$$f_{vw,z,d} = 0,45 \cdot f_u = 0,45 \cdot 470 = 211,50 \text{ MPa} . \quad (7.5.32.)$$

Kertinės siūlės koeficientai: $\beta_{wf} = 0,9$; $\beta_{wz} = 1,05$

Tikrinama, ar tinkamai parinkta elektrodinė viela:

$$f_{vw,z,d} < f_{vw,f,d} \leq f_{vw,z,d} \frac{\beta_{wz}}{\beta_{wf}}; \quad (7.5.33.)$$

$$211,50 \text{ MPa} < 233,20 \text{ MPa} < 211,50 \frac{1,05}{0,9} = 246,75 \text{ MPa}. \quad (7.5.34.)$$

Parinkta tinkama elektrodinė viela.

$$\left(|N_1| + \frac{0,5|M_1|}{h_1} \right) \frac{[1 + 0,01(3 + 5b_1/b_0 - 0,1h_1/t_1)b_0/t_0] \cdot \sin \theta_1}{4 \cdot \beta_{wf} k_f h_1} \leq \gamma_c f_{vw,f,d} \quad (7.5.35.)$$

$$24,77 \cdot \frac{[1 + 0,01 \cdot (3 + 5 \cdot \frac{0,2}{0,28} - 0,1 \cdot \frac{0,15}{0,010}) \frac{0,28}{0,018}] \cdot \sin 60}{4 \cdot 0,9 \cdot 0,006 \cdot 0,15} < 1 \cdot 233,20$$

$$118,48 \text{ MPa} < 233,20 \text{ MPa}$$

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

$$l_{w,eff,k} = \frac{N_{Ed}}{4 \cdot \beta_{wz} \cdot k_f \cdot f_{vw,z,d} \cdot \gamma_c} = \frac{24,77 \cdot 10^3}{4 \cdot 1,05 \cdot 0,006 \cdot 211,50 \cdot 10^6 \cdot 1} + 0,01 = 14,65 \text{ mm} \quad (7.5.36.)$$

$$l_{w,eff} \geq 4k_f = 4 \cdot 6 = 24 \text{ mm}; \quad (7.5.37.)$$

$$l_{w,eff} \geq 40 \text{ mm}; \quad (7.5.38.)$$

$$l_{w,eff} \leq 85 \cdot \beta_{wf} \cdot k_f = 85 \cdot 0,9 \cdot 6 = 459 \text{ mm}; \quad (7.5.39.)$$

$$k_f = 6 < 1,2 \cdot t_{min} = 1,2 \cdot 10 = 12 \text{ mm} \quad (7.5.40.)$$

Priimame minimalų kertinės siūlės ilgį 40 mm.

Santvaros viršutinės juostos montažinio mazgo projektavimas („2“ mazgas)

Sujungimą veikia $N_{Ed} = 134,95$ kN įrašą. Kaip jungės naudojami 8.8 kokybės klasės varžtai M18 varžtai, jungės storis parenkamas – 20 mm.

Skaičiuotinis varžtų tempiamasis plieno stipris[9]:

$$f_{bt,d} = 0,50 \cdot f_{bu} = 0,50 \cdot 800 = 400 \text{ N/mm}^2. \quad (7.5.41.)$$

Skaičiuotinis vieno varžto tempiamasis atsparis [9]:

$$F_{bt,Rd} = f_{bt,d} \cdot A_{b,net} = 400 \cdot 192 = 76,8 \text{ kN}. \quad (7.5.42.)$$

Reikiamas varžtų skaičius [9]:

$$n = \frac{N_{Ed}}{\gamma_c \cdot F_{bt,Rd}} = \frac{134,95}{0,85 \cdot 76,8} = 2,07. \quad (7.5.43.)$$

Priimame jungčiai $n=4$ varžtus.

Varžtų išdėstymo apribojimai [[9] 7.31 lentelė] :

- mažiausias atstumas tarp varžtų centrų: $2,5 \cdot d_0 = 2,5 \cdot 20 = 50 \text{ mm}$,
- mažiausias atstumas nuo varžto centro iki elemento krašto : $1,5 \cdot d_0 = 1,5 \cdot 20 = 30 \text{ mm}$
- didžiausias atstumas nuo varžto centro iki elemento krašto: $4 \cdot d_0 = 4,0 \cdot 20 = 80 \text{ mm}$
- didžiausias atstumas tarp varžtų centrų: $8 \cdot d_0 = 8,0 \cdot 20 = 160 \text{ mm}$.

d_0 - varžto skylės skersmuo (varžtų skylės turi būti didesnės už varžto skersmenį) [[9] 7 priedas, 3.1 lentelė].

Kertinių siūlių, jungiančių jungę su jungiamuoju elementu, stiprumas turi būti tikrinamas dviejuose pjūviuose: per siūlės metalo pjūvį; per sulydymo srities metalo pjūvį [9].

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

Skaičiuojamasis siūlės ilgis:

$$l_{w,eff} = l - 10 \text{ mm} = 1659 - 10 = 1649 \text{ mm} \quad (7.5.44.)$$

Parenkamas kartinės siūlės statinis $k_f = 6 \text{ mm}$, nes mažiausias kartinės siūlės statinis

$k_{f,min} = 6 \text{ mm}$, kai storesniojo iš elementų storis $t = 17 - 22 \text{ mm}$.

Tikrinamas sąlyginis kirpimas [[9] 152 p.]:

- per siūlės metalą:

$$\frac{N_{Ed}}{\beta_{wf} \cdot k_f \cdot \sum l_{w,eff} \cdot f_{vw,f,d} \cdot \gamma_c} = \frac{134,95 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 0,006 \cdot 1,65 \cdot 233,20 \cdot 10^6 \cdot 1,0} = 0,265 \leq 1,0; \quad (7.5.45.)$$

- per sulydymo srities metalą:

$$\frac{N_{Ed}}{\beta_{wz} \cdot k_f \cdot \sum I_{w,ef} \cdot f_{vw,z,d} \cdot \gamma_c} = \frac{134,95 \cdot 10^3}{1,05 \cdot 0,006 \cdot 1,65 \cdot 211,50 \cdot 10^6 \cdot 1,0} = 0,262 \leq 1,0. \quad (7.5.55.)$$

Jungčių jungtyse, veikiamose centrinio gniuždymo, gniuždymo jėgos ekscentricitetas neleidžiami, reikalaujama griežtai laikytis gamybos ir montavimo tikslumo reikalavimų. Tokiose jungtyse varžtai turi būti įtempiami sumine jėga, lygia jungiamuosiuose elementuose veikiančiai skaičiuotinei ašinei jėgai [[9] 8 priedas, 20 p.].

$$F_{p,dc} = 2 \cdot 134,95 = 269,90 \text{ kN} \quad (7.5.56.)$$

Reikalingas lenkimo momentas užveržimui [9]:

$$M_{sukimo} = n \cdot K \cdot F_{p,cd} \cdot d = 1,06 \cdot 0,18 \cdot 269,90 \cdot 0,018 = 0,93 \text{ kNm}. \quad (7.5.57.)$$

Santvaros apatinės juostos montažinio mazgo projektavimas („4“ mazgas)

Sujungimą veikia $N_{Ed} = 142,33 \text{ kN}$ įraža ir momentas $M_{Ed} = 36,60 \text{ kNm}$ Kaip jungės naudojami 8.8 kokybės klasės varžtai M18 varžtai, jungės storis parenkamas - 20 mm.

Skaičiuotinis varžtų tempiamasis plieno stipris[9]:

$$f_{bt,d} = 0,50 \cdot f_{bu} = 0,50 \cdot 800 = 400 \text{ N/mm}^2. \quad (7.5.58.)$$

Skaičiuotinis vieno varžto tempiamasis atsparis [9]:

$$F_{bt,Rd} = f_{bt,d} \cdot A_{b,net} = 400 \cdot 192 = 76,80 \text{ kN}. \quad (7.5.59.)$$

Centriškai tempiamų jungių su uždaro profilio jungiamaisiais elementais stiprumas yra pakankamas, kai [[9] 8 priedas]:

$$N_{Ed} \leq n \cdot k_2 \cdot F_{bt,d}; \quad 20 \leq t_f \leq 40 \text{ mm};$$

n – visas jungties varžtų skaičius; t_f – flanšo storis; k_2 – koeficientas iš [[9] 8 priedo 2.5 lentelės]: $k_2 = 0,85$.

Reikiamas varžtų skaičius [9]:

$$n = \frac{N_{max,Ed} \cdot 1,1}{k_2 \cdot F_{bt,Rd}} = \frac{142,33 \cdot 1,1}{0,85 \cdot 76,80} = 2,39. \quad (7.5.60.)$$

Priimame jungčiai $n=4$ varžtus.

Varžtų išdėstymo apribojimai [[9] 7.31 lentelė] :

mažiausiai atstumas tarp varžtų centrų: $2,5 \cdot d_0 = 2,5 \cdot 20 = 50 \text{ mm}$,

mažiausias atstumas nuo varžto centro iki elemento krašto : $1,5 \cdot d_0 = 1,5 \cdot 20 = 30 \text{ mm}$

didžiausias atstumas nuo varžto centro iki elemento krašto: $4 \cdot d_0 = 4,0 \cdot 20 = 80 \text{ mm}$

didžiausias atstumas tarp varžtų centrų: $8 \cdot d_0 = 8,0 \cdot 20 = 160 \text{ mm}$.

d_0 – varžto skylės skersmuo (varžtų skylės turi būti didesnės už varžto skersmenį) [[9] 7 priedas, 3.1 lentelė].

Kertinių siūlių, jungiančių jungę su jungiamuoju elementu, stiprumas turi būti tikrinamas dviejuose pjūviuose: per siūlės metalo pjūvį; per sulydymo srities metalo pjūvį. 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:

$$l_{w,eff} = l - 10 \text{ mm} = 1301 - 10 = 1291 \text{ mm}. \quad (7.5.61.)$$

Parenkamas kartinės siūlės statinis $k_f = 6 \text{ mm}$, nes mažiausias kartinės siūlės statinis $k_{f,min} = 6 \text{ mm}$, kai storesniojo iš elementų storis $t = 18 - 23 \text{ mm}$. Pasirenkame tokią pačią elektrodinę vielą, kaip ir ankstesniuose santvaros mazguose.

Tikrinamas sąlyginis kirpimas [[9] 152 p.]:

- per siūlės metalą:

$$\frac{N_{Ed}}{\beta_{wf} \cdot k_f \cdot \sum l_{w,eff} \cdot f_{vw,f,d} \cdot \gamma_c} = \frac{142,33 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 0,006 \cdot 1,29 \cdot 233,20 \cdot 10^6 \cdot 0,95} = 0,293 \leq 1,0 \quad (7.5.62.)$$

- per sulydymo srities metalą:

$$\frac{N_{Ed}}{\beta_{wz} \cdot k_f \cdot \sum l_{w,eff} \cdot f_{vw,z,d} \cdot \gamma_c} = \frac{142,33 \cdot 10^3}{1,05 \cdot 0,006 \cdot 1,29 \cdot 211,50 \cdot 10^6 \cdot 0,95} = 0,287 \leq 1,0 \quad (7.5.63.)$$

SĄLYGOS TENKINAMOS.

Tempiamų flanšinių jungčių atsparis vietinei skersinei jėgai tikrinamas:

$$V_{ioc} \leq \mu_h \sum_{j=1}^n F_{bhf,Rd,j}; \quad (7.5.64.)$$

čia: n – visas varžtų skaičius, kai prijungiamas uždarojo skerspjuvio elementas; μ_h – trinties koeficientas [[9] 7.34 lentelė].

Kontaktinė įraša, kai prijungiamas uždaro profilio skerspjuvis:

$$F_{bhf,Rd} = 0,1 F_{bh,t,Rd} = 0,1 \cdot 76,80 = 7,68 \text{ kN} \quad (7.5.65.)$$

Jei vietinės skersinės jėgos nėra, jungtis tikrinama sąlyginei vietinei skersinei jėgai, kuri imama lygi:

$$V_{ioc} = 0,1 \mu_h N_{Ed} = 0,1 \cdot 0,25 \cdot 142,33 = 3,56 \text{ kN} \quad (7.5.66.)$$

Jungiamų paviršių apdirbimo (nuvalymo) būdas nagrinėjamu atveju - be apdirbimo, o varžtų reguliavimo būdas parenkamas pagal sukimo momentą. Todėl $\mu_h = 0,25$.

Tempiamų flanšinių jungčių atsparis vietinei skersinei jėgai:

$$V_{ioc}=3,56\text{kN} < 0,25 \cdot 4 \cdot 7,69=7,69\text{kN} \quad (7.5.67.)$$

Skaičiuojame reikalingą užsukimo momentą:

$$M_{sukimo} = n \cdot K \cdot F_{p,cd} \cdot d = 1,06 \cdot 0,18 \cdot 69,12 \cdot 0,018 = 0,237\text{kNm} \quad (7.5.68.)$$

čia:

$$F_{p,cd} = 0,9 \cdot f_{bt,d} \cdot A_{b,net} = 0,9 \cdot 400 \cdot 192 = 96,12\text{kN} \quad (7.5.69.)$$

7.6. Konstrukcijos analizė

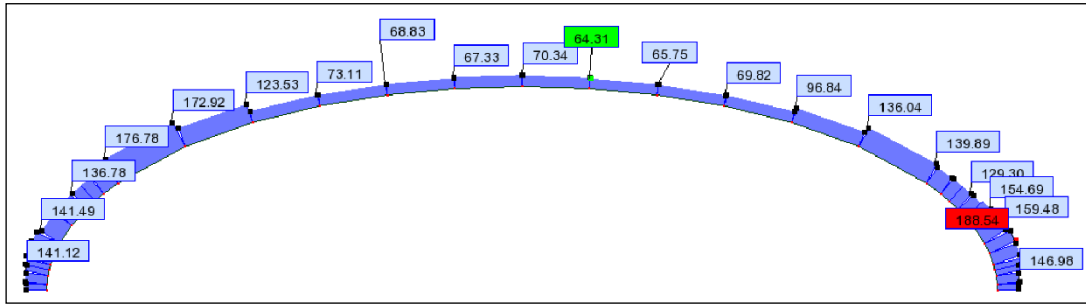
Privalumai ir trūkumai. Šią konstrukciją sudaro santvaros ir jas jungiantis išilginis rėmas iš dvigubų kampuočių. Santvaras būtų galima sujungti vien tik ryšiais, tačiau norint užtikrinti stabilumą, ties centru yra jungiami dvigubi kampuočiai. Santvaros medžiagų kiekio požiūriu yra ne ekonomiškos, nes viršutinės ir apatinės juostos profiliai yra parinkti su didele atsarga. Ši atsarga atsiranda dėl masyvių spyrių profilių (kaip alternatyvą būtų galima įvardyti spragotines arkas). Šio tipo kupolas yra stabiliausias iš visų nagrinėjamų konstrukcijų.

Architektūriniu požiūriu dėl tokio tipo santvarų sumažėja išnaudojamas patalpų aukštis, dėl to turėtų būti didinamas pastato aukštis.

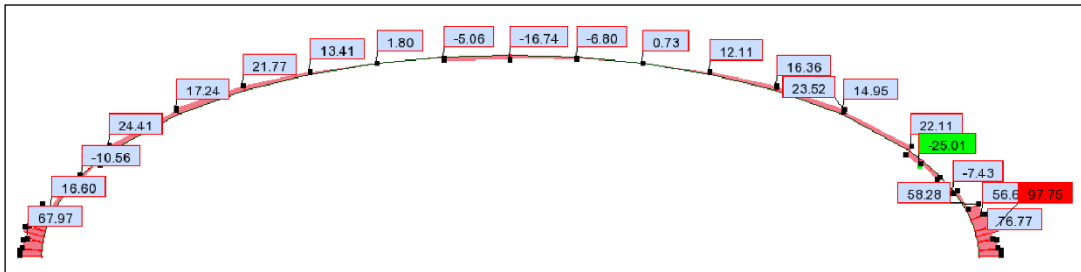
Dėl didelio jungčių skaičiaus, konstrukcijos atitinka norminius transportavimo ilgius, todėl šio tipo konstrukcijai sumažėja transportavimo išlaidos.

8. Metalinio kupolo projektavimas

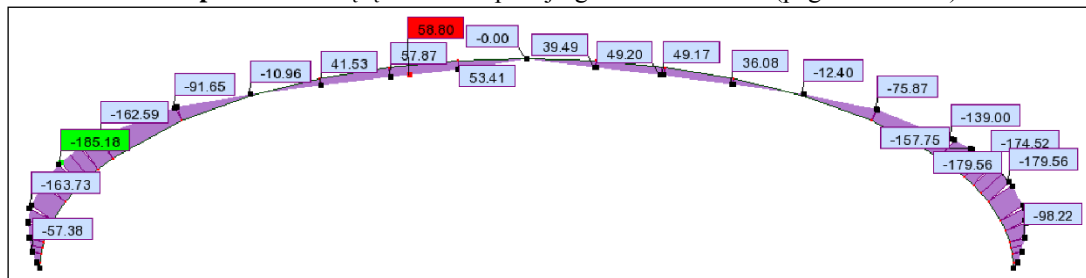
8.1. Kupolo elementų įrašų suvestinė



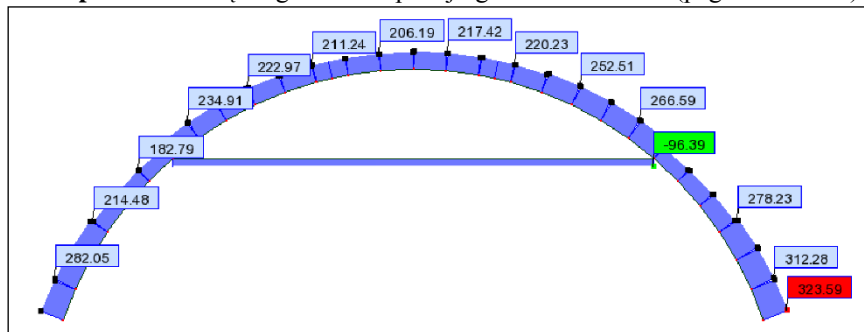
8.1.1 pav. Ašinės įrašos N nuo pavojingiausio derinio 10 (pagrindinė arka)



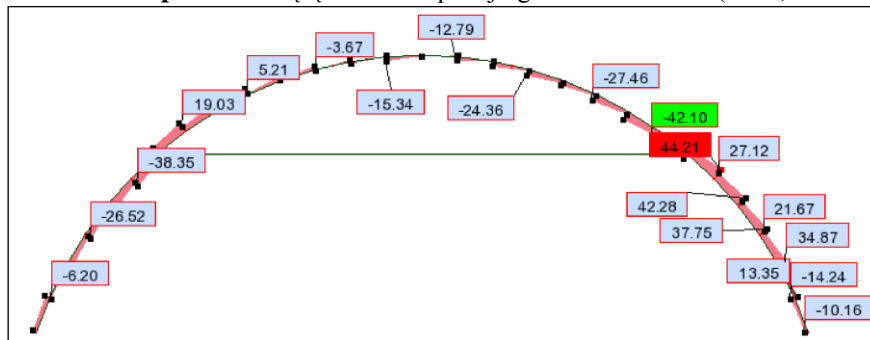
8.1.2 pav. Skersinė įrašos V nuo pavojingiausio derinio 10 (pagrindinė arka)



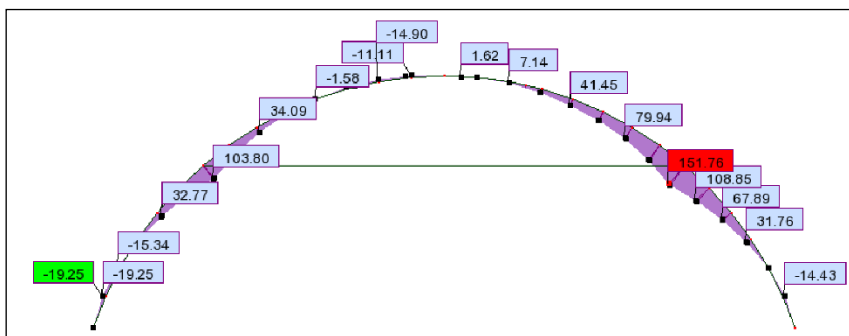
8.1.3 pav. Momentų diagrama nuo pavojingiausio derinio 10 (pagrindinė arka)



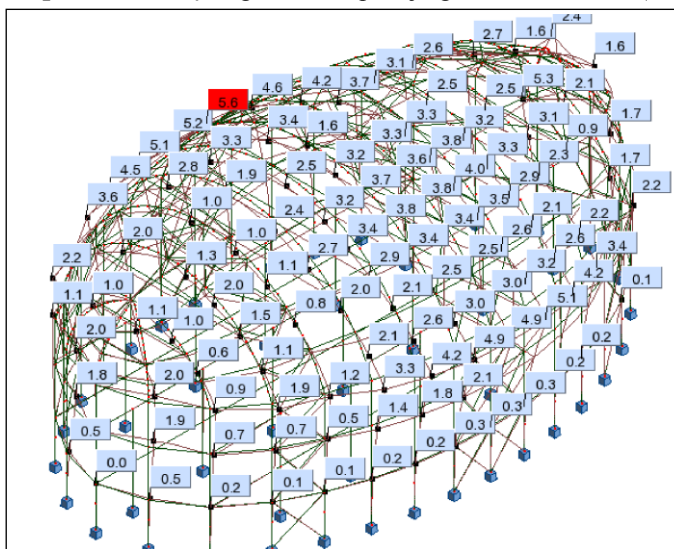
8.1.4 pav. Ašinės įrašos N nuo pavojingiausio derinio 10 (PR-1)



8.1.5 pav. Skersinės įrašos N nuo pavojingiausio derinio 10 (PR-1)



8.1.6 pav. Momentų diagrama nuo pavojingiausio derinio 10 (PR-1)



8.1.7 pav. Elementų ilkinis

8.1.1 lentelė. Kupolo elementų įrašų suvestinė

Kupolo elementas	Ašinė įraša, kN	Skersinė įraša, kN	Veikiantis momentas, kNm
AR-1	188,54	58,28	0
	133,67	10,56	185,18
PR-1	323,59	10,16	0
	279,08	26,07	151,76
PR-2	302,26	6,59	0
	233,69	16,91	152,85
PR-3	259,52	4,55	0
	201,20	11,06	130,70
PR-4	240,79	8,11	0
	174,06	2,72	87,85
PR-5	210,47	11,00	0
	176,84	2,85	37,04
PR-6	227,35	16,48	0
	85,98	7,14	48,75
PR-7	115,03	4,46	0
	33,49	4,09	44,48

Santvaros elementai (viršutinė ir apatinė juosta) projektuojami iš HEB profilių, o spyriai iš stačiakampių ir kvadratinių vamzdžių. Parenku S355 markės plieną, kurio $f_y=355 \text{ N/mm}^2$,

$$f_{y,d} = \frac{f_y}{\gamma_M} = \frac{355}{1,1} = 323 \text{ N/mm}^2; \quad (8.1.1.)$$

čia: f_y – charakteristinis plieno stipris pagal takumo ribą [[9] 6.5 lentelė]; γ_M – medžiagos patikimumo koeficientas [[9] 35p.].

8.2. Skerspjūvio parinkimas

Skersinės arkos projektavimas

Arkos skaičiuojamasis ilgis plokštumoje[9]:

$$l_{\text{eff}} = \mu \cdot s_{\text{eff}} = 0,76 \cdot 9,52 = 7,24 \text{ m}$$

$$\text{Čia } s_{\text{eff}} = 1 + \frac{8 \cdot f^2}{3 \cdot 1} = 1 + \frac{8 \cdot 8,99^2}{3 \cdot 25,32} = 9,52 \text{ m}$$

Projektuojant arką, jos profilį pasirenkame pagal numatomą reikiamą skerspjūvio plotą:

$$A_{\text{net}} \geq \frac{N_{\text{Ed}}}{\varphi \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c} = \frac{279,08}{0,088 \cdot 323 \cdot 10^3 \cdot 0,9} = 98,75 \text{ cm}^2. \quad (8.2.1.)$$

Iš asortimento parenkame[10]: **HEB 280**.

$$e_{\text{rel}} = \frac{eA}{W_c} = \frac{0,544 \cdot 131,4 \cdot 10^{-4}}{471,0 \cdot 10^{-6}} = 15,17; \quad (8.2.2.)$$

$$e = \frac{M_{\text{Ed}}}{N_{\text{Ed}}} = \frac{151,76}{279,08} = 0,544 \text{ m}. \quad (8.2.3.)$$

Sąlyginis elemento liaunis apskaičiuojamas taip [9]:

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{f_{y,d}}{E}}; \quad (8.2.4.)$$

čia elemento liaunis nustatomas:

$$\lambda = \frac{l_{\text{eff}}}{i} = \frac{7,24}{0,0709} = 102,11; \quad (8.2.5.)$$

$$\bar{\lambda} = \lambda \sqrt{\frac{f_{y,d}}{E}} = 102,11 \cdot \sqrt{\frac{323}{2,1 \cdot 10^5}} = 4,0. \quad (8.2.6.)$$

k_{shape} – skerspjūvio formos koeficientas, [[9] 7.6 lentelė].

Kai $\frac{A_f}{A_w} > 1$, tai:

$$k_{\text{shape}} = (1,90 - 0,1e_{\text{rel}}) - 0,02(6 - e_{\text{rel}})\bar{\lambda} = (1,90 - 0,1 \cdot 15,17) - 0,02(6 - 15,17) \cdot 4,0 = 1,11 \quad (8.2.7.)$$

Skaičiuojame $e_{rel,eff} = k_{shape} e_{rel} = 1,11 \cdot 15,17 = 16,95$, kadangi $e_{rel,eff} \leq 20$, tai tikrinamas yra pastovumas momento veikimo plokštumoje ir pastovumas iš momento veikimo plokštumos [9].

Skaičiuojame pastovumą momento veikimo plokštumoje, sutampančioje su simetrijos plokštuma [9]:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{NM,c,Rd}} = \frac{279,08}{297,18} = 0,939 \leq 1,0. \quad (8.2.8.)$$

SĄLYGA TENKINAMA.

Skaičiuotinis ekscentriškai gniuždomo elemento pastovumo atsparis lenkimo plokštumoje apskaičiuojamas [9]:

$$N_{NM,c,Rd} = \varphi_e A \cdot f_{y,d} \gamma_c = 0,078 \cdot 131,4 \cdot 10^{-4} \cdot 323 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 297,18 \text{ kN}; \quad (8.2.9.)$$

čia $\varphi_e = 0,078$ - koeficientas nustatomas pagal [[9] 1 priedo 2 lentelę].

Tikriname elemento pastovumą iš momento veikimo plokštumos [9]:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{NM,TF,Rd}} = \frac{279,08}{575,23} = 0,485 \leq 1,0. \quad (8.2.10.)$$

SĄLYGA TENKINAMA.

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

$$N_{NM,TF,Rd} = c \cdot \varphi_z \cdot A \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 0,181 \cdot 0,832 \cdot 131,4 \cdot 10^{-4} \cdot 323 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 575,23 \text{ kN} \quad (8.2.11.)$$

čia: $\varphi_z = 0,832$ – centriškai gniuždomo elemento klupumo koeficientas [[9] 1 priedo 1 lentelė],

imant $\lambda_z = l_{eff,z} / i_z = 5,1 / 0,1211 = 42,11$. Koeficientas c , kai santykinio ekscentriciteto reikšmė

$e_{rel,y} \leq 5$, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$c = c_5 (2 - 0,2e_{rel,y}) + c_{10} (0,2e_{rel,y} - 1) = 0,187 (2 - 0,2 \cdot 6,23) + 0,162 \cdot (0,2 \cdot 6,23 - 1) = 0,181 \quad (8.2.12.)$$

α priklauso nuo $e_{rel,y}$ kuris yra: $e_{rel,y} = e_y \frac{A}{W_{y,c}} = \frac{0,544 \cdot 131,4 \cdot 10^{-4}}{1148 \cdot 10^{-6}} = 6,23$, tai:

$$\alpha = 0,7;$$

$$\text{Čia } e_y = \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}} = \frac{151,76}{279,08} = 0,544 \text{ m}; \quad M_{y,Ed} = M_{Ed,max} = 151,76 \text{ kNm.}$$

$$c_5 = 0,187 \text{ ir } c_{10} = 0,162$$

Lenkiamasis momentas $M_{y,Ed}$ imamas lygus didžiausiam momentui strypo ilgio viduriniame trečdalyje, bet ne mažiau kaip pusė didžiausio visame strypo ilgyje veikiančio momento [9].

$\beta = 1$, nes:

$$\lambda_z = \frac{l_{z,\text{eff}}}{i_z} = \frac{5,1}{0,1211} = 42,11 < \lambda_c = 3,14 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = 3,14 \cdot \sqrt{\frac{210000}{323}} = 80,06. \quad (8.2.13.)$$

Be šių skaičiavimų taip pat būtina patikrinti skerspjūvio elementų (sienelės, juostų) pastovumą.

Skerspjūvio sienelė yra pastovi, jei tenkinama $\frac{h_{\text{eff}}}{t_w} \leq \bar{\lambda}_{wu} \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}}$ sąlyga [9]. Sienelės

skaičiuojamojo aukščio santykis su storiumi apskaičiuojamas pagal šią formulę:

$$\frac{h_{\text{eff}}}{t_w} = \frac{244}{10,5} = 23,24. \quad (8.2.14.)$$

Sąlyginis ribinis sienelės liaunis $\bar{\lambda}_{wu}$ apskaičiuojamas pagal [9] 7.26 lentelės formules.

Kai $\bar{\lambda}_1 = \lambda \cdot \sqrt{\frac{f_{y,d}}{E}} = 102,11 \cdot \sqrt{\frac{323}{2,1 \cdot 10^5}} = 4,00$ ir $e_{\text{rel}} = \frac{eA}{W_c} = \frac{0,544 \cdot 131,40 \cdot 10^{-4}}{471,0 \cdot 10^{-6}} = 15,17$, tai

$\bar{\lambda}_{wu} = 1,2 + 0,35 \cdot \bar{\lambda}_1 = 1,2 + 0,35 \cdot 4,00 = 2,60$. Čia $\lambda_y = \frac{l_{y,\text{eff}}}{i_y} = \frac{7,24}{0,0709} = 102,11$.

Apskaičiuojame santykį:

$$\bar{\lambda}_{wu} \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = 2,67 \cdot \sqrt{\frac{210000}{323}} = 68,08 \quad (8.2.15.)$$

Tikriname sienelės pastovumą:

$$\frac{h_{\text{eff}}}{t_w} = 23,24 \leq \bar{\lambda}_{wu} \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = 68,08$$

8.2.1 lentelė. Kupolo elementų suvestinė

Žymuo	Ilgis, m	Arkos skerspjūvis	Masė kg/m	Vieno elemento masė, kg	Kiekis	Bendra masė, kg
AR-1	49,30	HEB 500	173	8527	1	8527
PR-1	17,00	HEB 280	103	1581	2	3162
PR-2	16,83	HEB 280	103	1565	4	6261
PR-3	16,30	HEB 280	103	1516	4	6064
PR-4	15,39	HEB 240	83,2	1281	4	5124
PR-5	14,00	HEB 220	71,5	1001	4	4004
PR-6	12,00	HEB 180	51,2	614,4	4	2458
PR-7	9,84	HEB 180	51,2	510	8	4080

8.3. „1“ mazgo projektavimas

Sujungimą veikia $N_{Ed} = 217,17$ kN įraša. Kaip jungės naudojami 8.8 kokybės klasės varžtai M20 varžtai, jungės storis parenkamas – 20 mm.

Skaičiuotinis varžtų tempiamasis plieno stipris [9]:

$$f_{bt,d} = 0,50 \cdot f_{bu} = 0,50 \cdot 800 = 400 \text{ N/mm}^2. \quad (8.3.1.)$$

Skaičiuotinis vieno varžto tempiamasis atsparis [9]:

$$F_{bt,Rd} = f_{bt,d} \cdot A_{b,net} = 400 \cdot 245 = 98,0 \text{ kN}. \quad (8.3.2.)$$

Reikiamas varžtų skaičius [9]:

$$n = \frac{N_{Ed}}{\gamma_c \cdot F_{bt,Rd}} = \frac{217,17}{0,85 \cdot 98,0} = 2,60. \quad (8.3.3.)$$

Dėl mazgo sudėtingumo priimame jungčiai $n=10$ varžtų.

Varžtų išdėstymo apribojimai [[9] 7.31 lentelė] :

- mažiausias atstumas tarp varžtų centrų: $2,5 \cdot d_0 = 2,5 \cdot 22 = 55 \text{ mm}$,
- mažiausias atstumas nuo varžto centro iki elemento krašto : $1,5 \cdot d_0 = 1,5 \cdot 22 = 33 \text{ mm}$
- didžiausias atstumas nuo varžto centro iki elemento krašto: $4 \cdot d_0 = 4,0 \cdot 22 = 88 \text{ mm}$
- didžiausias atstumas tarp varžtų centrų: $8 \cdot d_0 = 8,0 \cdot 22 = 176 \text{ mm}$.

d_0 – varžto skylės skersmuo (varžtų skylės turi būti didesnės už varžto skersmenį) [[9] 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 [9]. 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:

$$l_{w,eff} = l - 10 \text{ mm} = 1659 - 10 = 1649 \text{ mm} \quad (8.3.4.)$$

Prenkamas kartinės siūlės statinis $k_f = 6 \text{ mm}$, nes mažiausias kartinės siūlės statinis $k_{f,min} = 6 \text{ mm}$, kai storesniojo iš elementų storis $t = 17 - 22 \text{ mm}$.

Tikrinamas sąlyginis kirpimas [[9] 152 p.]:

- per siūlės metalą:

$$\frac{N_{Ed}}{\beta_{wf} \cdot k_f \cdot \sum l_{w,eff} \cdot f_{vw,f,d} \cdot \gamma_c} = \frac{217,17 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 0,006 \cdot 1,65 \cdot 233,20 \cdot 10^6 \cdot 1,0} = 0,405 \leq 1,0; \quad (8.3.5.)$$

- per sulydymo srities metalą:

$$\frac{N_{Ed}}{\beta_{wz} \cdot k_f \cdot \sum I_{w,eff} \cdot f_{vw,z,d} \cdot \gamma_c} = \frac{217,17 \cdot 10^3}{1,05 \cdot 0,006 \cdot 1,65 \cdot 211,50 \cdot 10^6 \cdot 1,0} = 0,399 \leq 1,0. \quad (8.3.6.)$$

SAŁYGOS TENKINAMOS.

Jungių jungtyse, veikiamose centrinio gniuždymo, gniuždymo jėgos ekscentricitetas neleidžiami, reikalaujama griežtai laikytis gamybos ir montavimo tikslumo reikalavimų. Tokiose jungtyse varžtai turi būti įtempiami sumine jėga, lygia jungiamuosiuose elementuose veikiančiai skaičiuotinei ašinei jėgai [[9] 8 priedas, 20 p.].

$$F_{p,dc} = 2 \cdot 217,17 = 434,34 \text{ kN} \quad (8.3.7.)$$

Varžto užverimo lenkimo momentas:

$$M_{sukimo} = n \cdot K \cdot F_{p,cd} \cdot d = 1,06 \cdot 0,18 \cdot 434,34 \cdot 0,020 = 1,66 \text{ kNm}. \quad (8.3.8.)$$

8.4. Konstrukcijos analizė

Privalumai ir trūkumai. Šios konstrukcijos išdėstomos analogiškai kaip ir mediniam kupolui. Konstrukciniu požiūriu plieninis santvarinis kupolas yra stabilesnis už arkinį kupolą. Taip pat dėl masyvių centrinių profilių sudėtingėja arkinės konstrukcijos mazgai. Šiam variantui buvo parinkta jungtis naudojant plieninius lakštus, tačiau galimas variantas, analogiškas ir medinio kupolo kraigo žiedinei jungčiai. Kadangi jungiamos HEB profilio konstrukcijos, tai lakštinė jungtis šiuo atveju yra ekonomiškesnė darbo sąnaudų kiekiu.

Architektūriniu požiūriu plieninėms arkoms yra sunku išgauti vientisą formą, todėl naudojamas didelis mazgų kiekis. Tačiau tai palengvina konstrukcijos transportavimą iš gamyklos į statybos aikštelę.

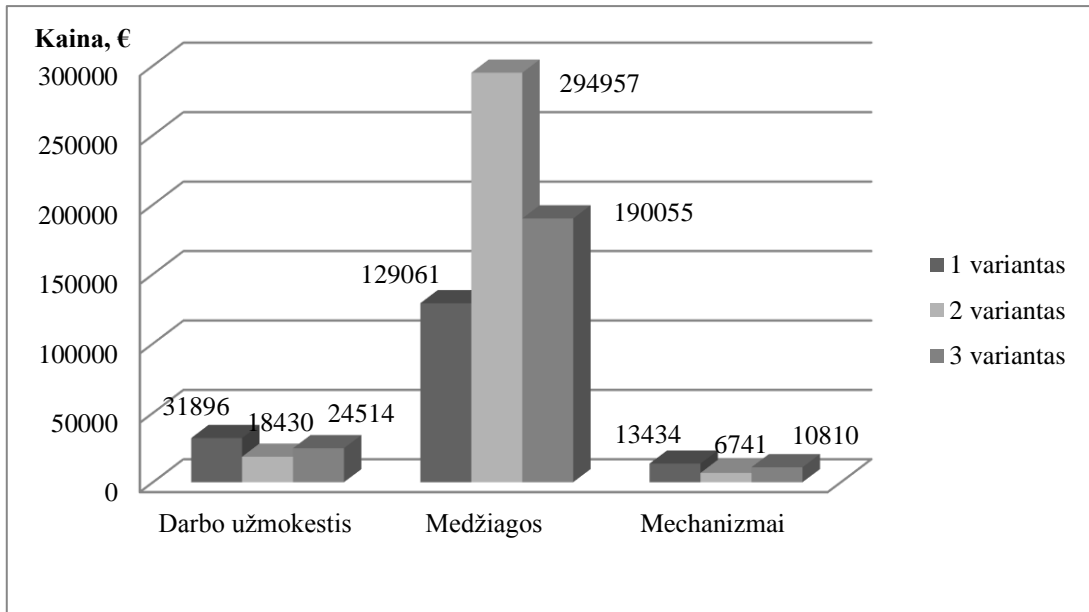
9. Kupolo elementų montavimo ekonominis palyginimas

Tiriamosios dalies pagrindinis kupolinių konstrukcijų palyginimo rodiklis yra kaina. Šiam tikslui yra naudojama sąmatų skaičiavimų programa „Prosama“. Šia programa apskaičiuojama lokalinė sąmata, kurioje pateikiamas sunaudojamų medžiagų, atliekamų darbų bei darbo sąnaudų kiekis.

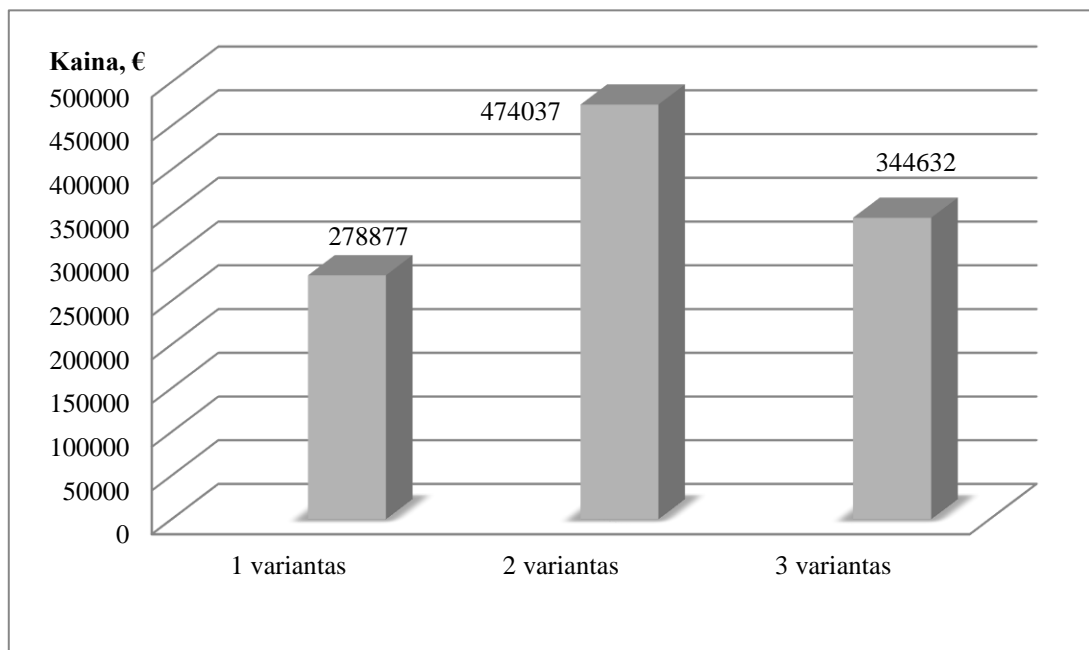
Magistro baigiamojo projekto priede pateikiame trijų, skirtingų stogo konstrukcijų lokalines sąmatas. Pirmas konstrukcijų išdėstymo variantas: medinė kupolinė laikančioji stogo konstrukcija, kuri yra sudaryta iš pagrindinės arkos ir prie jos prijungtų pusarkių. Antras konstrukcijų išdėstymo variantas: metalinė – santvarinė laikančioji stogo konstrukcija, kuri yra sudaryta iš segmentinių santvarų. Trečias variantas: metalinė kupolinė laikančioji stogo konstrukcija, kurios išdėstymo eiliškumas yra analogiškas pirmajam variantui. Šių variantų lokalinės sąmatos pateikiamos 1-3 prieduose.

Palyginus trijų variantų montavimo kainas nustatėme, jog pirmojo konstrukcijų išdėstymo varianto bendra montavimo kaina yra pigiausia. Šis variantas yra pigesnis 19,08% už trečiąjį variantą ir 41,17% už metalinių – santvarinių arkų montavimo variantą. Tačiau lyginant mechanizmų ir darbo užmokesčio kainas, pirmasis variantas yra brangesnis už kitus variantus. Todėl remiantis šiomis diagramomis galime daryti išvadą, kad pagrindinis kainą lemiantis rodiklis yra medžiagų kiekis, kuris nulemia galutinę montavimo kainą. Grafinis konstrukcijų montavimo kainų palyginimas bei darbo užmokesčio, medžiagų bei mechanizmų palyginimas pateikiamas 9.1 ir 9.2 pav.

Konstrukcijų montavimo aprašymas ir kitų laikančiųjų konstrukcijų skaičiavimai atliekami ekonomiškiausiam variantui, t.y. mediniam kupolui.



9.1 pav. Darbo užmokesčio, medžiagų bei mechanizmų sąnaudų lyginamoji diagrama



9.2 pav. Kupolinių laikančiųjų stogo konstrukcijų kainų lyginamoji diagrama

10. Technologinė dalis

10.1. Darbo sąnaudų, mechanizmų ir medžiagų poreikio skaičiavimas

10.1.1 lentelė. Medinio kupolo poreikio skaičiavimas

Normatyvų šifras	Technologinio proceso (darbo) pavadinimas	Darbo mato vienetas	Darbo apimtis	Konstrukcijų, detalių, medžiagų, pusgaminių poreikis			
				Pavadinimas	Mato vnt.	Norma darbo mato vienetui	Visam darbui
1	2	3	4	5	6	7	8
N10P-0301-4	1.1. Medinių santvarų ir arkų, surenkamų iš segmentų, montavimas kai tarpatramis daugiau kaip 24 m	vnt.	31	Medinės arkos	m ³	1,0	39,71
				Neapipjautos lentos 40mm st. ir daugiau (4rūš.)	m ³	0,11	4,37
				Pusraščiai (spygl. 4 rūš.)	m ³	0,06	2,38
				Tvirtinimo varžtai (statybiniai)	kg	23,1	917,30
N10P-1103-2	1.2. Medinių konstrukcijų padengimas ugniai atspariais dažais, kai konstrukcijos plotis daugiau kaip 250 mm	100 m ²	21,27	Ugniai atsparūs dažai	kg	35,0	744,45
				Ugniai atsparus lakas	kg	6,0	127,62
				Ugniai atsparus gruntas	kg	10,0	212,70
N9-313	1.3. Ryšių ir spyrių iš pavienių profilių iki 50 kg masės montavimas	t	10,28	Metalinės konstrukcijos	t	1,0	10,28
				Tvirtinimo varžtai (įvairūs)	kg	12,8	131,58
				Pagalbinės plieninės konstrukcijos	t	0,0002	0,002
N13-183	1.4. Lengvo tipo metalinių konstrukcijų nuvalymas	t	10,28	Skudurai	kg	0,04	0,411
N13-177	1.5. Lengvo tipo metalinių konstrukcijų dažymas aliejiniais dažais	t	10,28	Tirštai trinti dažai (geležies raudė)	kg	8,1	83,27
				Pokostas oksolis	kg	2,4	24,67

10.2. Statybinių medžiagų suvestinė

10.2.1 lentelė. Medinio kupolo medžiagų suvestinė

Eil. Nr.	Medžiagos pavadinimas	Matavimo vnt.	Kiekis
1	2	3	4
1	Medinės arkos	m ³	39,71
2	Metalinės konstrukcijos	t	10,28
3	Neapipjautos lentos 40mm st. ir daugiau (4rūš.)	m ³	4,37
4	Pagalbinės plieninės konstrukcijos	t	0,002
5	Pokostas oksolis	kg	24,67
6	Pusrąščiai (spygl. 4 rūš.)	m ³	2,38
7	Skudurai	kg	0,411
8	Tirštai trinti dažai (geležies raudė)	kg	83,27
9	Tvirtinimo varžtai (įvairūs)	kg	131,58
10	Tvirtinimo varžtai (statybiniai)	kg	917,30
11	Ugniai atsparūs dažai	kg	744,45
12	Ugniai atsparus gruntas	kg	212,70
13	Ugniai atsparus lakas	kg	127,62

10.3. Medinis kupolas ir jo montavimas

Laikančiųjų kupolinių stogo konstrukcijų privalumas: išgaunamas didelis patalpų aukštis; nereikia tarpinių papildomų atramų; galima išgauti nestandartines pastatų formas. Architektūriniu požiūriu pastatui suteikiamos aptakios formos, kurios suteikia originalumo. Mediniai kupolai yra lengvesni nei kitų rūšių naudojamų medžiagų konstrukcijos, todėl sumažėja kaina.

Trūkumai: skėtimo jėgos, kurios sukelia didelius momentus atramose; mazgų sudėtingumas; ne vienodas įrašų pasiskirstymas; sudėtingas transportavimas ir montavimas.

Transportavimas. Klijuotos medienos pusarkės į statybos aikštelę yra atvežamos dalimis. Kadangi suskaidytos konstrukcijos viršija leistiną transportuoti ilgį. Krovinys būtinai turi būti pažymėtas įspėjamaisiais ženklais, švyturėliais iš transporto priemonės galo ir šonų. Transportavimo metu medines konstrukcijas privaloma apsaugoti nuo atmosferos poveikio ir mechaninių sužalojimų.

Konstrukcijų paruošimas montavimui. Montavimo kaip ir transportavimo metu konstrukcijos turi būti apsaugotos nuo drėgmės, saulės spindulių bei mechaninių pažeidimų. Pirmiausia konstrukcijos yra apžiūrimos vizualiai, pašalinami defektai, priveržiamos veržlės. Kadangi šiuo atveju konstrukcija yra stambiagabaritė, ji yra stambinama projektinėje padėtyje. Pagrindinė arka yra padalinta į 4 dalis, tai ji metaliniais sprausiais yra sujungiama į dvi dalis horizontalioje padėtyje. Varžtai nėra priveržiami iki galo. Aliejiniiais dažais yra pažymimos kabinimo vietos ant medinės konstrukcijos. Atraminiuose paviršiuose turi būti pažymėtos

laikančiųjų konstrukcijų ašys, apsirūpinta laikiniais fiksavimo ir tvirtinimo elementais bei visomis reikalingomis jungimo ir tvirtinimo detalėmis [14].

Montuojant medines konstrukcijas būtina:

- apsaugoti nuo atmosferos poveikių;
- darbus vykdyti nuosekliai;
- maksimaliai sumažinti konstrukcijų perkrovimų, perkėlimų, pakrovimo-iškrovimo operacijų skaičių;
- visas konstrukcijas, taip pat ir padengtas antiseptikais bei antipireniais, apsaugoti nuo sudrėkimo [14].

Konstrukcijų kėlimas. Naudojamos techninės priemonės kėlimui: skersės arba kobiniai. Ties tomis vietomis kur apsakamos arkos kobiniais, turi būti apsaugota mediena. Po kobiniais padėti medienos atraižas, kurios apsaugotų nuo išorinių pažeidimų. Keliant medines konstrukcijas privaloma įsitikinti, kad:

- konstrukcijos patikimai prikabintos;
- neatsirastų defektų;
- neatsikabintų;
- sudarytų optimalų įtempių pasiskirstymą keliamoje konstrukcijoje [14];

Montavimas. Prieš pradėdant montuoti arkas reikia galutinai įtvirtinti kolonas. Pirmiausia dviejų kranų pagalba į projektinę padėtį yra pastatoma pagrindinė arka. Ji yra sujungiamo metaliniu žiedu ir įtvirtinama atotampomis per visą pastato ilgį. Tuomet prie jos yra jungiamos pusarkės, pradėdant nuo didžiausio tarpatramio pusarkių. Pritvirtinus pagrindines skersines pusarkes, patikrinami nuokrypiai. Po to sujungimas ties žiedu yra galutinai priveržiamas. Kitos pusarkės tvirtinamos plieniniais profiliais prie pagrindinės sijos. Jos tarpusavyje yra sujungiamos metaliniais ryšiais, IPE 100 profilio. Dėl didelių momentų atramose tarp pusarkių yra tvirtinamos stygos. Patikrinus konstrukcijų projektinę padėtį, galima jas pritvirtinti varžtais prie įdėtinių detalių. Galiausiai patikrinus konstrukcijų pritvirtinimo kokybę, jos yra padengiamos antipireniais.

Medienos apsauga. Medinės konstrukcijos apsaugomos nuo puvinio antiseptinant medieną, taip pat padengiamos antipireniais, kad padidėtų atsparumas karščiui. Antiseptikais mediena yra įmirkoma gamykloje, o montavimo metu ji yra padengiama antipireniniais dažais.

10.3.1 lentelė. Medinių konstrukcijų montavimo leistini nuokrypiai[13]

Techniniai reikalavimai	Ribiniai nuokrypiai	Kontrolė
1. Įkirčių gylio nuokrypiai nuo projekcinio	± 2 mm	matuojant kiekvieną elementą
2. Atstumo tarp darbo varžtų, dygių sujungimuose nuokrypiai nuo projekto: - įeinančioms kiaurymėms; - išeinančioms kiaurymėms skersai pluošto; - išeinančioms kiaurymėms išilgai pluošto;	± 2 2% paketo storio, bet ne daugiau kaip 5 mm 4% paketo storio, bet ne daugiau kaip 10 mm	matuojant atrankos būdu
3. Atstumo tarp vinių galvučių nuokrypiai	± 2 mm	matuojant atrankos būdu
4. Nuokrypiai nuo horizontalės 1 m rąstų sienų vainikų ilgyje ir pertvarų nuo vertikalės 1 m aukštyje	± 3 mm	matuojant kiekvieną vainiką

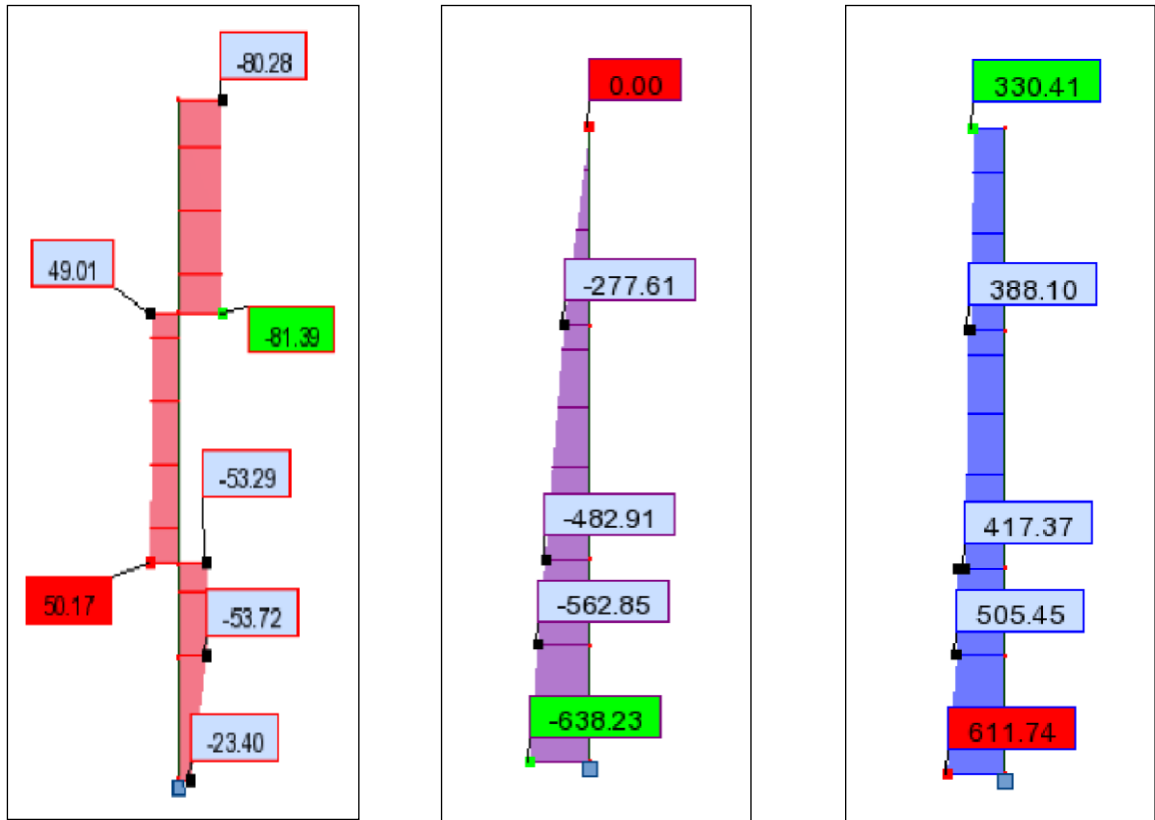
Kokybės kontrolė. Medinėms konstrukcijoms leidžiami 20 mm nuokrypiai nuo konstrukcinių ašių, 0,5% nuo konstrukcijos ašių, 1/300 nuo elemento ilgio ir 10 mm nuo atraminių mazgų centro. Klijuotų konstrukcijų skerspjuvio matmenys nustatomi 1 mm, o ilgis 5 mm tikslumu. Leidžiamas nesuklijuotos siūlės ilgis didžiausių skėlimo įtempių vietose turi būti ne didesnis kaip 75 mm, o kitose vietose – kaip 150 mm. Klijuotos siūlės turi būti ne storesnės nei 0,3 mm. [14]

4.4.1 lentelė. Medinių konstrukcijų montavimo kontrolė[13]

Eil.Nr.	Kontroliuojama operacija	A* ir K*	Kaip atliekama kontrolė	D*
1.	Paruošiamieji darbai			
	Medinių konstrukcijų kokybės kontrolė	SV	vizualiai, geod. prietaisais	TP
	Ašių ir atramų aukščių kontrolė			
2.	Arkų montavimas			
	Medinių konstrukcijų laikinas įtvirtinimas	SV	vizualiai	TP
	Medinių konstrukcijų pastovus įtvirtinimas			
	Medinių konstrukcijų įtvirtinimo kontrolė			
3.	Dokumentų įforminimas			
3.	Įrašai statybos darbų žurnale	SV		TP
	Kontrolinės geodezinės nuotraukos	SV		G

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

11. Kompozitinės kolonos projektavimas



11.1 pav. Skersinių, ašinių įrašų ir momentų diagramos kolonai

11.1. Skerspjuvio tikrinimas

Projektuojama kompozitinė kolona – plieninis vamzdis užpildytas gelžbetoniū. Parenkami kompozitinės kolonos parametrai:

- Plieninis vamzdis – Ø380x15 mm, aukštis – 11,30 m;
- Išilginė armatūra – 6xØ25;
- Skersinė armatūra – Ø8, s=380 mm, atstumas tarp plieninio vamzdžio krašto ir skersinės armatūros centro $u_s=45$ mm

11.1.1 lentelė. Kolonos medžiagų suvestinė lentelė

Plieninis vamzdis	Betonas	Armatūra
$f_y=355$ MPa	$f_{ck}=20$ MPa	$f_{sk}=500$ MPa
$\gamma_a=1,1$	$\gamma_c=1,5$	$\gamma_s=1,15$
$f_{yd}=323$ MPa	$f_{cd}=12$ MPa	$f_{sd}=434,8$ MPa
$E_a=2,1 \cdot 10^5$ MPa	$E_{cm}=3 \cdot 10^4$ MPa	$E_s=2,1 \cdot 10^5$ MPa

Patikrinama sąlyga [15]: $\frac{d}{t} = \frac{380}{15} = 25,33 < 90 \frac{235}{f_y} = 90 \frac{235}{355} = 60$

Kolonos skaičiuotinis ilgis [9]: $l_{eff} = \mu \cdot l = 2 \cdot 11,30 = 22,60 \text{ m}$

Plieninio vamzdžio ploto, inercijos ir atsparumo momento skaičiavimas (skaičiuojama kaip plonasieniam vamzdžiui)[16]:

$$A_a = \pi \cdot d \cdot t = \pi \cdot 380 \cdot 15 = 17907 \text{ mm}^2 \quad (11.1.1.)$$

$$I_a = \frac{\pi \cdot d^3 \cdot t}{8} = \frac{\pi \cdot 380^3 \cdot 15}{8} = 3,23 \cdot 10^8 \text{ mm}^4 \quad (11.1.2.)$$

$$W_a = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot t}{4} = \frac{\pi \cdot 380^2 \cdot 15}{4} = 1,70 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \quad (11.1.3.)$$

Armatūros ploto, inercijos ir atsparumo momento skaičiavimas[16]:

$$A_s = n \cdot \frac{\pi \cdot \phi_{sk}^2}{4} = 6 \cdot \frac{\pi \cdot 25^2}{4} = 2945 \text{ mm}^2 \quad (11.1.4.)$$

$$\text{Atstumas nuo centro: } l_s = \frac{d}{2} - t - u_s - \frac{\phi}{2} = \frac{380}{2} - 15 - 45 - \frac{25}{2} = 117,5 \text{ mm} \quad (11.1.5.)$$

$$W_s = A_s \cdot l_s \left(4 \sin\left(\frac{\pi}{6}\right) + 2 \right) = 2945 \cdot 117,5 \left(4 \sin\left(\frac{\pi}{6}\right) + 2 \right) = 7,05 \cdot 10^5 \text{ mm}^3 \quad (11.1.6.)$$

$$I_s = A_s \cdot l_s^2 \left(4 \left(\sin\left(\frac{\pi}{6}\right) \right)^2 + 2 \right) = 2945 \cdot 117,5^2 \left(4 \left(\sin\left(\frac{\pi}{6}\right) \right)^2 + 2 \right) = 8,13 \cdot 10^7 \text{ mm}^4 \quad (11.1.7.)$$

Betono plotas, atsparumo ir inercijos momentas [16]:

$$A_c = \frac{\pi \cdot (d-2t)^2}{4} - A_s = \frac{\pi \cdot (380-2 \cdot 15)^2}{4} - 2945 = 93266 \text{ mm}^2 \quad (11.1.8.)$$

$$W_c = \frac{\pi \cdot (d-2t)^3}{32} - W_s = \frac{\pi \cdot (380-2 \cdot 15)^3}{32} - 7,05 \cdot 10^5 = 3,50 \cdot 10^6 \text{ mm}^3 \quad (11.1.9.)$$

$$I_c = \frac{\pi \cdot (d-2t)^4}{64} - I_s = \frac{\pi \cdot (380-2 \cdot 15)^4}{64} - 8,13 \cdot 10^7 = 6,55 \cdot 10^8 \text{ mm}^4 \quad (11.1.10.)$$

Patikrinamas armatūros ir betono ploto santykis [17]:

$$\rho = \frac{A_s}{A_c} = \frac{2945}{93266} \cdot 100\% = 3,16\% < \rho_{max} = 6\% \quad (11.1.12.)$$

Apskritimo formos kolonomas yra didžiausia galima reikšmė 6%. (b schema)[17]

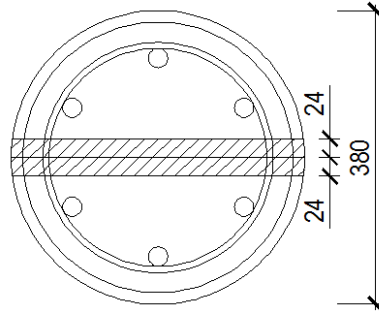
$$V_{pl,a,Rd} = \frac{2 \cdot A_a \cdot \left(\frac{f_y}{\sqrt{3}}\right)}{\pi \cdot \gamma_a} = \frac{2 \cdot 17907 \cdot \left(\frac{355}{\sqrt{3}}\right)}{\pi \cdot 1,1} = 2124 \text{ kN} \quad (11.1.13.)$$

Neutralios zonos aukštis[16]:

$$h_n = \frac{N_{pm,Rd} - A_{sn} \cdot (2 \cdot f_{sd} - \alpha_c \cdot f_{cd})}{2 \cdot d \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} + 4 \cdot t \cdot (2 \cdot f_{yd} - \alpha_c \cdot f_{cd})} = \frac{1120 - 0}{2 \cdot 380 \cdot 0,85 \cdot 12 + 4 \cdot 15 \cdot (2 \cdot 323 - 0,85 \cdot 12)} = 24,40 \text{ mm} \quad (11.1.14.)$$

$$N_{pm,Rd} = A_c \cdot f_{cd} = 93266 \cdot 12 = 1120 \text{ kN} \quad (11.1.15.)$$

$A_{sn} = 0$, nes armatūra nepatenka ant neutralios zonos krašto (pateikta 11.1.1 pav.)



11.1.1 pav. Neutrali zona kolonos skerspjūvyje

Plieninio vamzdžio atsparumo momentas, patenkantis į neutralią zoną [16]:

$$W_{pan} = 2 \cdot t \cdot h_n^2 = 2 \cdot 15 \cdot 24,40^2 = 17860,8 \text{ mm}^2 \quad (11.1.16.)$$

Betono atsparumo momentas, patenkantis į neutralią zoną [16]

$$W_{pcn} = (d - 2t)h_n^2 = (380 - 2 \cdot 15)24,40^2 = 208376 \text{ mm}^2 \quad (11.1.17.)$$

Projektuojamas maksimalus atsparumo momentas, veikiat pastoviai įprastinei jėgai [17]:

$$M_{max,Rd} = W_a \cdot f_{yd} + W_s \cdot f_{sd} + 0,5W_c \cdot f_{cd} = 1,70 \cdot 10^6 \cdot 323 + 7,05 \cdot 10^5 \cdot 434,8 + 0,5 \cdot 3,50 \cdot 10^6 \cdot 12 = 876,63 \text{ kNm} \quad (11.1.18.)$$

Projektuojamas maksimalus atsparumo momentas, veikiant šlyties jėgai [17]:

$$M_{pl,Rd} = M_{max,Rd} - W_{pan} \cdot f_{yd} - 0,5W_{pcn} \cdot f_{cd} = 876630000 - 17860,8 \cdot 323 - 0,5 \cdot 208376 \cdot 12 = 869,61 \text{ kNm} \quad (11.1.19.)$$

Projektuojamas maksimalus atsparumo momentas armatūroje, veikiant šlyties jėgai [17]:

$$M_{pl,a,Rd} = W_a \cdot f_{yd} - W_{pan} \cdot f_{yd} = 1,70 \cdot 10^6 \cdot 323 - 17860,8 \cdot 323 = 543,33 \text{ kNm} \quad (11.1.20.)$$

$$V_{a,Ed} = V_{Ed} \frac{M_{pl,a,Rd}}{M_{pl,Rd}} = 81,39 \frac{543,33}{869,61} = 50,85 \text{ kN} < V_{pl,a,Rd} = 0,5 \cdot 2124 = 1062 \text{ kN} \quad (11.1.21.)$$

Sąlyga tenkinama, todėl naudojamas koeficientas sumažinantis plieno stiprumą.

$$\mu_d = 1 + \frac{2N_{Ed}}{N_{pm,Rd}} \left(\frac{M_{max,Rd}}{M_{pl,Rd}} - 1 \right) = 1 + \frac{2 \cdot 611,74}{1120} \left(\frac{876,63}{869,61} - 1 \right) = 1,01 \quad (11.1.22.)$$

$$\frac{M_{Ed}}{\mu_d \cdot M_{pl,Rd}} = \frac{741,92}{1,01 \cdot 869,61} = 0,859 < \alpha_M = 0,9 \quad (11.1.23.)$$

$$M_{Ed} = k_0 \cdot N_{Ed} \cdot e_0 + M_{Ed,1} = 1,50 \cdot 611,74 \cdot 0,113 + 638,23 = 741,92 \text{ kNm} \quad (11.1.24.)$$

$$e_0 = \frac{l_{eff}}{300} = \frac{22,60}{200} = 0,113 \text{ m (apskaičiuojama pagal b schema)}$$

$$k_0 = \frac{\beta}{1 - N_{Ed}/N_{cr,eff,II}} = \frac{1}{1 - 611,74/1818} = 1,50 \quad (11.1.25.)$$

$$(EI)_{Eff,II} = 0,9(E_a \cdot I_a + I_s \cdot E_s + 0,5 \cdot E_{cm} \cdot I_c) = 0,9(2,1 \cdot 3,23 \cdot 10^{13} + 2,1 \cdot 8,13 \cdot 10^{12} + 3 \cdot 6,55 \cdot 10^{12}) = 94098 \text{ kNm}^2 \quad (11.1.26.)$$

Kritinė ašinė jėga[17]:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot (EI)_{Eff,II}}{l_{eff}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 94098}{22,60^2} = 1818 \text{ kN} \quad (11.1.27.)$$

11.2. Galvenos projektavimas

Galveną veikia $N_{Ed} = 330,41$ kN įrašą. Apskaičiuojame galvenos plokštelės storį [18]:

$$t_p > \sqrt{\frac{2N_{Ed}}{0,9 \cdot f_{p,d} \cdot \pi \cdot f_3}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 330,41}{0,9 \cdot 372,73 \cdot \pi \cdot 8,10}} = 8,8 \text{ mm} \quad (11.2.1.)$$

$$r_1 = d_c/2 + 2 \cdot e_1 = 380/2 + 2 \cdot 48 = 286 \text{ mm} \quad (11.2.2.)$$

$$r_2 = d_c/2 + e_1 = 380/2 + 48 = 238 \text{ mm} \quad (11.2.3.)$$

$$r_3 = (d_c - t_c)/2 = (380 - 15)/2 = 182,5 \text{ mm} \quad (11.2.4.)$$

$$k_1 = \ln\left(\frac{r_2}{r_3}\right) = \ln\left(\frac{238}{182,5}\right) = 0,265 \quad (11.2.5.)$$

$$k_3 = k_1 + 2 = 0,265 + 2 = 2,27 \quad (11.2.6.)$$

$$f_3 = \frac{1}{2k_1} \left(k_3 + \sqrt{k_3^2 - 4k_1} \right) = \frac{1}{2 \cdot 0,265} \left(2,27 + \sqrt{2,27^2 - 4 \cdot 0,265} \right) = 8,10 \quad (11.2.7.)$$

Priimu $t_p = 20 \text{ mm}$. Parenkami M20 8.8 kokybės varžtai.

Skaičiuotinis varžtų tempiamasis plieno stipris:

$$f_{bt,d} = 0,50 \cdot f_{bu} = 0,50 \cdot 800 = 400 \text{ N/mm}^2. \quad (11.2.8.)$$

Skaičiuotinis vieno varžto tempiamasis atsparis:

$$F_{bt,Rd} = f_{bt,d} \cdot A_{b,net} = 400 \cdot 245 = 98,0 \text{ kN}. \quad (11.2.9.)$$

Reikiamas varžtų skaičius [9]:

$$n = \frac{N_{Ed}}{\gamma_c \cdot F_{bt,Rd}} = \frac{330,41}{0,85 \cdot 98} = 3,97. \quad (11.2.10.)$$

Priimame jungčiai $n=4$ varžtus.

Varžtų išdėstymo apribojimai [[9] 7.31 lentelė] :

- mažiausias atstumas tarp varžtų centrų: $2,5 \cdot d_0 = 2,5 \cdot 22 = 55 \text{ mm}$,
- mažiausias atstumas nuo varžto centro iki elemento krašto : $1,5 \cdot d_0 = 1,5 \cdot 22 = 33 \text{ mm}$
- didžiausias atstumas nuo varžto centro iki elemento krašto: $4 \cdot d_0 = 4,0 \cdot 22 = 88 \text{ mm}$
- didžiausias atstumas tarp varžtų centrų: $8 \cdot d_0 = 8,0 \cdot 22 = 176 \text{ mm}$.

d_0 – varžto skylės skersmuo (varžtų skylės turi būti didesnės už varžto skersmenį) [[9] 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 [9].

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

Skaičiuojamasis siūlės ilgis:

$$l_{w,eff} = 2\pi R - 10 \text{ mm} = 2 \cdot \pi \cdot 190 - 10 = 1183 \text{ mm} \quad (11.2.11.)$$

Parenkamas kertinės siūlės statinis $k_f = 6 \text{ mm}$, nes mažiausias kertinės siūlės statinis $k_{f,min} = 6 \text{ mm}$, kai storesniojo iš elementų storis $t = 17 - 22 \text{ mm}$.

Tikrinamas sąlyginis kirpimas [9]:

- per siūlės metalą:

$$\frac{N_{Ed}}{\beta_{wf} \cdot k_f \cdot \sum l_{w,eff} \cdot f_{vw,f,d} \cdot \gamma_c} = \frac{330,41 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 0,006 \cdot 1,18 \cdot 206,8 \cdot 10^6 \cdot 1,0} = 0,251 \leq 1,0; \quad (11.2.12.)$$

- per sulydymo srities metalą:

$$\frac{N_{Ed}}{\beta_{wz} \cdot k_f \cdot \sum l_{w,eff} \cdot f_{vw,z,d} \cdot \gamma_c} = \frac{330,41 \cdot 10^3}{1,05 \cdot 0,006 \cdot 1,18 \cdot 211,50 \cdot 10^6 \cdot 1,0} = 0,210 \leq 1,0. \quad (11.2.13.)$$

Sąlygos tenkinamos.

11.3. Bazės projektavimas

Kolonos liemu – plieninis vamzdis, kuris yra užpildytas gelžbetoniu. Jo skersmuo $d = 380 \text{ mm}$, sienutės storis $t_w = 15 \text{ mm}$.

Visus kolonos elementus skaičiuojame nuo vieno pavojingiausio apkrovų derinio, kurio – ašinė jėga $N_k = 611,74 \text{ kN}$, lenkimo momentas $M_k = 638,23 \text{ kNm}$.

Rostverko matmenys: $B_p \times L_p = 1500 \times 1500 \text{ mm}$. Pamato betonas – C25/30, o plienas S355JR markės. Konstrukcijoms suvirinti numatytas pusiau automatinis būdas apsauginių dujų aplinkoje vientiso skerspjūvio viela, $d_w < 1,4 \text{ mm}$. Elektrodinė viela – G55 pagal LST EN 440. Inkariniai varžtai iš plieno S355.

Betono skaičiuotiniai gniuždymo ir tempimo stipriai:

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,9 \cdot 1,0 \cdot \frac{25}{1,5} = 15 \text{ MPa}; \quad (11.3.1.)$$

$$f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk 0,05}}{\gamma_c} = 0,9 \cdot 1,0 \cdot \frac{1,8}{1,5} = 1,08 \text{ MPa}; \quad (11.3.2.)$$

čia koeficientai α_{cc} ir α_{ct} turi būti imami lygūs 1,0. Skaičiuojant konstrukcijas, įvertinant stačiakampio formos įtempių pasiskirstymo diagramą; koeficientas $\alpha = 0,9$, kai charakteristinis betono stipris $\leq 50 \text{ MPa}$; γ_c – patikimumo koeficientas, kuris gelžbetoninėms konstrukcijoms imamas 1,5 [[19] 43.1.2 p.]; $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$ – charakteristinis betono gniuždomasis stipris [[19] 5 lentelė]; $f_{ctk} = 1,5 \text{ MPa}$ – charakteristinis betono tempiamasis stipris [[19] 5 lentelė].

Skaičiuojame preliminarų pado plokštės ilgį ir plotį:

$$L = B = d + 2 \cdot c_1 = 380 + 2 \cdot 140 = 660 \text{ mm}; \quad (11.3.4.)$$

priimame $L = B = 0,66 \text{ m}$;

čia $c_1 = 140 \text{ mm}$.

Skaičiuojame pamato glemžimo plotą:

$$A_{c0} = B \cdot L = 0,66 \cdot 0,66 = 0,436 \text{ m}^2 \quad (11.3.5.)$$

Skaičiuojame įtempių pasiskirstymo plotą pamate:

$$A_{c1} = B_p \cdot L_p = 1,5 \cdot 1,5 = 2,25 \text{ m}^2; \quad (11.3.6.)$$

čia galvenos viršaus matmenys : $B_p = 1,5 \text{ m}$, $L_p = 1,5 \text{ m}$.

Skaičiuojamas šoninio apspaudimo gniuždant koeficientas

$$k_u = 0,8 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{ctd}} = 0,8 \cdot \frac{15}{1,08} = 11,11 < 14,0 \quad (11.3.7.)$$

Priimame $k_u = 14,0$

Skaičiuojame koeficientą, įvertinantį betono gniuždomojo stiprio padidėjimą:

$$w_u = 1 + k_u \cdot k_f \cdot \frac{f_{ctd}}{f_{cd}} \cdot \left(\sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} - 1 \right) \quad (11.3.8.)$$

$$w_u = 1 + 14,0 \cdot 1,0 \cdot \frac{1,08}{15} \cdot \left(\sqrt{\frac{2,25}{0,436}} - 1 \right) = 2,79 \leq \omega_{u,max} = 3,5$$

Priimame $w_u = 3,5$.

Čia [[19] 17 lentelė] $k_f = 1,0$ – koeficientas įvertinantis betono šoninio apspaudimo nevienodumą; $\omega_{u,max} = 3,5$ ribinė betono glemžiamojo stiprio padidėjimo reikšmė.

Skaičiuojame kolonos pamato betono glemžiamąjį stiprį:

$$f_{cud} = \alpha \cdot w_u \cdot f_{cd} = 0,85 \cdot 3,5 \cdot 15 = 44,63 \text{ MPa}; \quad (11.3.9.)$$

čia $\alpha = 0,85$ – koeficientas, įvertinantis ilgalaikį apkrovos poveikį, jos netinkamiausią pridėjimą;

Tiksliname pado plokštės ilgį:

$$L = \frac{|N_k|}{2 \cdot B \cdot f_{cud}} + \sqrt{\left(\frac{|N_k|}{2 \cdot B \cdot f_{cud}} \right)^2 + \frac{6 \cdot M_k}{B \cdot f_{cud}}} \quad (11.3.10.)$$

$$L = \frac{611,74 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,66 \cdot 44,63} + \sqrt{\left(\frac{611,74 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,66 \cdot 44,63} \right)^2 + \frac{6 \cdot 638,23 \cdot 10^{-3}}{0,66 \cdot 44,63}} = 0,372 \text{ m}$$

Imtas pado plokštės ilgis – tinkamas.

Skaičiuojame pado plokštės plotą ir atsparumo momentą:

$$A = A_{c0} = 0,436 \text{ m}^2; \quad (11.3.11.)$$

$$W = \frac{B \cdot L^2}{6} = \frac{0,66 \cdot 0,66^2}{6} = 47916 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \quad (11.3.12.)$$

Skaičiuojame įtempius pamato betone po pado plokšte:

$$\sigma_{c,max} = \frac{N_k}{A} + \frac{M_k}{W} = \frac{611,74 \cdot 10^{-3}}{0,436} + \frac{638,23 \cdot 10^{-3}}{47916 \cdot 10^{-6}} = 14,72 \text{ MPa} \quad (11.3.13.)$$

$$< f_{cud} = 44,63 \text{ MPa};$$

$$\sigma_{c,min} = \frac{N_k}{A} - \frac{M_k}{W} = \frac{611,74 \cdot 10^{-3}}{0,436} - \frac{638,23 \cdot 10^{-3}}{47916 \cdot 10^{-6}} = -12,36 \text{ MPa} \quad (11.3.14.)$$

Gniuždomosios zonos ilgis:

$$s = \frac{\sigma_{c,max}}{\sigma_{c,max} - \sigma_{c,min}} \cdot L = \frac{14,72}{14,72 + 12,36} \cdot 0,66 = 0,359 \text{ m} \quad (11.3.15.)$$

Nustatius plokštės matmenis, apskaičiuojamas jos storis. Šiam tikslui plokštė suskirstoma į tris atskirus ruožus, kurių rėmimosi sąlygos yra: 1 – gembinė sija, 2 – trimis kraštais paremta plokštelė, 3 – keturiais kraštais paremta plokštelė [9].

Skaičiuojame kiekvieno ruožo lenkiamuosius momentus, imant 1 cm pločio juostą, apkrautą tolygiai išskirstyta apkrova $q = \sigma_{c,max}$ [[9] 8 priedas 76 p.]:

- 1 plotas – plokštelė įtvirtinta vienu kraštu:

$$M_1 = \frac{\sigma_{c,max} \cdot c^2}{2} = \frac{14,72 \cdot 10^3 \cdot 0,09^2}{2} = 59,62 \text{ kNm/m} \quad (11.3.16.)$$

- 2 plotas – plokštelė paremta trimis kraštais:

$$M_2 = \alpha \cdot \sigma_{c,max} \cdot b_k^2 = 0,06 \cdot 14,72 \cdot 10^3 \cdot 0,38^2 = 127,53 \text{ kNm/m}; \quad (11.3.17.)$$

čia $\alpha = 0,06$ – koeficientas, nes $\frac{c_1}{b_k} = \frac{0,14}{0,38} = 0,368$ [[9] 8 priedas 3.3 lentelė].

- 3 plotas – keturiais kraštais paremta plokštelė:

$$M_3 = \alpha_1 \cdot \sigma_{3,c} \cdot a_1^2 = 0,098 \cdot 8,36 \cdot 10^3 \cdot 0,183^2 = 27,44 \text{ kNm/m}; \quad (11.3.18.)$$

čia $a_1 = 0,5 \cdot (b_k - t_w) = 0,5 \cdot (380 - 15) = 0,183 \text{ m}$;

$$\sigma_{3,c} = \frac{s - c_1 + t_f}{s} \cdot \sigma_{c,max} = \frac{0,359 - 0,14 - 0,015}{0,359} \cdot 14,72 = 8,36 \text{ MPa}; \quad (11.3.19.)$$

$\alpha_1 = 0,098$ – koeficientas, kuris, kai santykis $\frac{b_1}{a_1} = \frac{350}{183} = 1,91$ [[9] 8 priedas 3.2 lentelė],

čia $b_1 = h_k - 2 \cdot t_f = 380 - 2 \cdot 15 = 350 \text{ mm}$.

Skaičiuojame pado plokštės storį pagal didžiausią lenkimo momentą:

$$t_{pl} = \sqrt{\frac{6 \cdot M_2}{f_{y,d} \cdot \gamma_c}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 127,53 \cdot 10^{-3}}{323 \cdot 1,15}} = 45 \text{ mm}; \quad (11.3.20.)$$

čia γ_c – statinės apkrovos veikiamos atraminės plokštės, kurios storis daugiau kaip 40 mm, darbo sąlygų koeficientas [[9] 7.1 lentelė].

Priimame $t_{pl} = 45 \text{ mm}$.

Inkariniai varžtai skaičiuojami įrašų kolonos atraminiam pjūvyje, kuriame yra didžiausias lenkimo momentas.

Skaičiuojame atstumą nuo kolonos ašies iki gniuždomos zonos sunkio centro:

$$d = \frac{L}{2} - \frac{s}{3} = \frac{660}{2} - \frac{359}{3} = 0,210 \text{ m.} \quad (11.3.21.)$$

Skaičiuojame atstumą nuo pamato gniuždomosios zonos sunkio centro iki inkarinių varžtų, esančių tempiamoje pusėje ašies:

$$y = L + \delta - \frac{s}{3} = 0,66 + 0,04 - \frac{0,359}{3} = 0,580 \text{ m.} \quad (11.3.22.)$$

Suminė ašinė jėga, veikianti tempiamosios bazės pusės varžtuose:

$$N_v = \frac{M_k - |N_k| \cdot d}{y} = \frac{638,23 - 611,74 \cdot 0,210}{0,580} = 878,90 \text{ kN} \quad (11.3.23.)$$

Skaičiuojame inkarinių varžtų, iš karštai valcuoto S355 plieno, skaičiuotinį tempiamąjį stiprį:

$$f_{ba,d} = 0,5 \cdot f_u = 0,5 \cdot 490 = 245 \text{ MPa.} \quad (11.3.24.)$$

Skaičiuojame reikalingą inkarinio varžto skerspjūvio plotą:

$$A_{b,net} = \frac{N_v}{n \cdot f_{ba,d} \cdot \gamma_c} = \frac{878,90 \cdot 10^{-3}}{8 \cdot 245 \cdot 1,0} = 448 \text{ mm}^2; \quad (11.3.25.)$$

čia n – inkarinių varžtų skaičius.

Priimame 30 mm skersmens „Peikko“ inkarinius varžtus HPM L 30, kurių skerspjūvio plotas $A_{b,net} = 561 \text{ mm}^2$.

Virintinių siūlių, jungiančių bazės elementus prie pado plokštės, mažiausias galimas virintinės siūlės statinio aukštis, kai virinama prie 45 mm storio elemento, $k_{f,min} = 12 \text{ mm}$. Priimame $k_f = 12 \text{ mm}$.

Skaičiuojame virintinių siūlių metalo kerpamasis plotas:

$$A_{wf} = 2 \cdot (\beta_{wf} \cdot k_f \cdot (L - 10) + 4\beta_{wf} \cdot k_f \cdot (c_1 - 10)) \quad (11.3.26.)$$

$$A_{wf} = 2 \cdot (0,9 \cdot 0,012 \cdot (0,66 - 0,01) + 2 \cdot 0,9 \cdot 0,012 \cdot (0,14 - 0,01)) = 252,72 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2.$$

Skaičiuojami virintinių siūlių, prijungiančių bazės elementus prie pado plokštės, inercijos ir atsparumo momentai:

$$I_{wf} = 2 \cdot \left(\frac{\beta_{wf} \cdot k_f \cdot (L - 10)^3}{12} + 4 \cdot \left(\frac{\beta_{wf} \cdot k_f \cdot (c_1 - 10)^3}{12} + \beta_{wf} \cdot k_f \cdot (c_1 - 10) \cdot \left(\frac{L}{2} - \frac{c_1}{2} \right)^2 \right) \right) \quad (11.3.27.)$$

$$I_{wf} = 2 \left(\frac{0,9 \cdot 0,012 \cdot (0,66 - 0,01)^3}{12} + 4 \left(\frac{0,9 \cdot 0,012 \cdot (0,14 - 0,01)^3}{12} + 0,9 \cdot 0,012 \cdot (0,14 - 0,01) \cdot \left(\frac{0,66}{2} - \frac{0,14}{2} \right)^2 \right) \right) = 12,69 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4;$$

$$W_{pl} = \frac{I_{wf}}{0,5 \cdot L} = \frac{12,69 \cdot 10^{-4}}{0,5 \cdot 0,66} = 38,45 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3. \quad (11.3.28.)$$

Tikrinamas virintinių siūlių, jungiančių bazės elementus prie pado plokštės, atsparis:

$$\frac{1}{f_{vw,f,d} \cdot \gamma_c} \cdot \left(\frac{N_k}{A_{wf}} + \frac{M_k}{W_{wf}} \right) \quad (11.3.29.)$$

$$\frac{1}{260,74 \cdot 1,0} \cdot \left(\frac{611,74 \cdot 10^{-3}}{163,80 \cdot 10^{-4}} + \frac{638,23 \cdot 10^{-3}}{38,45 \cdot 10^{-4}} \right) = 0,780 < 1,0.$$

Kolonos bazės stiprumas – pakankamas.

12. Polinių pamatų projektavimas

12.1. Polinio pamato laikančiosios galios skaičiavimas

Skaičiuotina derinio reikšmė nuo antžeminių konstrukcijų ir galvenos poveikio:

$$G_{sum} \cdot \gamma_G + Q_{sum} \cdot \gamma_Q = (391,62 + 87,56 + 2,25 \cdot 0,6 \cdot 25) \cdot 1,35 + 73 \cdot 1,5 = 802 \text{ (kN/m)} \quad (12.1.1.)$$

Projektuojame 4 polius, todėl gautą įrašą daliname iš 4 vnt.:

$$R_{1\ pol} = R_{2\ pol} = R_{3\ pol} = R_{4\ pol} = \frac{802}{4} = 200,5 \text{ kN} \quad (12.1.2.)$$

Apskaičiuojama polinio pamato laikomoji galia, polio padui ir kamienui [20]:

$$q_{b,cal} = \alpha_p \cdot \beta \cdot s \cdot q_c = 0,6 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 2000 = 1200 \text{ kPa} \quad (12.1.3.)$$

$$q_{s,cal,1} = (0,05 \cdot 1800) = 90 \text{ kPa}$$

$$q_{s,cal,2} = (0,05 \cdot 3200) = 160 \text{ kPa}$$

$$q_{s,cal,3} = (0,01 \cdot 10300) = 103 \text{ kPa}$$

$$q_{s,cal,4} = (0,05 \cdot 2000) = 100 \text{ kPa}$$

čia: α_p – rodiklis, nurodantis polio rūšį;

β – rodiklis, įvertinantis polio pado formą (lygus paviršius);

$q_{c,i}$ – kūginis stipris, kurį gauname iš atliktų grunto tyrimų, priklausantis nuo grunto tipo;

s – rodiklis, nurodantis poliaus pado formą, priklausantis nuo grunto byrėjimo kampo[20]:

$$s = \frac{\left(1 + \frac{\sin\varphi'}{L/B}\right)}{(1 + \sin\varphi')} = \frac{\left(1 + \frac{\sin 23^\circ}{1}\right)}{(1 + \sin 23^\circ)} = 1 \quad (12.1.4.)$$

Charakteristinis grunto stipris po padu ir ties polio kamienu [20]:

$$q_{b,k} = \frac{q_{b,cal}}{\xi_3} = \frac{1200}{1,26} = 952,38 \text{ kPa} \quad (12.1.5.)$$

$$q_{s,k,1} = \frac{q_{s,cal,1}}{\xi_3} = \frac{90}{1,26} = 71,43 \text{ kPa}$$

$$q_{s,k,2} = \frac{q_{s,cal,2}}{\xi_3} = \frac{160}{1,26} = 126,98 \text{ kPa}$$

$$q_{s,k,3} = \frac{q_{s,cal,3}}{\xi_3} = \frac{103}{1,26} = 81,74 \text{ kPa}$$

$$q_{s,k,4} = \frac{q_{s,cal,4}}{\xi_3} = \frac{100}{1,26} = 79,36 \text{ kPa}$$

čia: ξ_3 – koreliacijos koeficientas lygus 1,26, nes sklype buvo 6 zondavimo vietos [20].

Gręžtinio polio Ø300 laikančiosios galios charakteristinės vertės [20]:

$$R_{b,k} = A_b \cdot q_{b,k} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot q_{b,k} = \frac{3,14 \cdot 0,3^2}{4} \cdot 952,38 = 67,29 \text{ kN} \quad (12.1.6.)$$

$$R_{s,k} = \sum (A_{s,i} \cdot q_{s,k,i}) = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h \cdot q_{s,k} = 2 \cdot \pi \cdot 0,15 \cdot 2,7 \cdot 360 = 211,58 \text{ kN} \quad (12.1.7.)$$

Gręžtinio polio Ø300 laikančios galios skaičiuotinės vertės [20]:

$$R_{b,d} = \frac{R_{b,k}}{\gamma_b} = \frac{67,29}{1,1} = 61,17 \text{ kN} \quad R_{s,d} = \frac{R_{s,k}}{\gamma_s} = \frac{211,58}{1,1} = 192,35 \text{ kN} \quad (12.1.8.)$$

čia: γ_b, γ_s – daliniai koeficientai [20]

Skaičiuotinė laikomoji galia:

$$R_{c,d} = R_{b,d} + R_{s,d} = 61,17 + 192,35 = 253,52 \text{ kN} > R_{1p} = 200,05 \text{ kN} \quad (12.1.9.)$$

12.2. Gręžtinio polio armavimas

Įrengus polius, galima 0,1 m paklaida, todėl gauname momentą:

$$M_d = N \cdot 0,1 = 200,05 \cdot 0,1 = 20,05 \text{ kNm} < M = 38,12 \text{ kNm} \quad (12.2.1.)$$

Armatūros skersmuo $d_a = 16 \text{ mm}$, o bendras armatūros plotas ($n=8$) $A_{s,tot} = 1608 \text{ mm}^2$

Priimame santykinį gniuždomos zonos aukštį $\xi = 0,387$ [21]:

$$\xi_s = \frac{\cos^{-1}\left(\frac{r_2}{r_s} \cos \pi \cdot \xi\right)}{\pi} = \frac{\cos^{-1}\left(\frac{0,15}{0,10} \cos \pi \cdot 0,387\right)}{\pi} = 0,2755 \quad (12.2.2.)$$

čia: r_s – atstumas nuo skerspjūvio krašto iki armatūros centro [21]:

$$r_s = \frac{d_p}{2} - a = \frac{0,3}{2} - 0,05 = 0,100 \text{ m} \quad (12.2.3.)$$

r_2 – polio apskritimo spindulys [21]:

$$r_2 = \frac{d_p}{2} = \frac{0,3}{2} = 0,15 \text{ m} \quad (12.2.4.)$$

$$\xi = \frac{0,4 \cdot f_{cd} \cdot A + f_{yd} \cdot A_{s,tot} + N}{1,8 \cdot f_{cd} \cdot A + k \cdot (f_{yd} + f_{sc,d}) \cdot A_{s,tot}} \quad (12.2.5.)$$

$$\xi = \frac{0,4 \cdot 15 \cdot 70650 + 434,783 \cdot 1608 + 200,05}{1,8 \cdot 15 \cdot 70650 + 0,711 \cdot (434,78 + 434,78) \cdot 1608} = 0,387$$

čia: A – polio skerspjūvio plotas:

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 300^2}{4} = 70650 \text{ mm}^2 = 0,0707 \text{ m}^2 \quad (12.2.6.)$$

Lenkimo momentas, kurį atlaiko polis [21]:

$$\begin{aligned}
M &= \frac{2}{3} \cdot (f_{cd} \cdot r_2^3 \cdot \sin^3 \pi \cdot \xi) + (f_{yd} + f_{sc,d}) \cdot A_{s,tot} \cdot r_s \cdot \frac{\sin \pi \cdot \xi}{\pi} \\
&= \frac{2}{3} \cdot (15 \cdot 0,15^3 \cdot \sin^3 \pi \cdot 0,387) + (434,783 + 434,783) \\
&\quad \cdot 70650 \cdot 0,08 \cdot \frac{\sin \pi \cdot 0,387}{\pi} = 38,12 \text{ kNm}
\end{aligned} \tag{12.2.7.}$$

12.3. Nuosėdžio skaičiavimas

Suminis pamato nuosėdis [20]:

$$s = \frac{p \cdot B \cdot f}{E_m} = \frac{2,83 \cdot 0,3 \cdot 0,75}{22,0} = 0,029 \text{ m} < 0,03 \text{ m} \tag{12.3.1.}$$

$$\text{Nuosėdžio koeficientas [20]: } f = 0,75 \cdot \left(1 + \log \frac{L}{B}\right) = 0,75 \tag{12.3.2.}$$

$$\text{Slėgio pasiskirstymas pamato pade: } p = \frac{N}{A} = \frac{200,05}{0,0707} = 2,83 \text{ MPa} \tag{12.3.3.}$$

12.4. Galvenos projektavimas

Priimami galvenos matmenys: 1,5 x 1,5 x 0,6 m.

Didžiausias pamatą veikiantis lenkimo momentas:

$$M_{Ed} = q_2 \cdot \frac{B}{2} \cdot \frac{B}{4} = 504,26 \cdot \frac{1,5}{2} \cdot \frac{1,5}{4} = 141,82 \text{ kNm} \tag{12.4.1.}$$

$$q_2 = q_1 \cdot L = 336,17 \cdot 1,5 = 504,26 \text{ kN/m} \tag{12.4.2.}$$

Čia q_1 – reaktyvusis slėgis, veikiantis pamatą ($q_1 = \frac{756,39}{A} = \frac{756,39}{1,5 \cdot 1,5} = 336,17 \text{ kN/m}^2$)

Pamatas projektuojamas iš C25/30 klasės betono ir S500 klasės armatūros.

Apatinio tinklo parinkimas

Apskaičiuojame reikiamą armatūros skerspjūvio plotą [22]:

$$A_{s11} = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot x_{eff}}{f_{yd}} = \frac{1 \cdot 15 \cdot 10^6 \cdot 1,5 \cdot 0,012}{450 \cdot 10^6} = 6,00 \text{ cm}^2 \tag{12.4.3.}$$

x – elemento skerspjūvio gniuždomos zonos aukštis [22]:

$$x_{eff} = \xi_{eff} \cdot d = 0,021 \cdot 0,55 = 0,012 \text{ m} = 1,20 \text{ cm} \tag{12.4.4.}$$

d – skerspjūvio naudingasis aukštis [22]:

$$d = h - a = 0,6 - 0,05 = 0,55 \text{ m} \tag{12.4.5.}$$

čia: h – galvenos aukštis

a – apsauginis betono sluoksnis

ξ_{eff} – santykinis gniuždomos zonos aukštis:

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_{Eds}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,021} = 0,021 < \xi_{lim} = 0,587 \tag{12.4.6.}$$

čia:

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Ed}}{\eta \cdot f_{cd} \cdot d^2 \cdot b} = \frac{141,82 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 15 \cdot 0,55^2 \cdot 1,5} = 0,021 \quad (12.4.7.)$$

Elementui armuoti parenkama 7 Ø 12 mm armatūros strypus. Armatūros kiekis parenkamas priėmus armatūros žingsnį s=220 mm. Tuomet reikiamas vieno strypo plotas:

$$A_s = 9,04 \text{ cm}^2 > A_{s1} = 6,00 \text{ cm}^2 .$$

Viršutinio tinklo parinkimas

Viršutinis strypų tinklas 16x Ø 8 mm parenkamas pagal „Peikko“ inkarinių varžtų montavimo reikalavimus: $A_{s2} = 9,02 \text{ cm}^2$

Praspaudimo tikrinimas

$$v_{Ed} = 505,03 \text{ kPa} < v_{Rd,max} = 4050 \text{ kPa}$$

Maksimalūs kirpimo įtempiai:

$$v_{Ed} = \beta \frac{v_{Ed}}{u_i \cdot d_1} = 1,342 \cdot \frac{756,39}{6,07 \cdot 0,544} = 505,03 \text{ kPa} \quad (12.4.9.)$$

d_1 – plokštės naudingasis aukštis [22]:

$$d_1 = h - a_{11} - \frac{\phi}{2} = 0,6 - 0,05 - \frac{0,012}{2} = 0,544 \text{ m}$$

u_i – nagrinėjamojo kerpamojo pjūvio perimetro ilgis [22]:

$$u_1 = \pi \cdot (d_p + 3d_1) = 3,14 \cdot (0,3 + 3 \cdot 0,544) = 6,07 \text{ m}$$

β – koeficientas, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\beta = 1 + 0,6 \cdot \pi \frac{e}{D + 4d} = 1 + 0,6 \cdot 3,14 \frac{1,5 \cdot 0,3}{0,3 + 4 \cdot 0,544} = 1,342$$

$$v_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,5 \cdot 0,54 \cdot 15 \cdot 10^3 = 4050 \text{ kPa} \quad (12.4.10.)$$

Čia f_{cd} – skaičiuotinis betono stipris gniuždant ($f_{cd} = 15 \text{ MPa}$);

v – koeficientas, skaičiuojamas pagal formulę [22]:

$$v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{25}{250}\right) = 0,54$$

13. Darbo sauga ir aplinkosauga

Atliekų šalinimas

Pastato eksploataavimo metu atliekos yra rūšiuojamos konteneriuose, kurie yra pastatomi lengvai prieinamose ir aptarnaujančiam transportui privažiuojamose vietose. Rūšiuojamos atliekos vežamos perdirbimui, o buitinės į vietinį atliekų sąvartyną, pagal nustatytas miesto sąlygas. Atliekų išvežimu besirūpinanti įmonė yra atsakinga už atliekų išvežimo grafiką.

Buitinių nuotekų tinklai yra prijungiami prie miesto tinklų ir projektuojami remiantis normatyviniais dokumentais. Tinklai projektuojami su nuolydžiais, o vamzdžių diametras parenkamas pagal išduodamas prisijungimo sąlygas prie miesto tinklų.

Oro mikroklimatas

Tinkamai oro kokybei palaikyti yra naudojama kombinuota vėdinimo sistema: mechaninis bei natūralus vėdinimas. Kadangi patalpose yra galimas didelis žmonių srautas, tai turi būti atskirai projektuojamos ir parenkamos vėdinimo sistemų charakteristikos, užtikrinančios saugų patalpų oro mikroklimatą.

Gaisrinė sauga

Statinys turi būti suprojektuotas ir pastatytas taip, kad įvykus gaisrui, jis kuo ilgesnį laiką nekaltų žmogaus gyvybei pavojaus. Todėl turi būti įvykdyti tokie keliami reikalavimai:

- statinio laikančiosios konstrukcijos tam tikrą laiką išlaikytų apkrovas;
- būtų ribojamas ugnies bei dūmų plitimas statinyje (numatomos uždaros laiptinės);
- būtų ribojamas gaisro plitimas į gretimus statinius (išlaikomas saugus atstumas tarp statinių);
- žmonės galėtų saugiai išeiti iš statinio ar būtų galima juos gelbėti kitomis priemonėmis (suprojektuojamas pakankamas išėjimų skaičius iš pastato, kad susidarytų kuo mažesnės spūstys gaisro metu);
- pradėtų veikti gaisrinės saugos bei gaisro aptikimo, gesinimo sistemos (įrengiami dūmų detektoriai);
- ugniagesiai gelbėtojai galėtų saugiai dirbti (užtikrinamos sąlygos sklype, saugiam gaisrininkų privažiavimui prie pastato). [23]

Apšvietimas

Darbo patalpų, kuriose nuolat dirbama, kiek įmanoma, turi būti užtikrintas natūralus apšvietimas, atitinkantis darbuotojų bei lankytojų saugos ir sveikatos reikalavimus. Visame pastate naudojamas mišrus apšvietimas. [24]

Apsauga nuo triukšmo

Naujai pastatyti, įvairios paskirties statinių ar jų dalių (pramogų, aptarnavimo, paslaugų bei kitos ūkinės veiklos) į aplinką skleidžiamas triukšmas neturi bloginti šalia esančių pastatų vidaus ir išorės aplinkos garso klasių rodiklių [[25] 7 punktas].

Šildymas

Kadangi dalis pastato yra nešildoma ir eksploatuojama tik šiltuoju metų laikotarpiu, tai šiai daliai reikalavimai nėra numatomi. Kitą pastato dalį numatoma prijungti prie miesto šilumos tinklų.

Vandens tiekimas

Projektuojamo pastato vandentiekio sistema įrengiama pagal normatyvinių dokumentų, įstatymų reikalavimus bei išduodamas savivaldybės sąlygas. Sistema turi būti suprojektuota ir įrengiama iš tokių statybos produktų, kurių savybės užtikrintų pagrindinius vandentiekio sistemos reikalavimus ir atitiktų CE ženklinimą. Pastatas yra jungiamas prie esamų miesto vandentiekio tinklų.

Darbo sauga

Pagrindiniai teisės aktai, nustatantys statinių statybos dalyvių darbų saugos principus, yra Statybos Įstatymas, statybos techniniai reglamentai bei Darbuotojų saugos ir sveikatos Įstatymas.

Privalomos saugos priemonės statybvietyje:

- Numatomos pavojingos zonos, kuriose yra tikimybė važiuojančiam transportui ar keliamiems statybos produktams sukelti pavojų darbininkų gyvybei.
- Šios zonos turi būti aptvertos apsaugine tvora ir pažymėtos apsauginiais ženklais. Taip pat griežtai ribojamas ir prižiūrimas pašalinių asmenų patekimas į statybos aikštelę.
- Visi asmenys, esantys statybvietyje, privalo dėvėti apsauginius šalumus ir ryškias liemenes.
- Montuotojams draudžiama pereiti nuo vienos konstrukcijos ant kitos be tam skirtų kopėčių, perėjimo tiltelių ar lipynių su apivariais. Draudžiama montuotojams vaikščioti konstrukcijomis ir jų elementais (santvaromis, sijomis ir kt.) ant kurių nėra galimybės įrengti reikiamo pločio perėjimo su aptvarais, be specialių apsauginių įtaisų.
- Po pakeltais montuojamų konstrukcijų elementais ar įrenginiais žmonėms stovėti ir dirbti draudžiama.
- Pertraukų darbe metu draudžiama palikti pakeltus kabančius ant krano kablio krovinius.
- Nuolatinės ar laikinos darbuotojų buvimo vietos (gamybinės buities patalpos, poilsio vietos, žmonių praėjimai) turi būti už pavojingų zonų ribų. [26]

Išvados

1. Tiriamojoje dalyje pirmuoju atveju stogo laikančiąjai konstrukcijai buvo suprojektuotas medinis kupolas 42,32 x 25,32 x 8,90 m, kurio klijuotos medienos tūris 39,71 m³ ir metalinių elementų masė 3749 kg. Lyginant su kitais variantais, medinio kupolo privalumas yra mažas konstruktyvo svoris ir minimalus mazgų kiekis, kuris įtakoja konstrukcijos vientisumą. Šios konstrukcijos vienas pagrindinių trūkumų yra sudėtingas transportavimas, kurį sukelia masyvūs vientisų konstrukcijų gabaritai.
2. Antruoju atveju buvo suprojektuotas metalinis-santvarinis kupolas 42,32 x 25,32 x 8,90 m, kurio elementų masė 64621 kg. Lyginant su kitomis konstrukcijomis, metalinio – santvarinio kupolo privalumas yra nesudėtingas montavimas, pritaikant tipinių santvarų montavimo ypatumus. Tačiau santvaroms sunaudojamas gausus medžiagų kiekis, dėl masyvių spyrių, kurie įtakoja juostų profilių parinkimą.
3. Trečiuoju atveju buvo suprojektuotas metalinis kupolas 42,32 x 25,32 x 8,90 m, kurio elementų masė 40374 kg. Lyginant su kitomis konstrukcijomis, metalinio kupolo privalumas yra nesudėtingas konstrukcijos transportavimas, kurį įtakoja didelis motažinių jungčių kiekis. Architektūriniu požiūriu šios konstrukcijos trūkumas yra tas, kad sudėtinga išgauti lenktą, vientisą kupolo formą.
4. Ekonominiu požiūriu medinė kupolinė stogo konstrukcija yra pigesnė 19,08% už trečiąjį variantą ir 41,17% už antrąjį, tačiau jos montavimo darbų ir naudojamų mechanizmų sąnaudos yra brangiausios, todėl galima teigti, jog tokio tipo konstrukcijų kainą lemiantis pagrindinis faktorius yra medžiagų kiekis.
5. Ekonomiškiausiajam variantui suprojektuota kompozitinė kolona, kuri sudaryta iš plieninio vamzdžio 380x15 mm užpildyto gelžbetoniu, išilginės armatūros kiekis 6 x Ø25 mm.
6. Suprojektuotas polinių pamatų blokas, kurį sudaro galvena 1500x1500x600 mm ir 4 poliai Ø300.

Literatūros sąrašas

- 1) Statybos Techninis Reglamentas 1.01.08:2002 "Statinio statybos rūšys" 2002-12-05, Nr.622.
- 2) Statybos Techninis Reglamentas 1.04.04:2017 "Statinio projektavimas, projekto ekspertizė" 2016-11-07, Nr.D1-738.
- 3) Perdangos plokščių asortimentas – [žiūrėta: 2016-03-22]. Prieiga per internetą: <https://www.betonika.lt/lt/gaminiai-ir-paslaugos/gaminiai/perdangos-plokstes>.
- 4) Statybos Techninis Reglamentas 2.05.04:2003 „Poveikiai ir apkrovos“; 2003-05-15, Nr.233.
- 5) Stiklinių vitrinų asortimentas – [žiūrėta: 2016-03-24]. Prieiga per internetą: http://www.yourglass.com/agc-glass-europe/gb/en/solar_control_glass/stopray/brand_description.html.
- 6) Statybos Techninis Reglamentas 2.05.07:2005 „Medinių konstrukcijų projektavimas“ 2005-02-10, Nr. D1-79.
- 7) VALENTINAVIČIUS Algirdas, VALIŪNAS Balys. Medinės konstrukcijos, Vilnius: ENCIKLOPEDIJA, 1999, 224 p. ISBN 9986-433-20-7.
- 8) CROCKETTI ROBERTO „Large-Span Timber Structures“ Division of Structural Engineering, Lund University, Sweden, 2016
- 9) Statybos Techninis Reglamentas 2.05.08:2005 „Plieninių konstrukcijų projektavimas“ 2005-02-18, Nr. D1-101.
- 10) GAJAUSKAS Julius. Pastatų konstruktoriaus ir statybininko žinynas“ Kaunas: Naujasis lankas, 2009. 1520 p. ISBN 978-9955-03-565-7.
- 11) Metalų žinynas – [žiūrėta: 2016-05-10]. Prieiga per internetą: <http://www.visi-metalai.lt/lt/metalu-zinynas> .
- 12) KURRER Karl-Eugen, LORENZ Werner and ect. Proceedings of the Third International Congress on Construction History. – The architecture and mechanics of ellipical domes, Berlyn, 2009. ISBN 3936033315.
- 13) Statybos taisyklės. 121895674.205.01.05:2012 „Medinių surenkamų konstrukcijų įrengimo darbai“ Vilnius, 2012.
- 14) ZAVADSKAS E. K., MALINAUSKAS P. ir kt. „Statybos procesų technologija“. Vilnius: Technika, 2008. 576 p. ISBN 978-9955-28-231-0.

- 15) LIEW J. Y. Richard, XIONG M. X. Design Guide for Concrete Filled Tubular Members with High Strength Materials - An Extension of Eurocode 4 Method to C90/105 Concrete and S550 Steel. India, 2015. ISBN 978-981-09-3267-1.
- 16) EN 1994-1-1:2004(E), Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings, 2004.
- 17) BZDAWKA Karol. Composite column – Calculation examples. Tempere University of Technology, 2010. ISBN 978-952-15-2803-3.
- 18) EN 1993-1-1:2005(E), Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings, 2005.
- 19) Statybos techninis reglamentas 2.05.05:2005 „Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“ 2005-01-26, Nr. D1-44.
- 20) EN 1997-1:2004(E) Eurocode 7: Geotechnical design – Part 1: General rules, 2004.
- 21) VADLŪGA R., „Strength analysis of reinforced concrete columns of circular cross – section“ Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius.
- 22) EN 1992-1-1:2004(E), Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings, 2004.
- 23) Statybos Techninis Reglamentas 2.01.01(2):1999 „Esminiai statinio reikalavimai. Gairinė sauga“. Valstybės žinios 2000-02-25, Nr. 17-424.
- 24) Higienos normos HN 98 : 2014 “Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvietos ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai” 2000-05-24, Nr. 227.
- 25) Statybos Techninis Reglamentas 2.01.07:2003 „Pastatų vidaus ir išorės aplinkos apsauga nuo triukšmo“ 2003-07-17, Nr. 387.
- 26) Saugos ir sveikatos taisyklės statyboje DT 5-00. 2000-12-22, Nr. 346.

Priedai

LOKALINĖ ŠAMATA

Sudaryta pagal 2016.3 kainas

ŠAMATA

Statinių grupė K001 Visuomeninis pastatas

Statinsys O1 Parodų rūmai

Žiniaraštis S1 I variantas

2016.11.09

Suma žiniaraščiui

278876,60

Lapas 1

Sąm. eil.	Darbo, resursų pavadinimas	Mato vienetas	Norma	Kiekis	Kaina EUR	Iš viso EUR
1	N10P-0301-4	vnt.		31,00		
	Medinių santvarų ir arkų, surenkamų iš segmentų, montavimas kai tarpatramis daugiau 24m K1=1.05, K2=1.05					
	10380 Darbo jėga su vidutine kategorija 3.80	žm.val.	37,8	1501,038	13,64	20474,16
	261196 Medinės santvaros, arkos	m3	1,0	39,71	1164,0	46222,44
	534021 Neapipjautos lentos 40mm st. ir daugiau (4rūš.)	m3	0,11	4,3681	514,47	2247,26
	534028 Pusrąščiai (spygl., 4 rūš.)	m3	0,06	2,3826	514,47	1225,78
	120052 Tvirtinimo varžtai (statybiniai)	kg	23,1	917,301	6,59	6045,01
	489131 Kranas	maš.val	4,41	175,1211	61,01	10684,14
	489244 Smulkūs mechanizmai su el. varikliu	maš.val	6,825	271,02075	1,48	401,11
	N10P-0301-4 Darbo užm. 20474,16 Medžiagos 55740,49 Mechanizmai 11085,25 Iš viso 87299,89					
2	N10P-1103-2	100m2		21,27		
	Medinių konstrukcijų padengimas ugniai atspariais dažais kai konstrukcijos plotis daugiau 250mm K1=1.15, K2=1.15, K8=1.17					
	10400 Darbo jėga su vidutine kategorija 4.00	žm.val.	18,17	386,4759	16,4	6339,52
	230417 Ugniai atsparūs dažai (medinėms konstrukcijoms)	kg	35,0	744,45	28,45	21179,6
	230418 Ugniai atsparus lakas (medinėms konstrukcijoms)	kg	6,0	127,62	35,46	4525,41
	230416 Ugniai atsparus gruntas (medinėms konstrukcijoms)	kg	10,0	212,7	9,96	2118,49
	489244 Smulkūs mechanizmai su el. varikliu	maš.val	8,97	190,7919	1,48	282,37
	N10P-1103-2 Darbo užm. 6339,52 Medžiagos 27823,5 Mechanizmai 282,37 Iš viso 34445,39					
3	N9-313	t		10,28		
	Ryšių ir spyrių iš pavielių profilių iki 50 kg masės montavimas, kai pastato aukštis iki 20 m					
	10440 Darbo jėga su vidutine kategorija 4.40	žm.val.	24,0	246,72	14,4	3552,77
	260012 Metalinės konstrukcijos	t	1,0	10,28	4288,07	44081,36
	120051 Tvirtinimo varžtai (įvairūs)	kg	12,8	131,584	6,59	867,14
	520392 Pagalbinės plieninės montažinės konstrukcijos	t	0,0002	0,00206	4288,07	8,82

	489051	Kranas ant automob. važiuoklės 16 t keliam. galios		maš.val	2,5	25,7	79,0	2030,3
	489244	Smulkūs mechanizmai su el. varikliu		maš.val	2,4	24,672	1,48	36,51
N9-313	Darbo užm.	3552,77	Medžiagos	44957,31	Mechanizmai	2066,81	Iš viso	50576,9
4	N13-183			t		10,28		
		Lengvo tipo metalinių konstrukcijų nuvalymas						
	10200	Darbo jėga su vidutine kat. 2.00		žm.val.	3,5	35,98	10,46	376,35
	810042	Skudurai		kg	0,04	0,4112	1,2	0,493
N13-183	Darbo užm.	376,35	Medžiagos		Mechanizmai		Iš viso	376,35
5	N13-177			t		10,28		
		Lengvo tipo metalinių konstrukcijų dažymas aliejiniiais dažais du kartus						
	10400	Darbo jėga su vidutine kat. 4.00		žm.val.	8,0	82,24	14,02	1153,0
	230105	Tirštai trinti dažai (geležies raudė)		kg	8,1	83,268	4,42	368,04
	230114	Pokostas oksolis		kg	2,4	24,672	6,96	171,72
N13-177	Darbo užm.	1153,0	Medžiagos	539,76	Mechanizmai		Iš viso	1692,77
Viso žiniaraštyje	Darbo užm.	31895,8	Medžiagos	129061,06	Mechanizmai	13434,43	Iš viso	174391,3
		Papildomų medžiagų vertė 3,00%				3871,83		3871,83
		Papildomų mechanizmų vertė 3,00%					403,03	403,03
		Kiti darbo užmokesčio priskaitymai 8,00%			2551,66			2551,66
		Iš viso			34447,46	132932,89	13837,46	181217,82
		Soc. Draudimas 31,00%			10678,71			10678,71
		Iš viso			45126,17	132932,89	13837,46	191896,53
		Statybvietės išlaidos 9,00%			4061,36	11963,96	1245,37	17270,69
		Iš viso (tiesioginės išlaidos)			49187,53	144896,85	15082,83	209167,22
		Pridėtinės išlaidos 30,00%			10334,24			10334,24
		Iš viso			59521,77	144896,85	15082,83	219501,46
		Pelnas 5,00%			2976,09	7244,84	754,14	10975,07
		Iš viso (su netiesioginėmis išlaidomis)			62497,86	152141,69	15836,97	230476,53
		PVM 21,00%			13124,55	31949,75	3325,76	48400,07
		Iš viso			75622,41	184091,44	19162,73	278876,6

Sudarė:

A. Petkevičiūtė

LOKALINĖ SĄMATA

Sudaryta pagal 2016.3 kainas

SĄMATA

Statinių grupė **K001 Visuomeninis pastatas**
 Statinys **O1 Stogo laikančiosios konstrukcijos**
 Žiniaraštis **S2 II variantas**

2016.11.09

Suma žiniaraščiui

474037,10

Sąm. eil.	Darbo, resursų pavadinimas			Mato vienetas	Norma	Kiekis	Kaina EUR	Iš viso EUR	
1	N9P-0102-7			t		64,621			
	Metalinių gegnių ir pogežnių santvarų montavimas kai anga iki 24m, santvarų masė daugiau 5,0t K8=1.09								
	10450	Darbo jėga su vidutine kategorija 4.50		žm.val.	9,9	639,7479	15,81	10111,22	
	520003	Plieninės statybinės konstrukcijos		t	1,0	64,621	4288,07	277099,37	
	534001	Rąstai 14-24cm st. (spygl., 3 rūš.)		m3	0,011	0,71083	242,59	172,44	
	120038	Suvirinimo elektrodai		kg	3,0	193,863	6,79	1316,33	
	120051	Tvirtinimo varžtai (įvairūs)		kg	5,0	323,105	6,59	2129,26	
	520349	Pagalbinės plieninės montažinės konstrukcijos		kg	1,0	64,621	4,29	277,22	
	380004	Suvirinimo transformatorius		maš.val	3,6	232,6356	9,01	2096,05	
	489034	Kranas ant automob. važiuoklės keliam.galios iki 10 t		maš.val	0,5	32,3105	61,01	1971,26	
	489051	Kranas ant automob. važiuoklės 16 t keliam.galios		maš.val	0,5	32,3105	79,0	2552,53	
	N9P-0102-7	Darbo užm.	10111,22	Medžiagos	280994,63	Mechanizmai	6619,84	Iš viso	297725,68
2	N9-313			t		2,61			
	Ryšų ir spyrių iš pavienių profilių iki 50 kg masės montavimas, kai pastato aukštis iki 20 m								
	10440	Darbo jėga su vidutine kategorija 4.40		žm.val.	38,0	99,18	14,4	1428,19	
	260012	Metalinės konstrukcijos		t	1,0	2,61	4288,07	11191,86	
	120051	Tvirtinimo varžtai (įvairūs)		kg	25,6	66,816	6,59	440,32	
	520392	Pagalbinės plieninės montažinės konstrukcijos		t	0,0002	0,00052	4288,07	2,24	
	489051	Kranas ant automob. važiuoklės 16 t keliam.galios		maš.val	0,5	1,305	79,0	103,1	
	489244	Smulkūs mechanizmai su el. varikliu		maš.val	4,6	12,006	1,48	17,77	
	N9-313	Darbo užm.	1428,19	Medžiagos	11634,42	Mechanizmai	120,86	Iš viso	13183,47
3	N13-183			t		67,23			
	Lengvo tipo metalinių konstrukcijų nuvalymas								
	10200	Darbo jėga su vidutine kat. 2.00		žm.val.	3,5	235,305	10,46	2461,29	
	810042	Skudurai		kg	0,04	2,6892	0,37	0,99	

N13-183	Darbo užm.	2461,29	Medžiagos	0,99	Mechanizmai		Iš viso	2462,28
4	N13-178			t			67,23	
	Lengvo tipo metalinių konstrukcijų dažymas aliejiniais dažais vieną kartą							
	10400	Darbo jėga su vidutine kat. 4.00		žm.val.	4,7	315,981	14,02	4430,05
	230105	Tirštai trinti dažai (geležies raudė)		kg	6,1	410,103	4,42	1812,66
	230114	Pokostas oksolis		kg	1,1	73,953	6,96	514,71
N13-178	Darbo užm.	4430,05	Medžiagos	2327,37	Mechanizmai		Iš viso	6757,42
Viso žiniaraštyje	Darbo užm.	18430,75	Medžiagos	294957,41	Mechanizmai	6740,7	Iš viso	320128,85
						8848,72		8848,72
							202,22	202,22
					1474,46			1474,46
	Iš viso				19905,21	303806,13	6942,92	330654,25
	Soc. Draudimas 31,00%				6170,62			6170,62
	Iš viso				26075,83	303806,13	6942,92	336824,87
	Statybvietės išlaidos 9,00%				2346,82	27342,55	624,86	30314,24
	Iš viso (tiesioginės išlaidos)				28422,65	331148,68	7567,78	367139,11
	Pridėtinės išlaidos 30,00%				5971,56			5971,56
	Iš viso				34394,21	331148,68	7567,78	373110,67
	Pelnas 5,00%				1719,71	16557,43	378,39	18655,53
	Iš viso (su netiesioginėmis išlaidomis)				36113,92	347706,11	7946,17	391766,2
	PVM 21,00%				7583,92	73018,28	1668,7	82270,9
	Iš viso				43697,84	420724,39	9614,87	474037,1

Sudarė:

A. Petkevičiūtė

LOKALINĖ ŠAMATA

Sudaryta pagal 2016.3 kainas

ŠAMATA

Statinių grupė **K001** **Visuomeninis pastatas**

Statiny **O1** **Stogo laikančiosios konstrukcijos**

Žiniaraštis **S3** **III variantas**

2016.11.09

Suma žiniaraščiui

384410,67

Lapas 1

Sąm. eil.	Darbo, resursų pavadinimas			Mato vienetas	Norma	Kiekis	Kaina EUR	Iš viso EUR	
1	N9P-0203-1			t		40,374			
	Lengvų konstrukcijų pastatų metalinių arkinių karkasų montavimas K8=1.02								
	10450	Darbo jėga su vidutine kategorija 4.50		žm.val.	31,0	1251,594	14,79	18511,08	
	120051	Tvirtinimo varžtai (įvairūs)		kg	2,0	80,748	6,59	532,13	
	520003	Plieninės statybinės konstrukcijos		t	1,0	40,374	4288,07	173126,54	
	120038	Suvirinimo elektrodai		kg	1,0	40,374	6,79	274,14	
	534001	Rąstai 14-24cm st. (spygl., 3 rūš.)		m3	0,01	0,40374	242,59	97,94	
	520349	Pagalbinės plieninės montažinės konstrukcijos		kg	10,0	403,74	4,29	1732,04	
	489043	Kranas ant vikšrinės važiuoklės 40 t keliamosios galios		maš.val	2,8	113,0472	88,01	9949,28	
	380004	Suvirinimo transformatorius		maš.val	2,0	80,748	9,01	727,54	
	N9P-0203-1	Darbo užm.	18511,08	Medžiagos	175762,79	Mechanizmai	10676,82	Iš viso	204950,69
2	N9-313			t		7,87			
	Ryšių ir spyrių iš paviųjų profilių iki 50 kg masės montavimas, kai pastato aukštis iki 20 m								
	10440	Darbo jėga su vidutine kategorija 4.40		žm.val.	38,0	299,06	14,4	4306,46	
	260012	Metalinės konstrukcijos		t	1,0	7,87	4288,07	33747,11	
	120051	Tvirtinimo varžtai (įvairūs)		kg	25,6	201,472	6,59	1327,7	
	520392	Pagalbinės plieninės montažinės konstrukcijos		t	0,0002	0,00157	4288,07	6,75	
	489051	Kranas ant automob. važiuoklės 16 t keliam. galios		maš.val	0,5	3,935	79,0	310,87	
	489244	Smulkūs mechanizmai su el. varikliu		maš.val	4,6	36,202	1,48	53,58	
	N9-313	Darbo užm.	4306,46	Medžiagos	35081,56	Mechanizmai	364,44	Iš viso	39752,47
3	N13-183			t		47,24			
	Lengvo tipo metalinių konstrukcijų nuvalymas								
	10200	Darbo jėga su vidutine kat. 2.00		žm.val.	3,5	165,34	10,46	1729,46	
	810042	Skudurai		kg	0,04	1,8896	1,2	2,27	
	N13-183	Darbo užm.	1729,46	Medžiagos	2,27	Mechanizmai		Iš viso	1731,72
4	N13-178			t		47,24			
	Lengvo tipo metalinių konstrukcijų dažymas aliejiniais dažais vieną kartą								

10400	Darbo jėga su vidutine kat. 4.00		žm.val.	4,7	222,028	14,02	3112,83
230105	Tirštai trinti dažai (geležies raudė)		kg	6,1	288,164	4,42	1273,68
230114	Pokostas oksolis		kg	1,1	51,964	6,96	361,67
N13-178	Darbo užm.	3112,83	Medžiagos	1635,35	Mechanizmai		Iš viso 4748,19
Viso žiniaraštyje	Darbo užm.	27659,83	Medžiagos	212481,97	Mechanizmai	11041,26	Iš viso 251183,07
	Papildomų medžiagų vertė 3,00%				6374,46		6374,46
	Papildomų mechanizmų vertė 3,00%					331,24	331,24
	Kiti darbo užmokesčio priskaitymai 8,00%			2212,79			2212,79
	Iš viso			29872,62	218856,43	11372,5	260101,56
	Soc. Draudimas 31,00%			9260,51			9260,51
	Iš viso			39133,13	218856,43	11372,5	269362,07
	Statybvietės išlaidos 9,00%			3521,98	19697,08	1023,53	24242,59
	Iš viso (tiesioginės išlaidos)			42655,11	238553,51	12396,03	293604,66
	Pridėtinės išlaidos 30,00%			8961,79			8961,79
	Iš viso			51616,9	238553,51	12396,03	302566,45
	Pelnas 5,00%			2580,85	11927,68	619,8	15128,32
	Iš viso (su netiesioginėmis išlaidomis)			54197,75	250481,19	13015,83	317694,77
	PVM 21,00%			11381,53	52601,05	2733,32	66715,9
	Iš viso			65579,28	303082,24	15749,15	384410,67

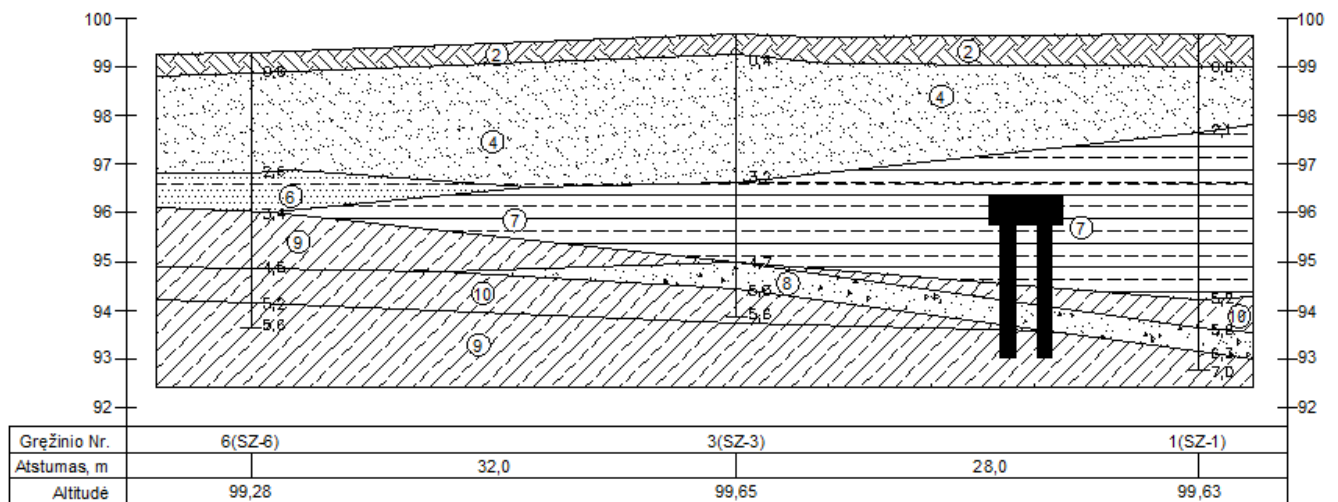
Sudarė:

A. Petkevičiūtė

Gruntų geologinės sąlygos

4.1. lentelė. Gruntų rodiklių vidutinės reikšmės

Inžin. geol. elem. Nr.	Grunto pavadinimas	Konsistencija arba tankumas	Skaičiuojamieji rodikliai					Dalel. tank. ρ_s , g/cm ³	Kūginis stipris q_c , MPa	Porin gumo koef. e	Filtra koef. k m/parą	Grunto kasimo klasif.
			γ''	c''	ϕ'	E	R ₀					
			kN/m ³	kPa	laips.	MPa	kPa					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Piltinis gr.: dirvožemis	-	13,0	-	-	-	50	-	-	0,95	0,5	6a
2	Piltinis gr.: smėlis, dirvožemis	-	15,0	-	-	-	80	-	-	0,80	5	5a
3	Smėlis smulkus m. dr. drėgnas	purus	15,9 17,7	0	30	9	200 100	2,66	2,9(19)	0,80	8	5a
4	Smėlis m. dr. drėgnas	vidutinio tankumo	16,9 18,5	2	32	18	300 200	2,66	5,9(50)	0,67	8	5a
5	Smėlis stambus vandeningas	purus	19,5	0	29	7	300	2,66	2,5(2)	0,75	15	5a
6	Smėlis stambus vandeningas	vidutinio tankumo	20,2	1	35	36	500	2,66	12,0(2)	0,63	15	5a
7	Priemolis dulkingas	kietai plastiškas	20,5	25	21	13	230	2,71	1,8(37)	0,70	0,02	9a
8	Smėlis žvyringas vandeningas	vidutinio tankumo	20,2	1	34	31	400	2,66	10,3(5)	0,63	15	5b
9	Priemolis moreninis	kietai plastiškas	22,2	39	24	22	280	2,71	2,0(15)	0,45	0,05	9a
10	Priemolis moreninis	puskietis	22,5	47	26	31	290	2,71	3,2(19)	0,40	0,05	9a



4.1 pav. Inžinerinio geologinio pjūvio schema

5 PRIEDAS

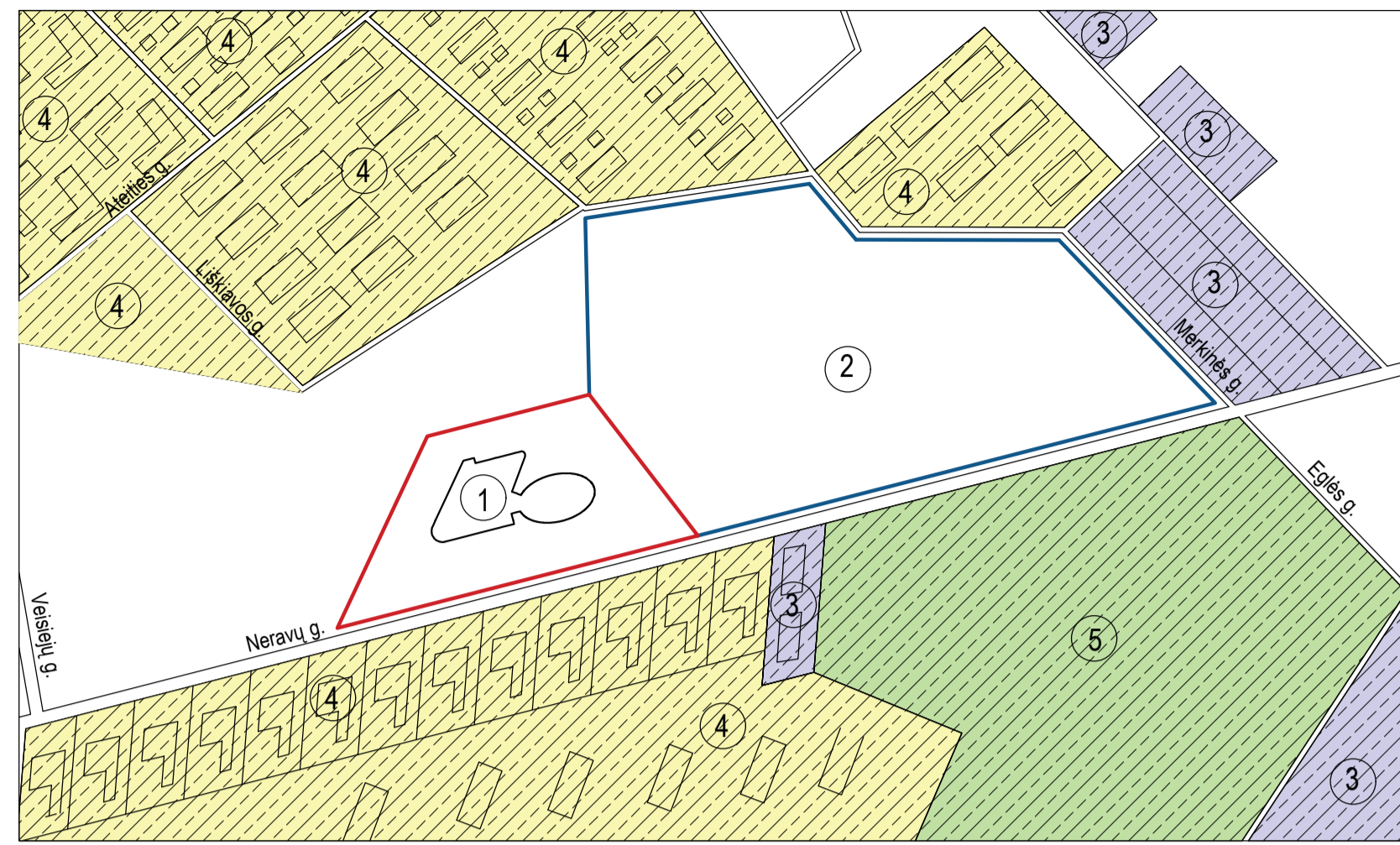
5.1 lentelė. Elementams naudojamų medžiagų

	Material	E (MPa)	G (MPa)	NI	LX (1/°C)	RO (kN/m ³)	Re (MPa)
1	GL28h	12600,00	780,00	0,00	0,00	4,02	28,00
2	S 355	210000,00	81000,00	0,30	0,00	77,01	355,00

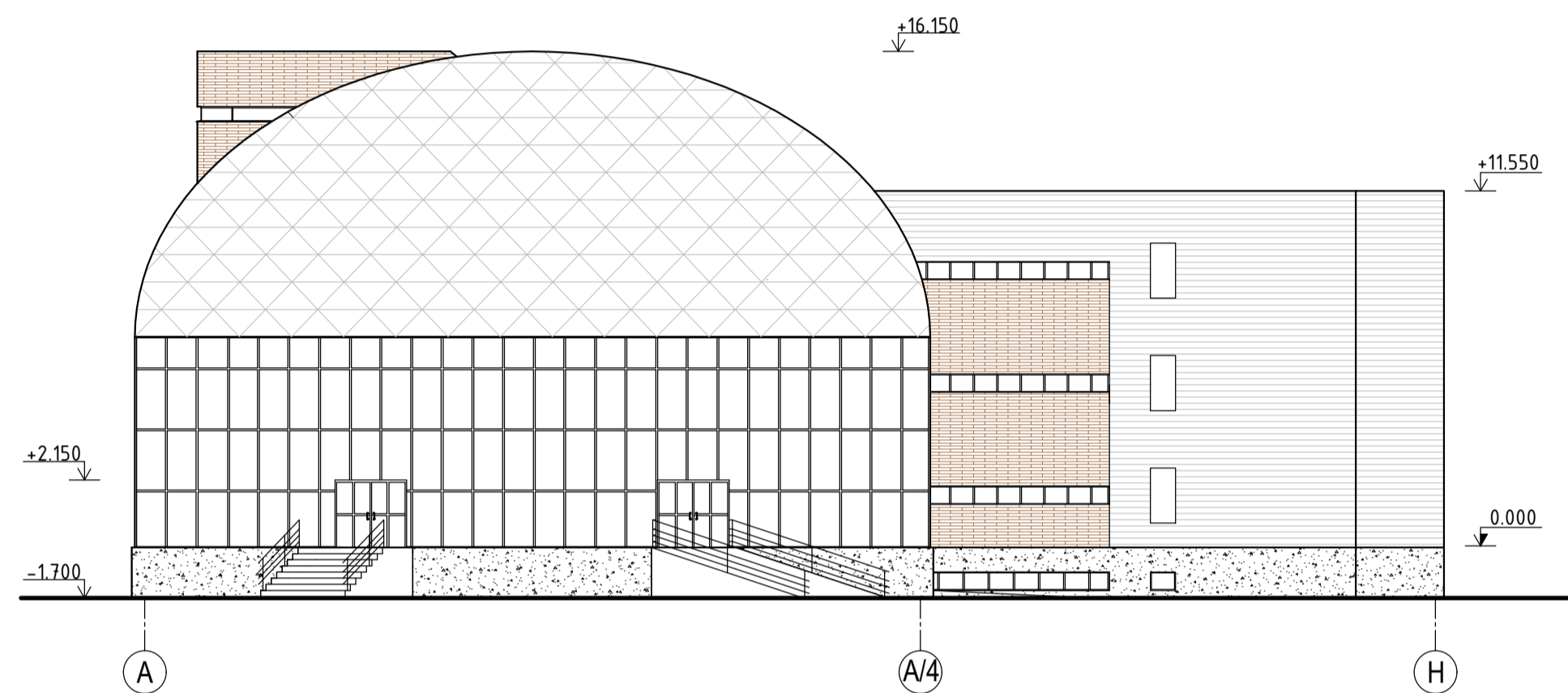
5.2 lentelė. Pastato konstrukcinių elementų suvestinė

Section name	Bar list
Rysiai	47to52 85to91 141to143 156to171 394to398 401to405 408to412 415to419 981to984 986to995 999to1012 1019to-1025 1028to1032 1238to1251 1254to1267 1270to1283 1318to1333 560 561 571 572 587 588 603 604 1034 1035 1370to1385 1399to1414 1566to1597 1600to1615
Kolona	31 34 36to39 75to84 124to126 128to140 340to349By3 347to467By30 379to391By3 380to392By3 439to529By30 478to496By3 480to501By3 526to544By6 528to546By3 646to671 673to677 1534to1554 46 54 116 341 344 364 366 399 400 432 434 456 458 535 541 1287 1424 1556to1558 1560to1565 1598 1599 1616
180x420	832to859 1091to1118
220x480	776to800 802 to831 1036to1090 1285 1286
220x520	1289to1301 1303to1317
240x680	1to30
Sijos	70 102 109to112 114 115 178to195 202to239 1442to1461 1466to1485
140x280	917to946 948to979 1175to1236
160x340	889to916 1147to1174
160x380	860to887 1119to1146
Styga 50	1617to1630

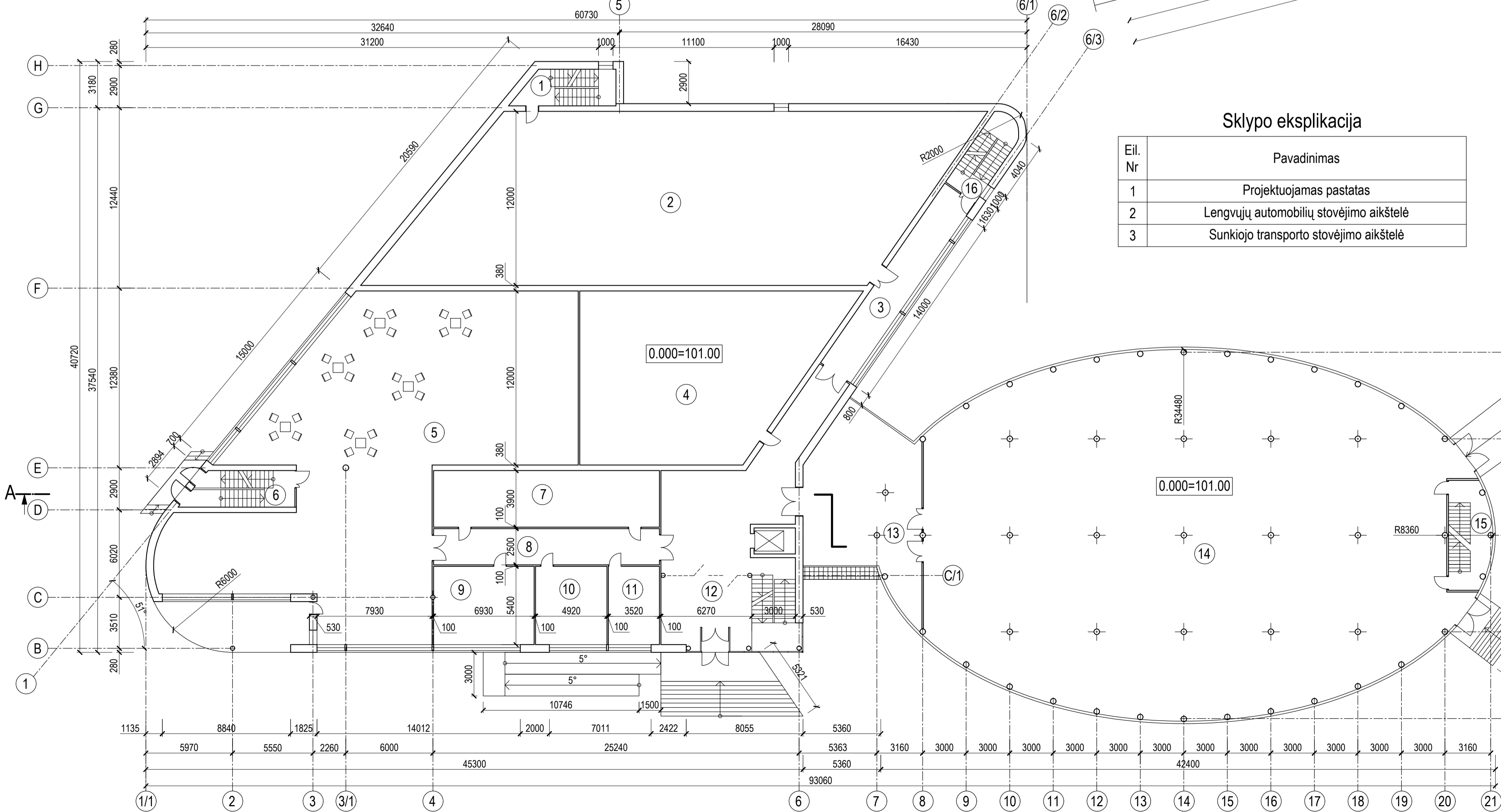
SITUACIJOS PLANAS MASTELIS 1:3500



FASADAS A-H MASTELIS 1:200



PIRMO AUKŠTO PLANAS MASTELIS 1:200



Sklypo eksplikacija

Eil. Nr	Pavadinimas
1	Projektuojamas pastatas
2	Automobilių stovėjimo aikštelė
3	Esami komercinės paskirties sklypai
4	Esami gyvenamosios paskirties sklypai
5	Mišakai

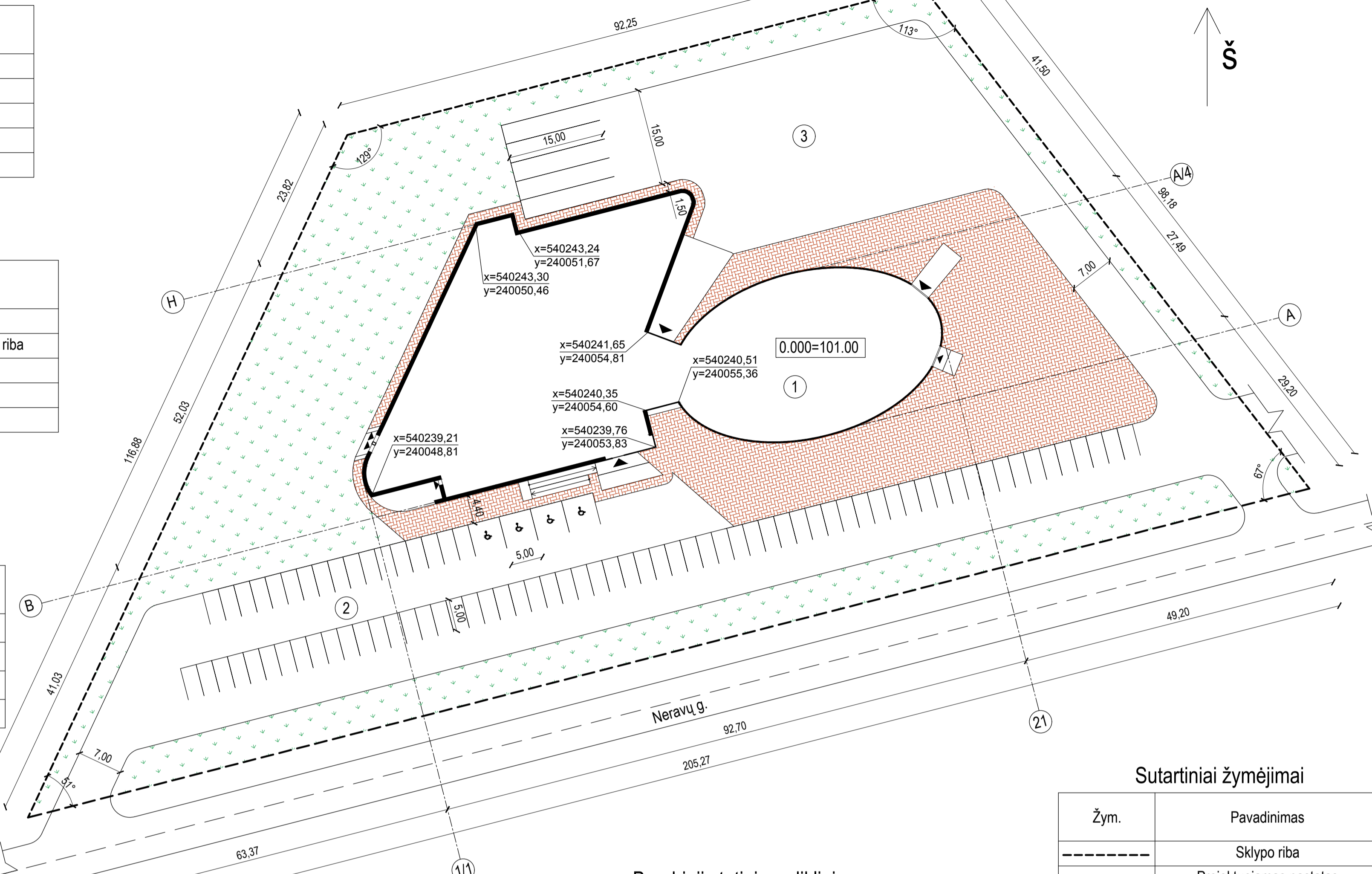
Sutartiniai žymėjimai

Žym.	Pavadinimas
	Projektuojamo pastato sklypo riba
	Automobilių stovėjimo aikštelės sklypo riba
	Gyvenamosios paskirties sklypai
	Komercinės paskirties sklypai
	Mišakai

Sutartiniai žymėjimai

Žym.	Pavadinimas
	Medinių lentelių apdaila RAL 7040
	Mūras RAL 7006
	Kupolo stogo danga
	Tinkas

SKLYPO PLANAS MASTELIS 1:500



Sutartiniai žymėjimai

Žym.	Pavadinimas
	Sklypo riba
	Projektuojamas pastatas
	Įvažiavimai ir iėjimai
	Trinkelėlių dangos
	Veja

Bendrieji statinio rodikliai

Pavadinimas	Mato vnt.	Kiekis	Pastabos
I. SKLYPAS			
1. Sklypo plotas	m ²	13422,18	
2. Sklypo užstatymo intensyvumas	%	55,50	
3. Sklypo užstatymo tankumas	%	18,70	
II. PASTATAI			
1. Negyvenamieji pastatai:			
1.1. bendras plotas:	m ²	7449,05	
1.1.2. pagrindinis	m ²	5722,69	
1.1.3. pagalbinis	m ²	1726,36	
1.2. pastato tūris	m ³	72502,31	
1.3. aukštų skaičius	vnt.	4	
1.4. pastato aukštis	m	16,15	

Sklypo eksplikacija

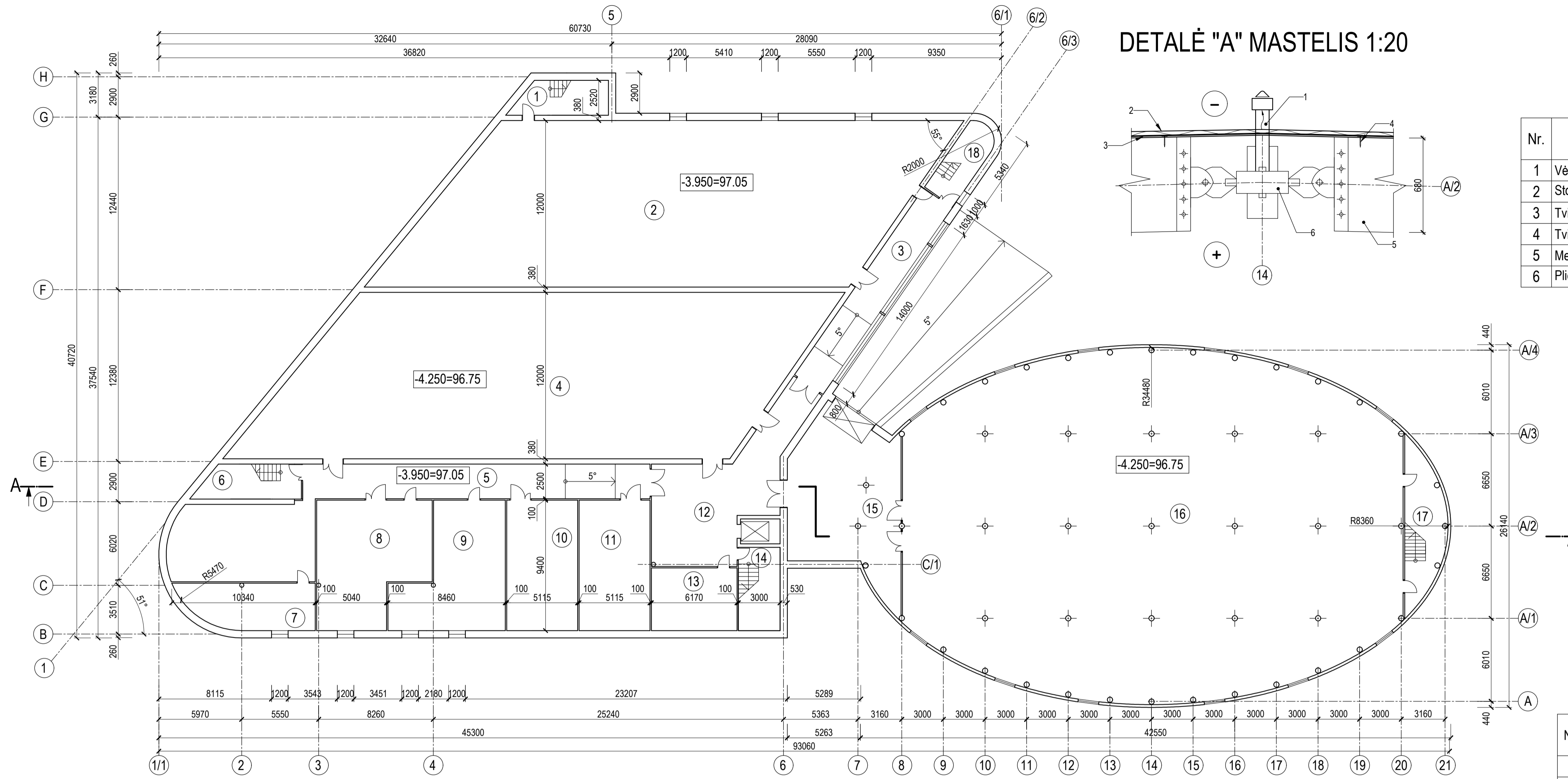
Eil. Nr	Pavadinimas
1	Projektuojamas pastatas
2	Lengvųjų automobilių stovėjimo aikštelė
3	Sunkiojo transporto stovėjimo aikštelė

Pirmo aukšto patalpų eksplikacija

Nr.	Pavadinimas	Plotas, m ²
1	Laiptinė	16,05
2	Konferencijų salė	409,60
3	Koridorius	41,00
4	Konferencijų salė	184,82
5	Valgykla	243,18
6	Laiptinė	16,16
7	Darbuotojų patalpa	60,73
8	Koridorius	38,93
9	Vyrų tualetas	37,41
10	Moterų tualetas	26,57
11	Tualetas pritaikytas žmonėms su negalia	18,99
12	Pagrindinis koridorius	182,39
13	Priėmimo patalpa	25,08
14	Ekspozicijų salė	694,85
15	Laiptinė	20,66
16	Laiptinė	17,61

Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas		Magistro baigiamasis projektas	
	SSM-5	Studentas A. Petkevičiūtė		2017-01
		Vadovas N. Meslinas		2017-01
		Konsult. G. Šukalytė		2017-01
	Konsult. V. Paukštys	2017-01		
Pr. etapas	Statybinių konstrukcijų katedra, LT - 51367 Studentų 48, Kaunas		Laida	
MBP			A	
			Situacijos planas; Sklypo planas; Pirmo aukšto planas; Fasadas A-H	
			2017-MBP-SK	
			Lapas Lapų	
			1 7	

RŪSIO PLANAS MASTELIS 1:200



DETALĖ "A" MASTELIS 1:20

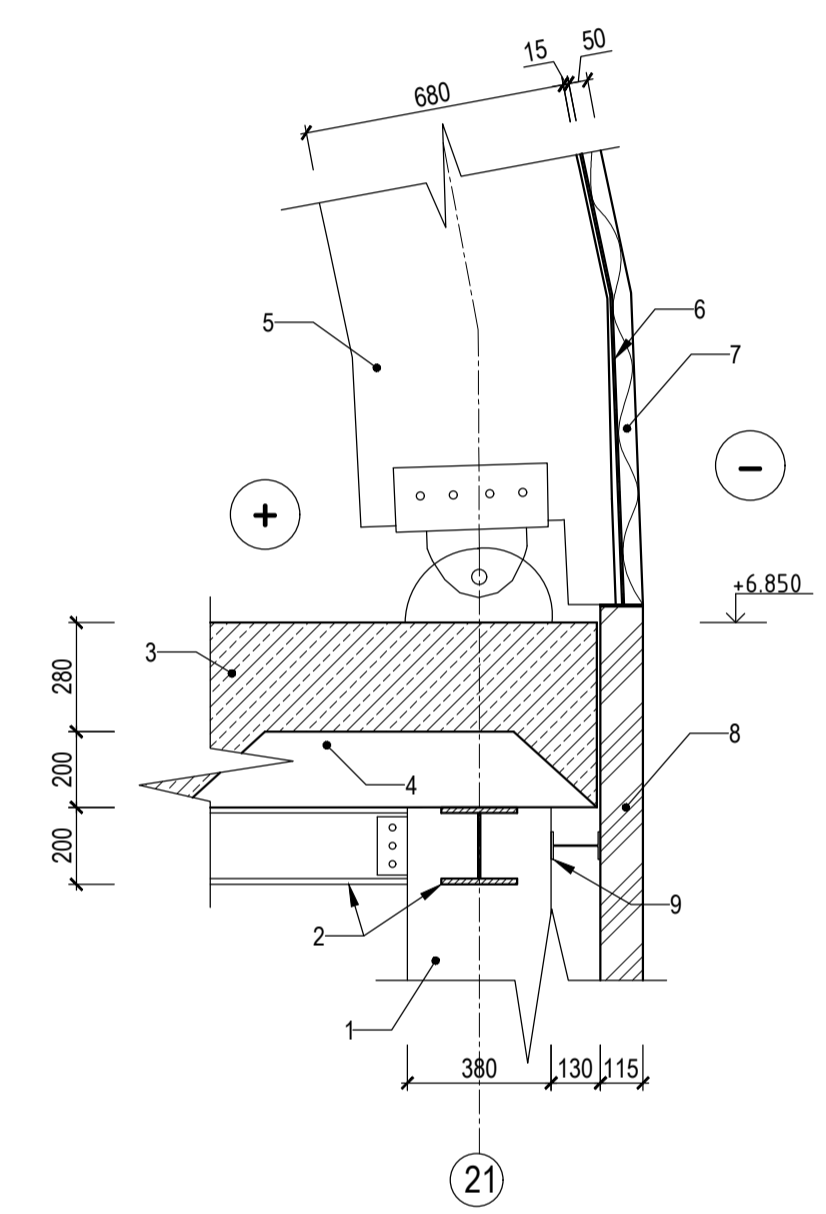
Detalės "A" Eksplikacija

Nr.	Pavadinimas
1	Vėdinimo kaminėlis
2	Stogo danga - PVC lakštai
3	Tvirtinimo tinklas
4	Tvirtinimo elementas
5	Medinė arka
6	Plieninis jungiamasis žiedas

Rūsio patalpų eksplikacija

Nr.	Pavadinimas	Plotas, m ²
1	Laiptinė	16,05
2	Patalpa	409,60
3	Koridorius	41,00
4	Rūbinė	429,14
5	Koridorius su poilsio patalpa	111,78
6	Laiptinė	17,50
7	Darbuotojų patalpa	30,29
8	Valymo įrenginių patalpa	66,74
9	Moterų persirengimo kambarys	59,77
10	Moterų tualetas	48,09
11	Vyrų tualetas	48,09
12	Koridorius	130,54
13	Vyrų persirengimo kambarys	27,90
14	Laiptinė	18,00
15	Priėmimo patalpa	25,08
16	Ekspozicijų salė	692,13
17	Laiptinė	23,38
18	Laiptinė	17,61

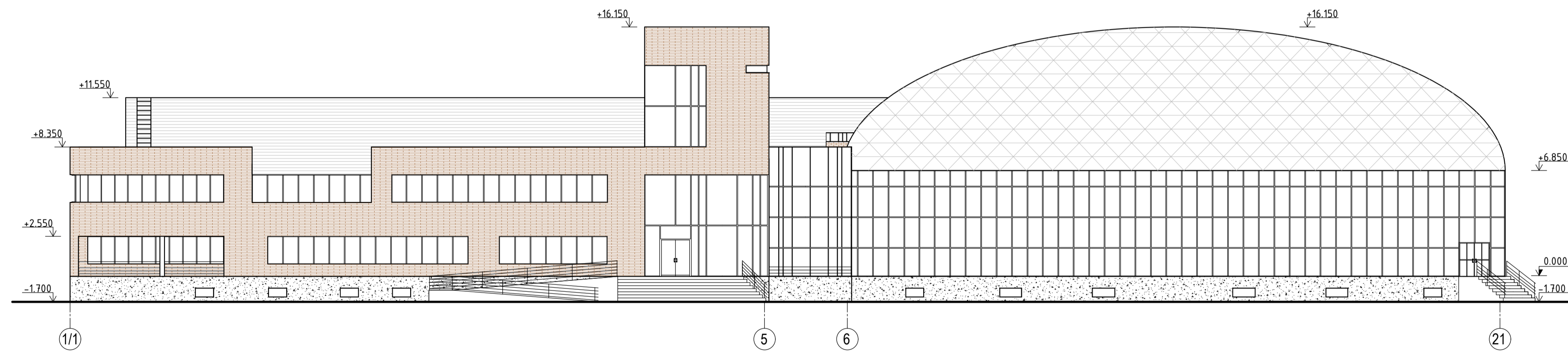
DETALĖ "B" MASTELIS 1:20



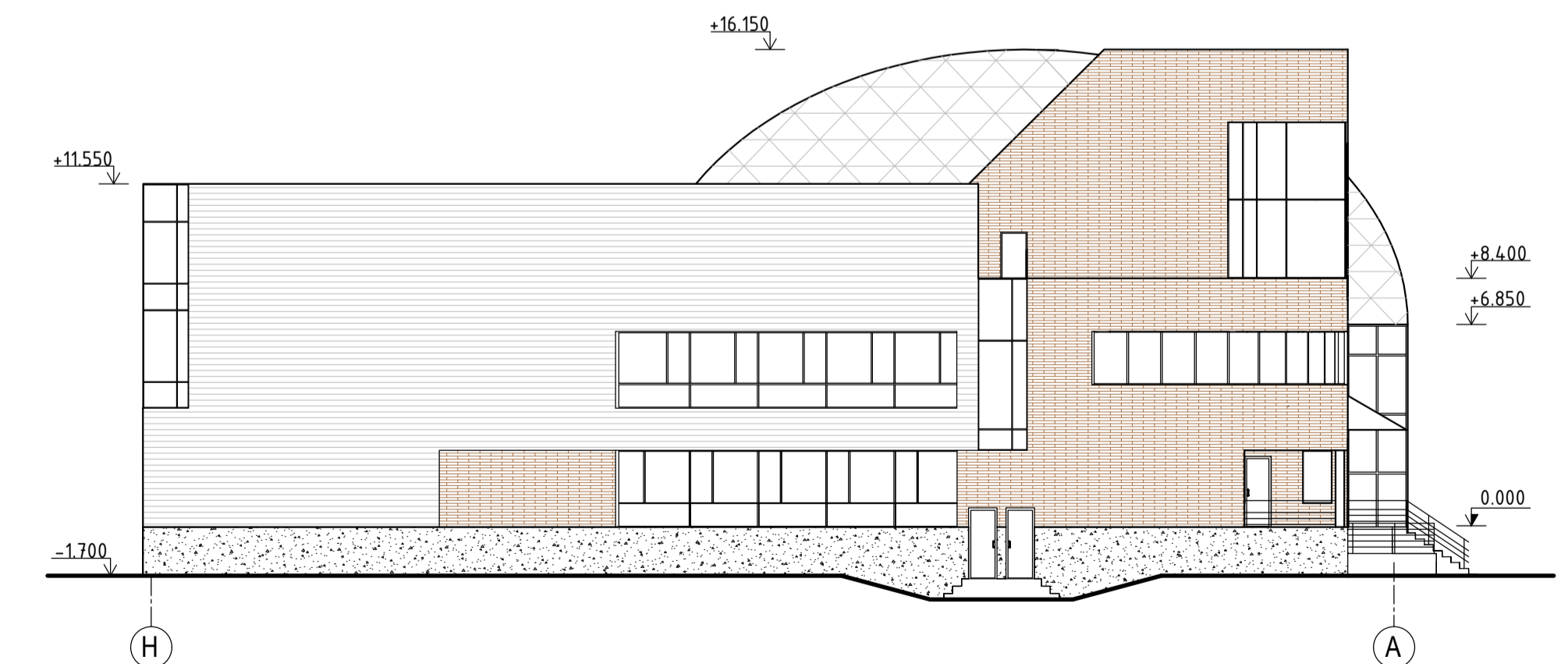
Detalės "B" eksplikacija

Nr.	Pavadinimas
1	Kompozitinė kolona
2	Sija HEB 200
3	G/b armuotos grindys
4	G/b perdangos plokštės HCS 200
5	Medinė arka
6	Tvirtinimo tinklas
7	Stogo danga - PVC lakštai
8	Stiklo paketas su aliuminiu rėmu
9	Tvirtinimo elementas

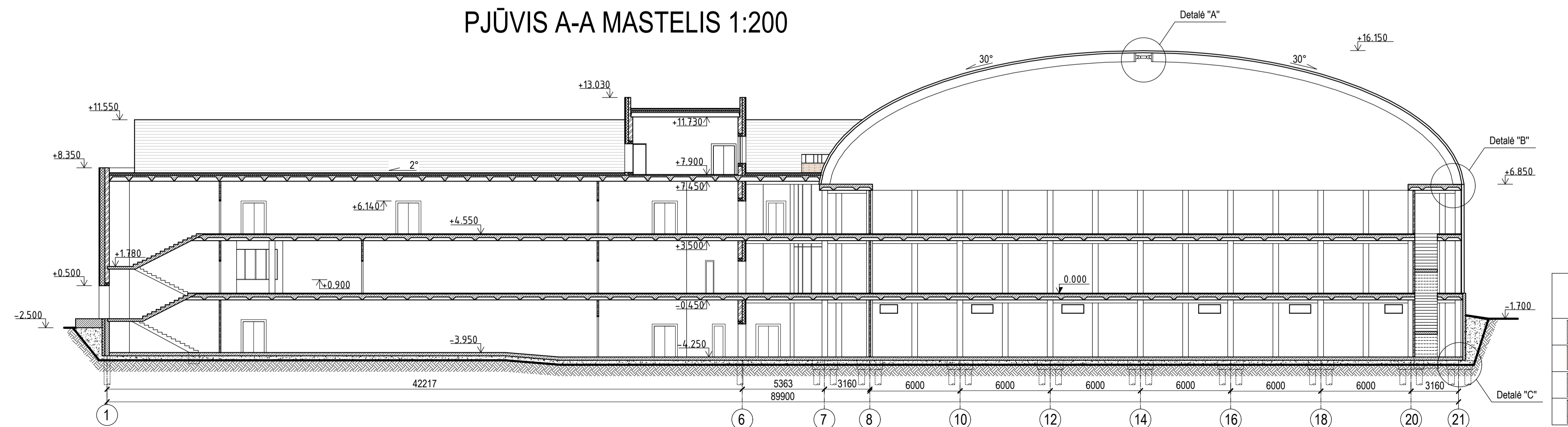
FASADAS 1-21 MASTELIS 1:200



FASADAS H-A MASTELIS 1:200



PJŪVIS A-A MASTELIS 1:200

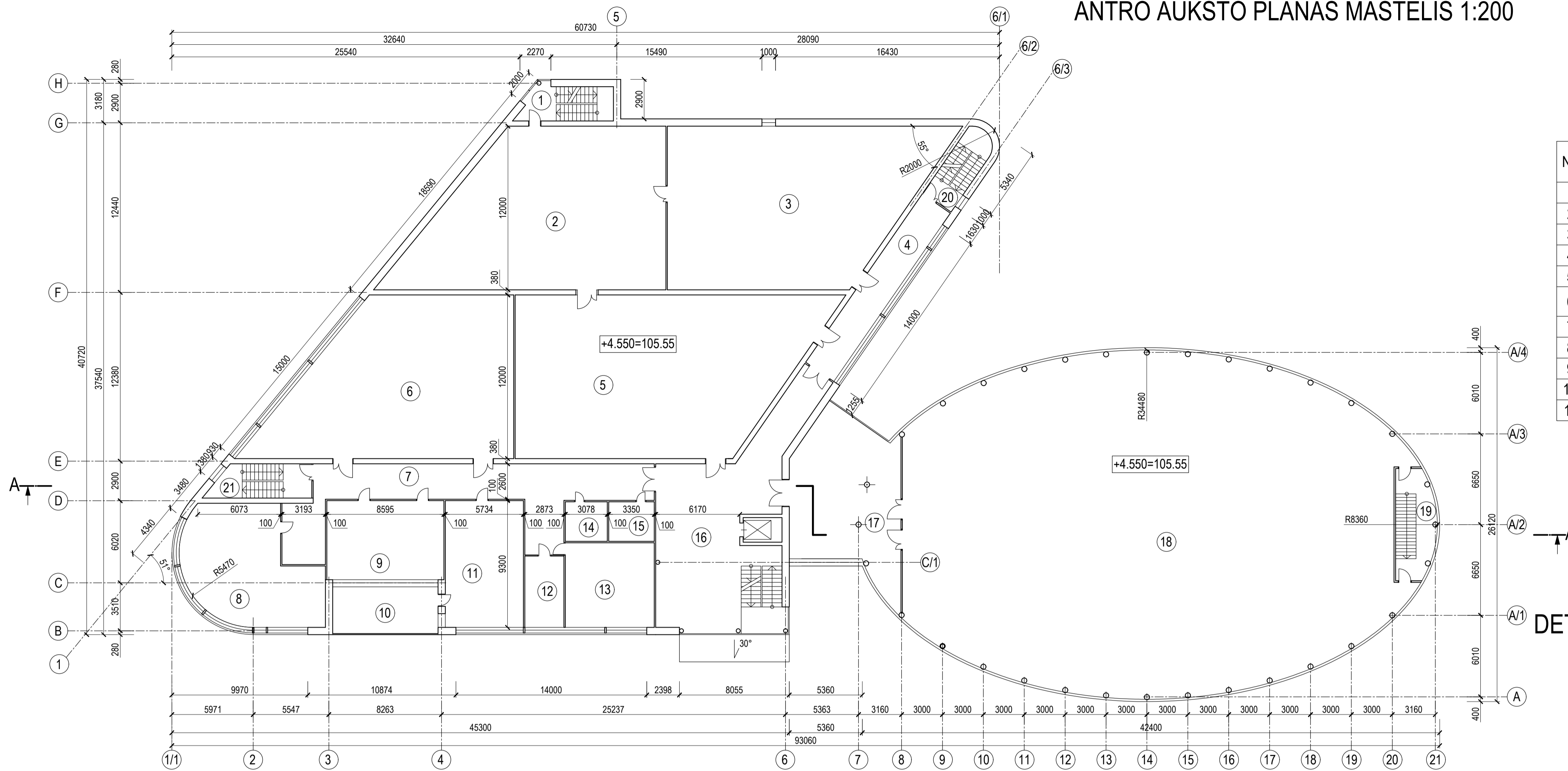


Sutartiniai žymėjimai

Žym.	Pavadinimas
[Symbol]	Medinių lentelių apdaila RAL 7040
[Symbol]	Mūras RAL 7006
[Symbol]	Kupolo stogo danga
[Symbol]	Tinkas

Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis projektas
SSM-5	Studentas A. Petkevičiūtė 2017-01 Vadovas N. Meslinas 2017-01 Konsult. G. Šukailytė 2017-01 Konsult. V. Paukštys 2017-01	Parodų rūmų pastato Druskinkuose laikančiųjų kupolinių konstrukcijų tyrimas
Pr. etapas	Statybinių konstrukcijų katedra, LT - 51367 Studentų 48, Kaunas	Rūsio planas; Fasada; Pjūvis A-A; Konstrukcinės detalės
MBP		2017-MBP-SK
		Laida A
		Lapas 2
		Lapų 7

ANTRO AUKŠTO PLANAS MASTELIS 1:200



Detalės "C" eksplikacija

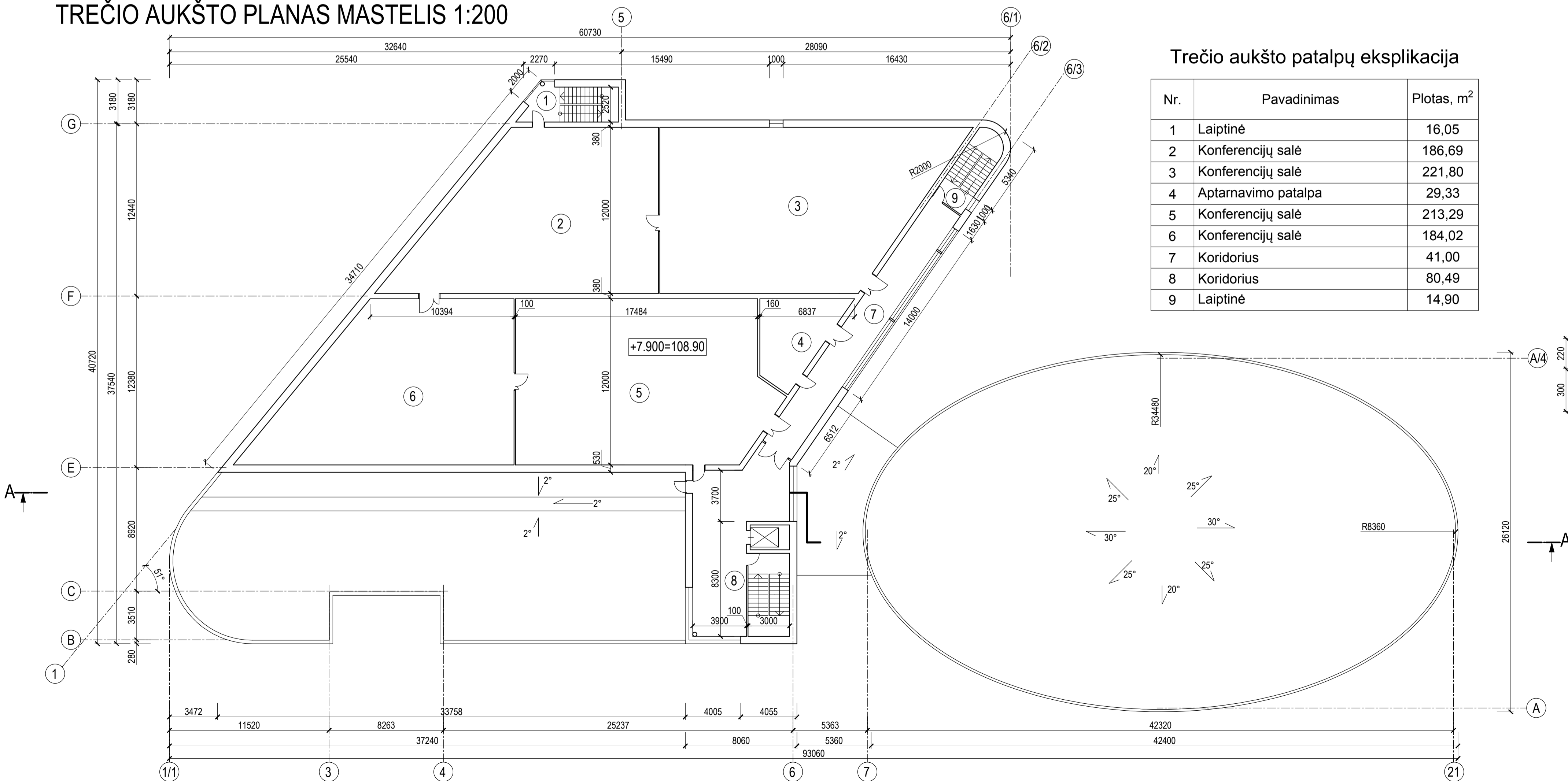
Nr.	Pavadinimas
1	Kolona
2	Hidroizoliacija
3	Drenažinė membrana
4	G/b armuotos grindys 220 mm
5	Galvena 1500x1500x600 mm
6	Poliniai pamatai 4 vnt.x Ø300
7	Nepalistas gruntas
8	Išlyginta ir sutankinta skalda 300 mm
9	Nuogrinda
10	Tvirtinimo elementai
11	G/b siena

Antro aukšto patalpų eksplikacija

Nr.	Pavadinimas	Plotas, m ²
1	Laiptinė	16,05
2	Konferencijų salė	198,12
3	Konferencijų salė	210,37
4	Koridorius	41,00
5	Konferencijų salė	241,45
6	Konferencijų salė	186,25
7	Koridorius	110,20
8	Administracinės patalpos	74,21
9	Administracinės patalpos	49,85
10	Balkonas	26,53
11	Administracinės patalpos	53,32
12	Tualetas pritaikytas žmonėms su negalia	15,05
13	Valymo įrenginių patalpa	40,51
14	Vyrų tualetas	8,94
15	Moterų tualetas	9,73
16	Koridorius	160,08
17	Priėmimo patalpa	25,08
18	Ekspozicijų salė	692,13
19	Laiptinė	23,38
20	Laiptinė	14,90
21	Laiptinė	17,61

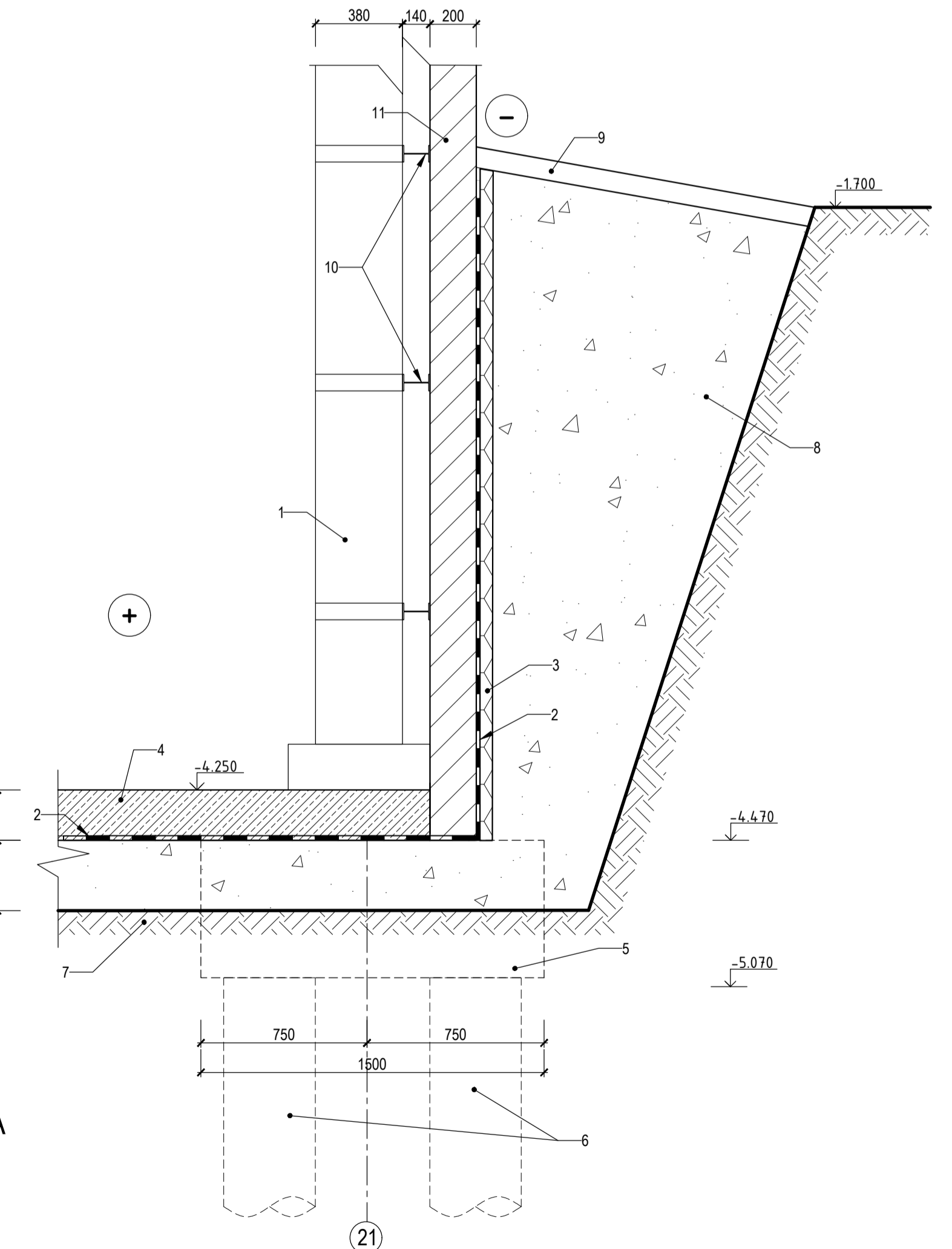
DETALĖ "C" MASTELIS 1:20

TREČIO AUKŠTO PLANAS MASTELIS 1:200



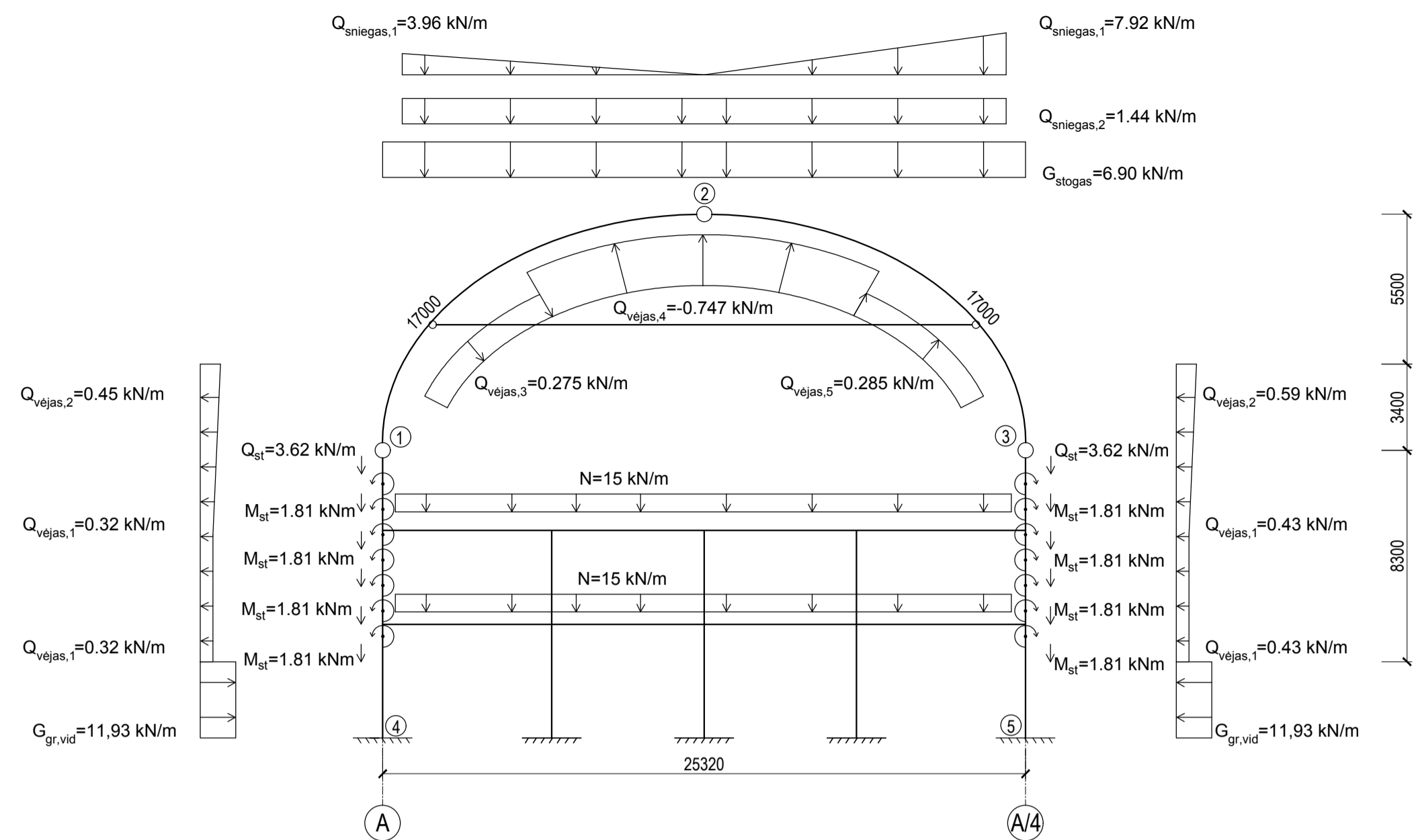
Trečio aukšto patalpų eksplikacija

Nr.	Pavadinimas	Plotas, m ²
1	Laiptinė	16,05
2	Konferencijų salė	186,69
3	Konferencijų salė	221,80
4	Aptarnavimo patalpa	29,33
5	Konferencijų salė	213,29
6	Konferencijų salė	184,02
7	Koridorius	41,00
8	Koridorius	80,49
9	Laiptinė	14,90

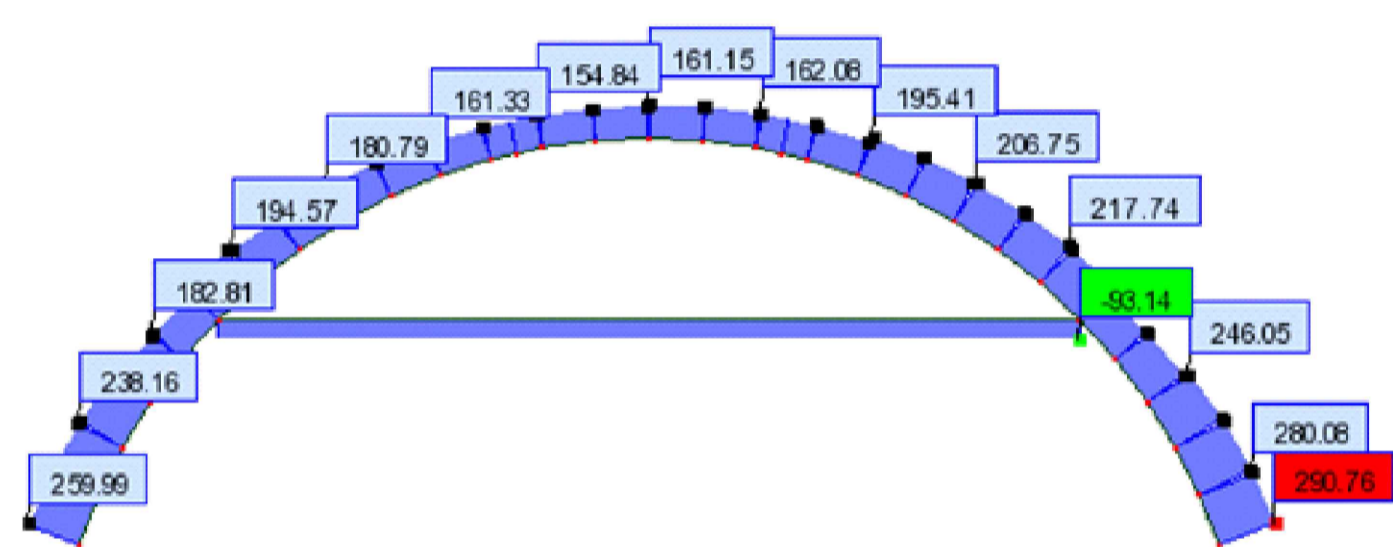


Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis projektas
SSM-5	Studentas A. Petkevičiūtė 2017-01	Parodų rūmų pastato Druskininkuose laikančiųjų kupolinių konstrukcijų tyrimas
	Vadovas N. Meslinas 2017-01	
	Konsult. G. Šukailytė 2017-01	
	Konsult. V. Paukštys 2017-01	
Pr.etapas	Statybinų konstrukcijų katedra, LT - 51367 Studentų 48, Kaunas	Antro aukšto planas; Trečio aukšto planas; Konstrukcinė detalė "C"
MBP		2017-MBP-SK
		Laida
		Lapas Lapų
		3 7

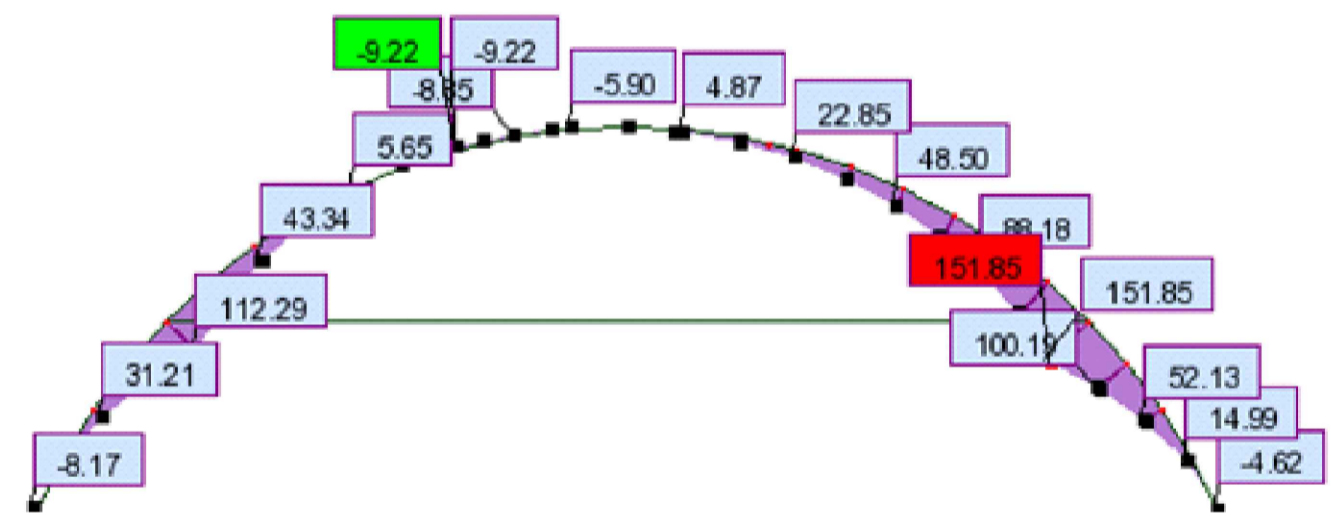
RĖMO SKAIČIUOJAMOJI SCHEMA



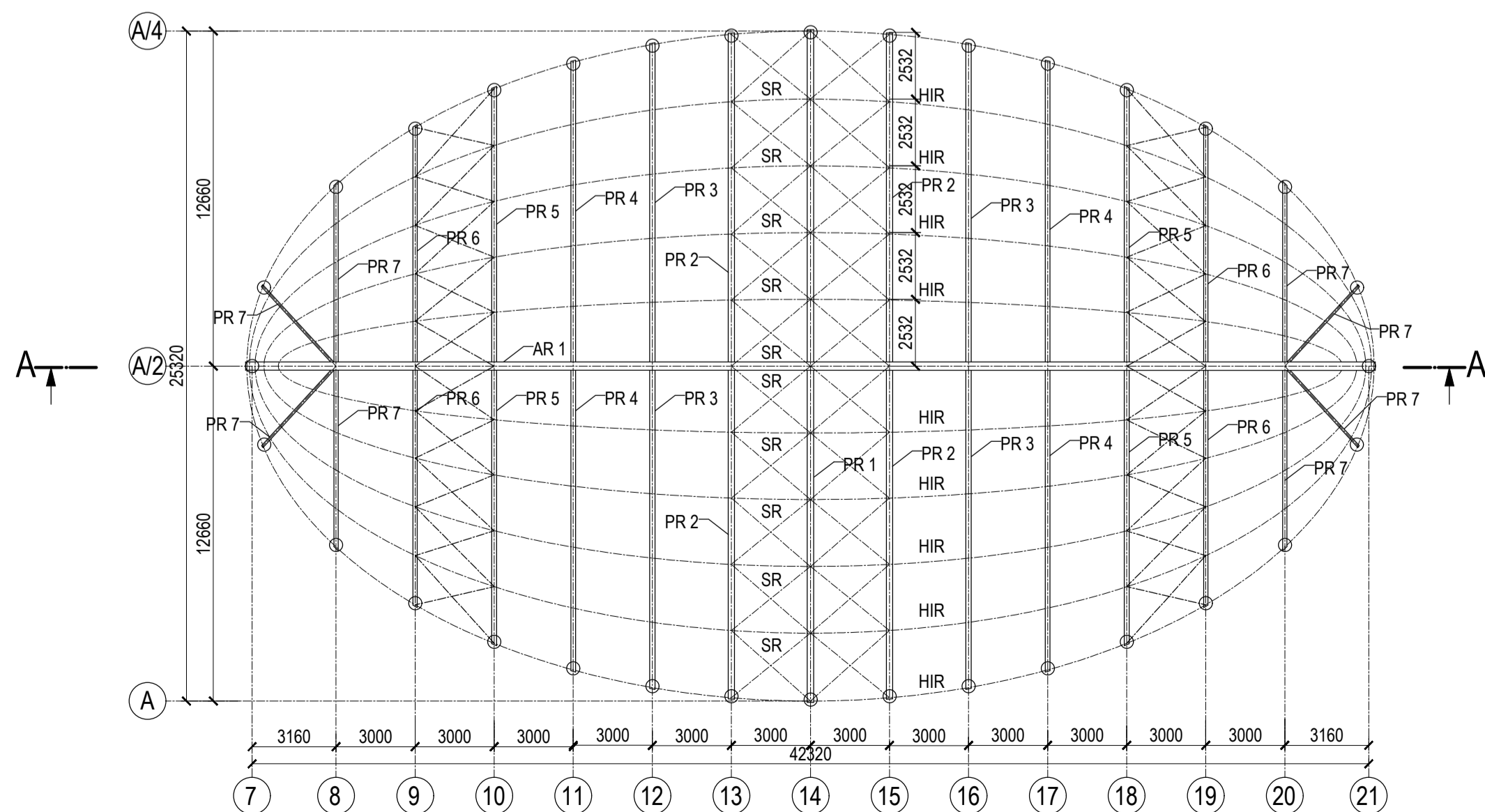
AŠINIŲ ĮRAŽŲ DIAGRAMA



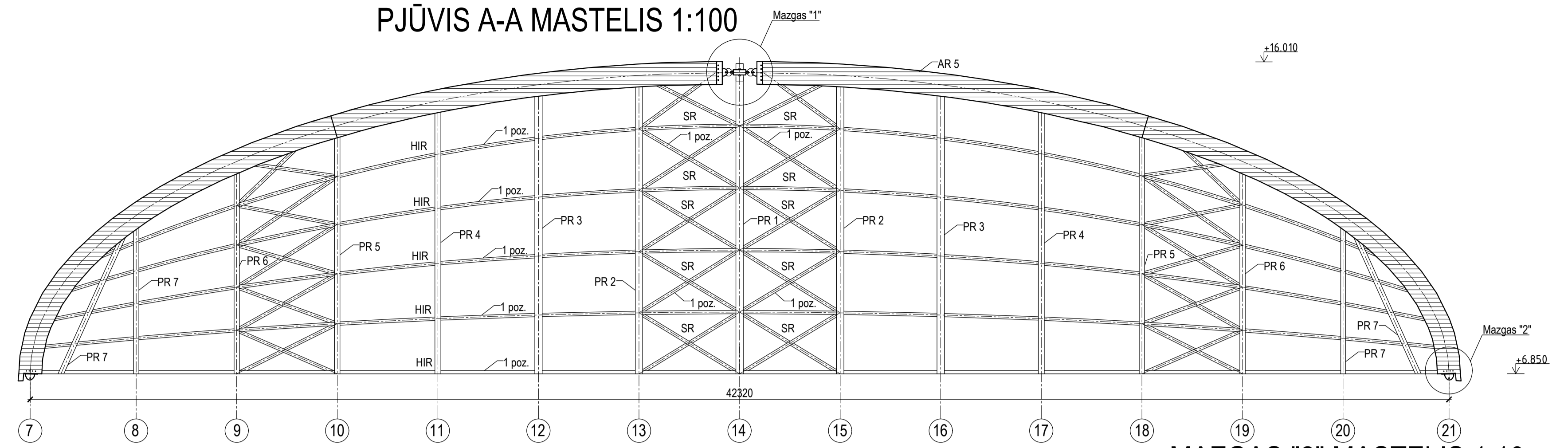
LENKIMO MOMENTŲ DIAGRAMA



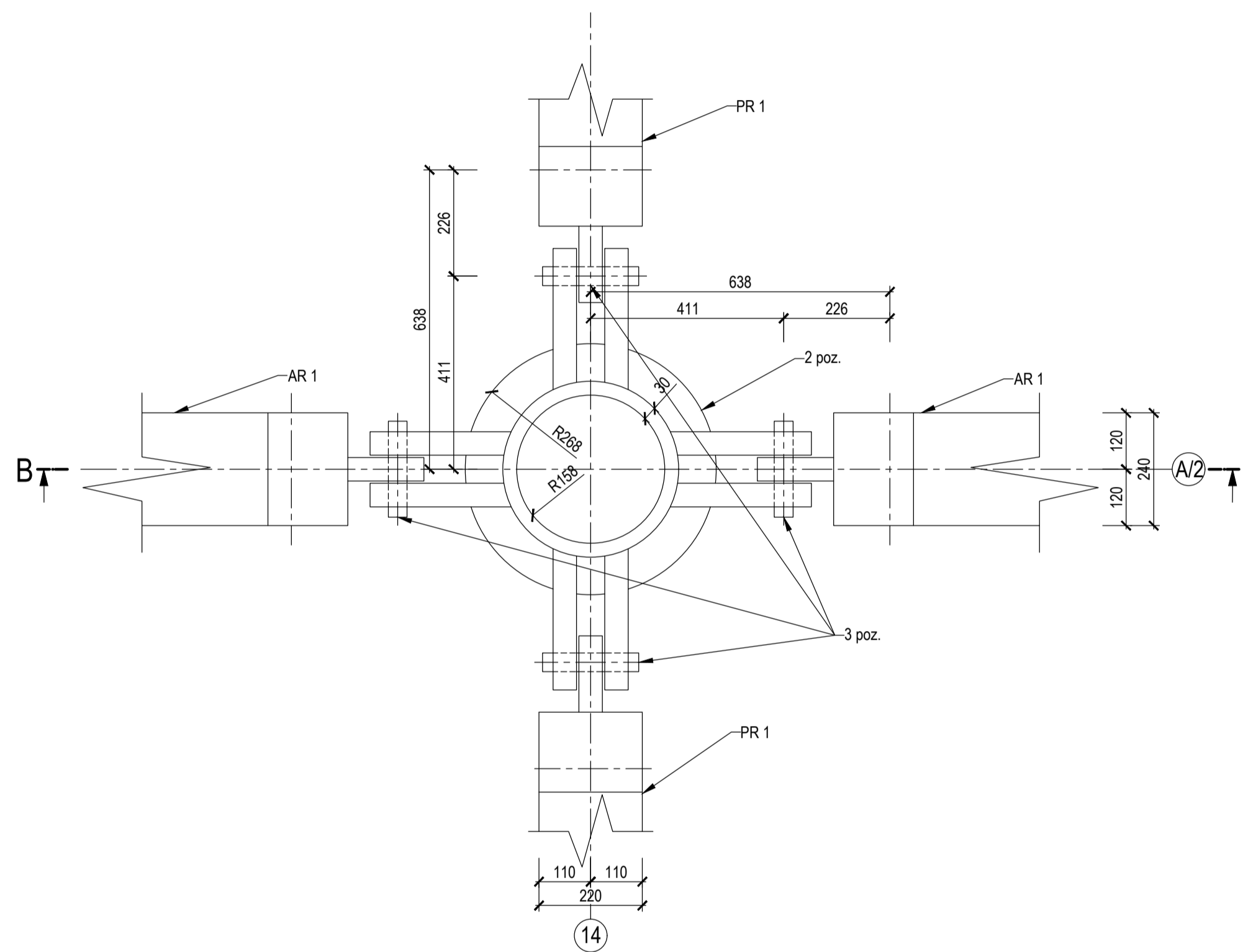
KUPOLO ELEMENTŲ PLANAS MASTELIS 1:200



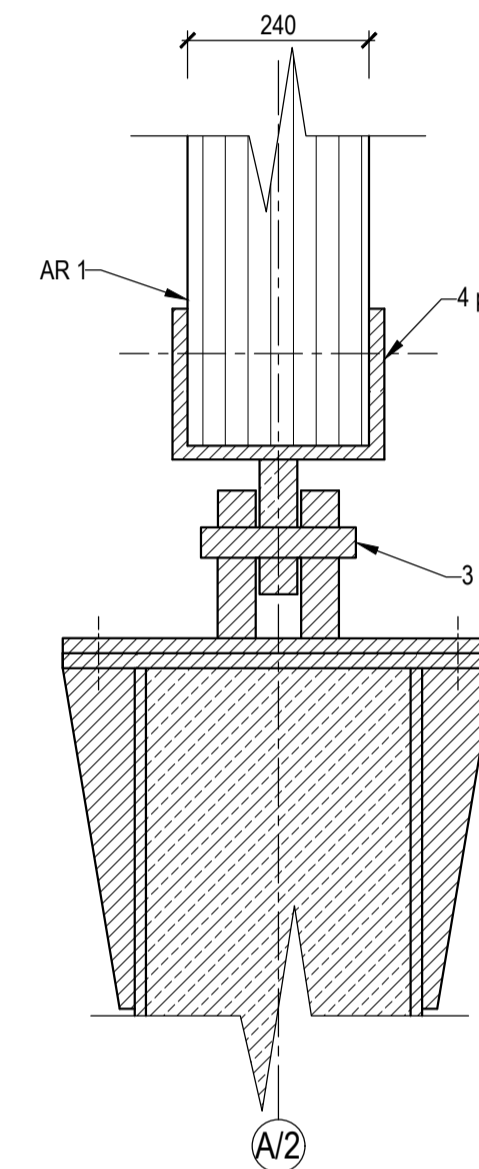
PJŪVIS A-A MASTELIS 1:100



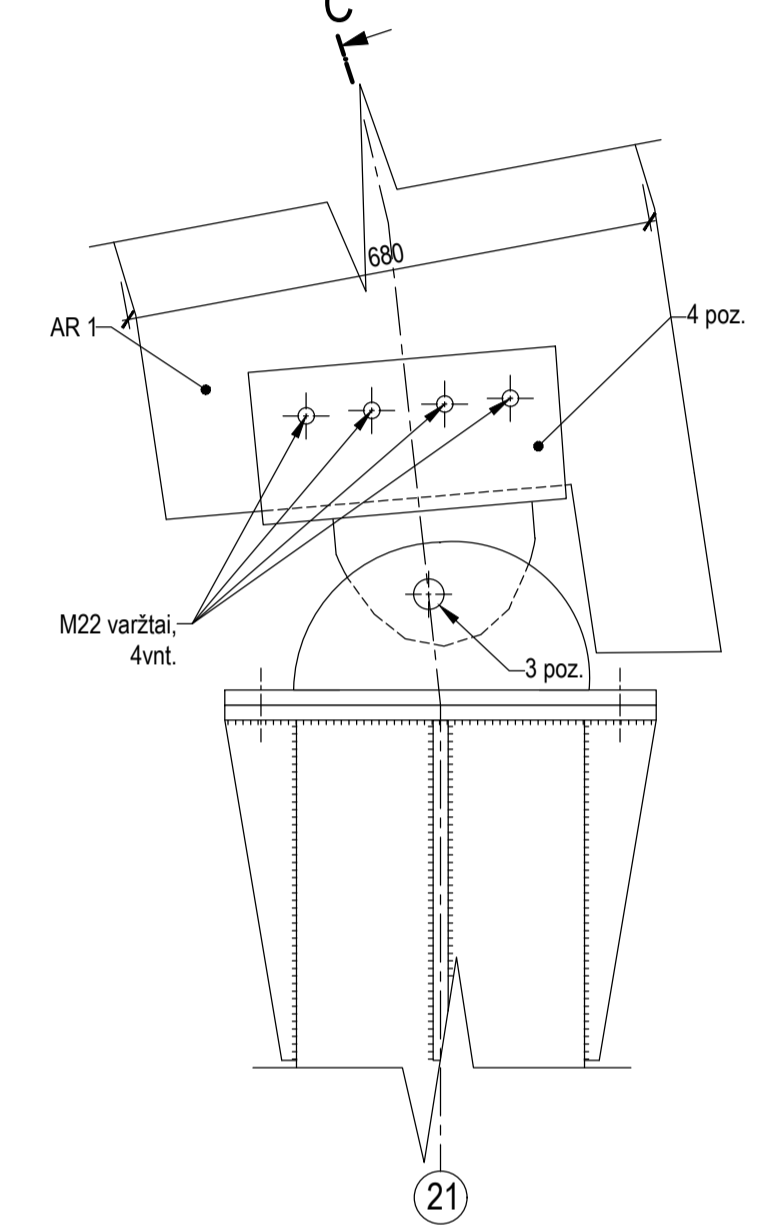
MAZGAS "1" MASTELIS 1:10



PJŪVIS C-C MASTELIS 1:10



MAZGAS "2" MASTELIS 1:10



Medinio kupolo specifikacija

Gaminio markė	El. Nr.	Pavadinimas (skerspjūvis, mm)	Klasė/ markė	Ilgis, mm	Kiekis	Masė, m³/kg		Pastabos
						elemento	bendra	
KU1	AR-1	Arka (240x680)	GI28h	49300	1	8,05	8,05	39,71m³
	PR-1	Pusarkė (220x520)	GI28h	17000	2	1,95	3,90	
	PR-2	Pusarkė (220x480)	GI28h	16830	4	1,78	7,12	
	PR-3	Pusarkė (220x480)	GI28h	16300	4	1,72	6,88	
	PR-4	Pusarkė (180x420)	GI28h	15390	4	1,16	4,65	
	PR-5	Pusarkė (160x380)	GI28h	14000	4	0,851	3,40	
	PR-6	Pusarkė (160x340)	GI28h	12000	4	0,653	2,61	
PR-7	Pusarkė (140x280)	GI28h	9840	8	0,386	3,10		
1	Ryšiai (IPE 100)	S275	448000	-	3628,8	3628,8	3749 kg	
2	Žiedas d=375 mm	S275	-	1	28,32	28,32		
3	Šarnyrinis kaištis d=40 mm	S275	-	6	2,56	15,38		
4	Plokštelė (400x200x16)	S275	-	4	9,86	39,44		
						Jungtys 1%	38	

Pastabos:

- Medienos klasė - GI28h, plieno markė - S275;
- Pastato statybos vieta - Druskininkai (sniego apkrovos rajonas - I, vėjo apkrovos rajonas - I)
- Mazgo "A" sujungimui naudojami M18 paprastųjų varžtų 10 vnt. ir M20 paprastųjų varžtų 10 vnt.;
- Kupolo stabilumui ir standumui užtikrinti naudojami išilginiai ir skersiniai metaliniai ryšiai, kurių profilis IPE 100;
- Skaičiuojamoji schema ir diagramos pateikiamos pagrindinei pusarkei.

Sutartiniai žymėjimai

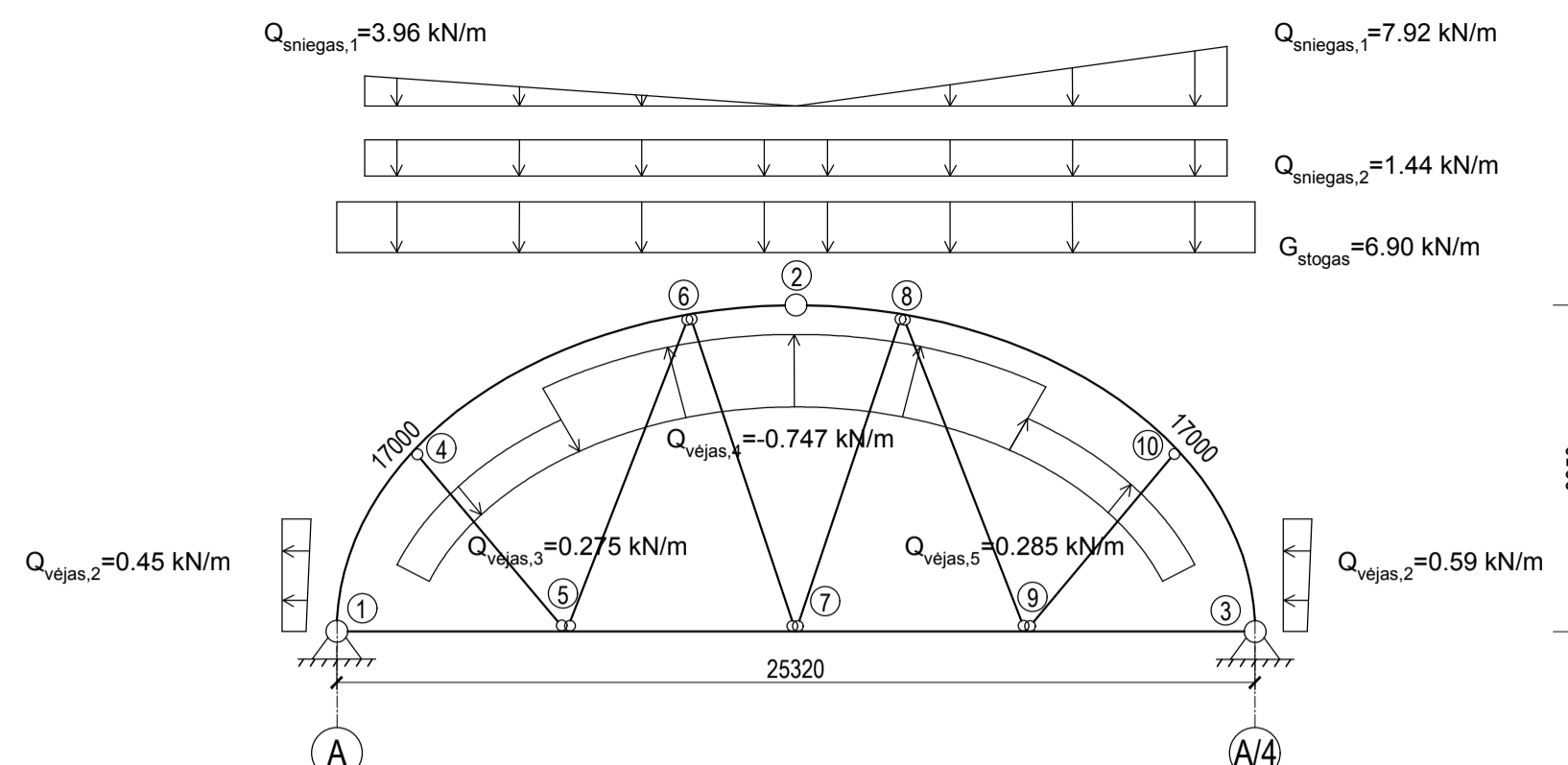
- -Kompozitinės kolonos
- SR -Skersiniai ryšiai
- HIR -Horizontalūs išilginiai ryšiai

Apkrovų žymėjimai

Žym.	Pavadinimas
G	Nuolatinė apkrova
Q	Laikinoji apkrova
Q _{st}	Apkrova į koloną nuo stiklo plokštės
M _{st}	Momentas į koloną nuo stiklo plokštės
N	Naudojimo apkrova

Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis projektas
SSM-5	Studentas A. Petkevičiūtė Vadovas N. Meslinas Konsult. V. Paukštys	2017-01 2017-01 2017-01
Pr.etapas	Statybinų konstrukcijų katedra, LT - 51367 Studentų 48, Kaunas	Parodų rūmų pastato Druskininkuose laikantųjų kupolinių konstrukcijų tyrimas
MBP		Rėmo skaičiuojamoji schema; Kupolo elementų planas, Medinio kupolo pjūviai ir detalės; Įrašų diagramos
		Laida A
		Lapas Lapų 4 7

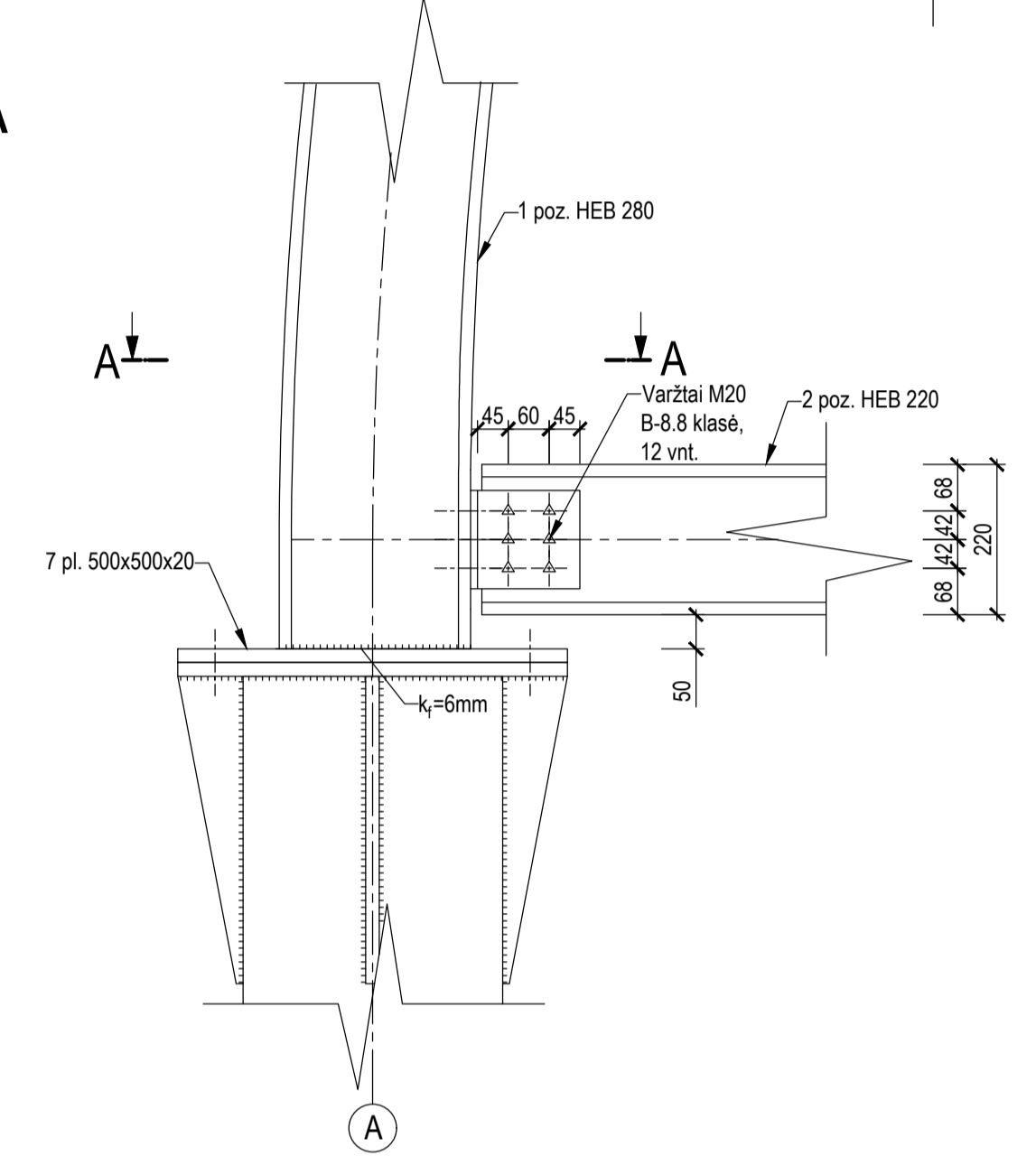
SKERSINĖS SANTVAROS SKAIČIUOJAMOJI SCHEMA



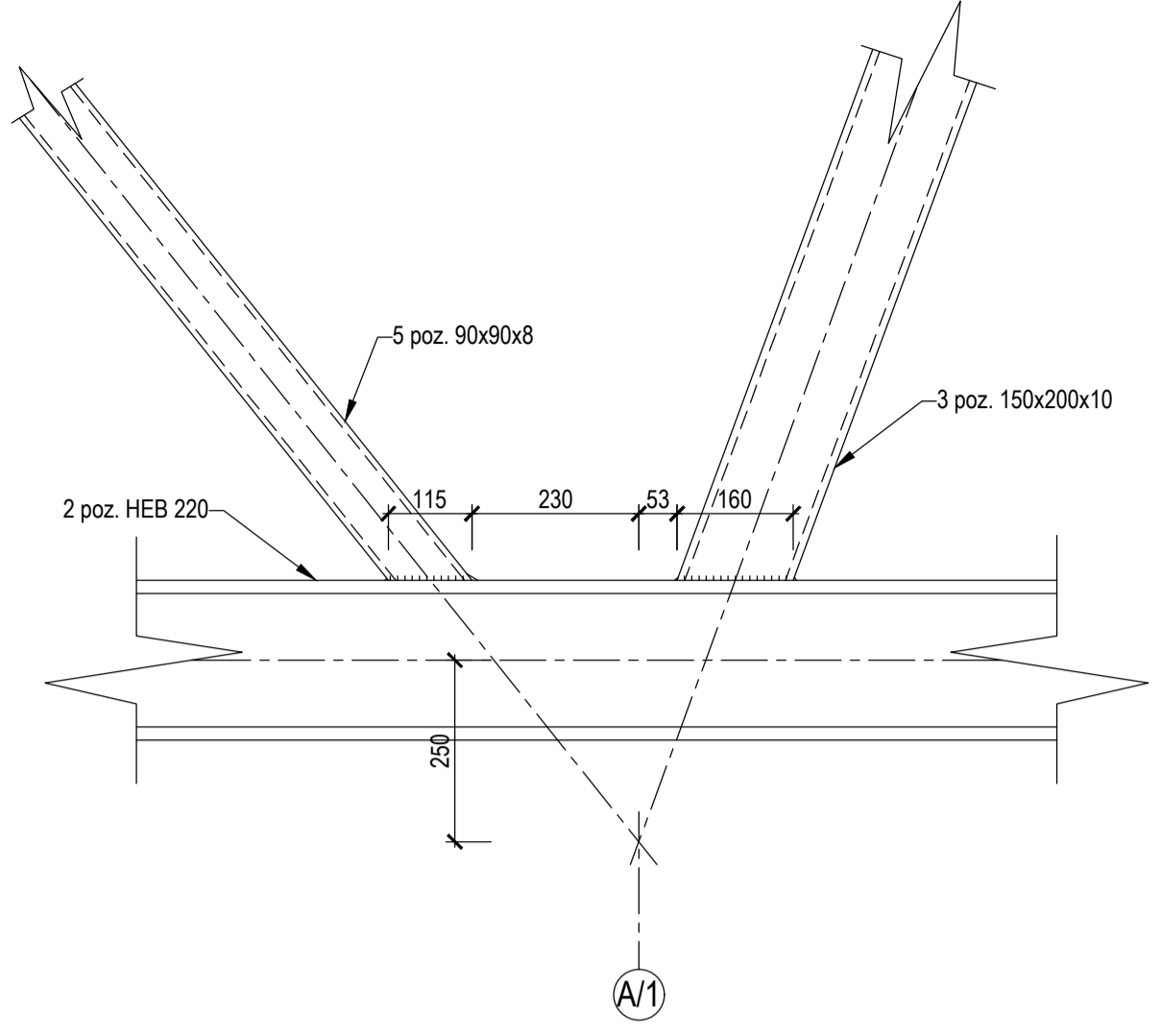
Apkrovų žymėjimai

Žym.	Pavadinimas
G	Nuolatinė apkrova
Q	Laikinoji apkrova

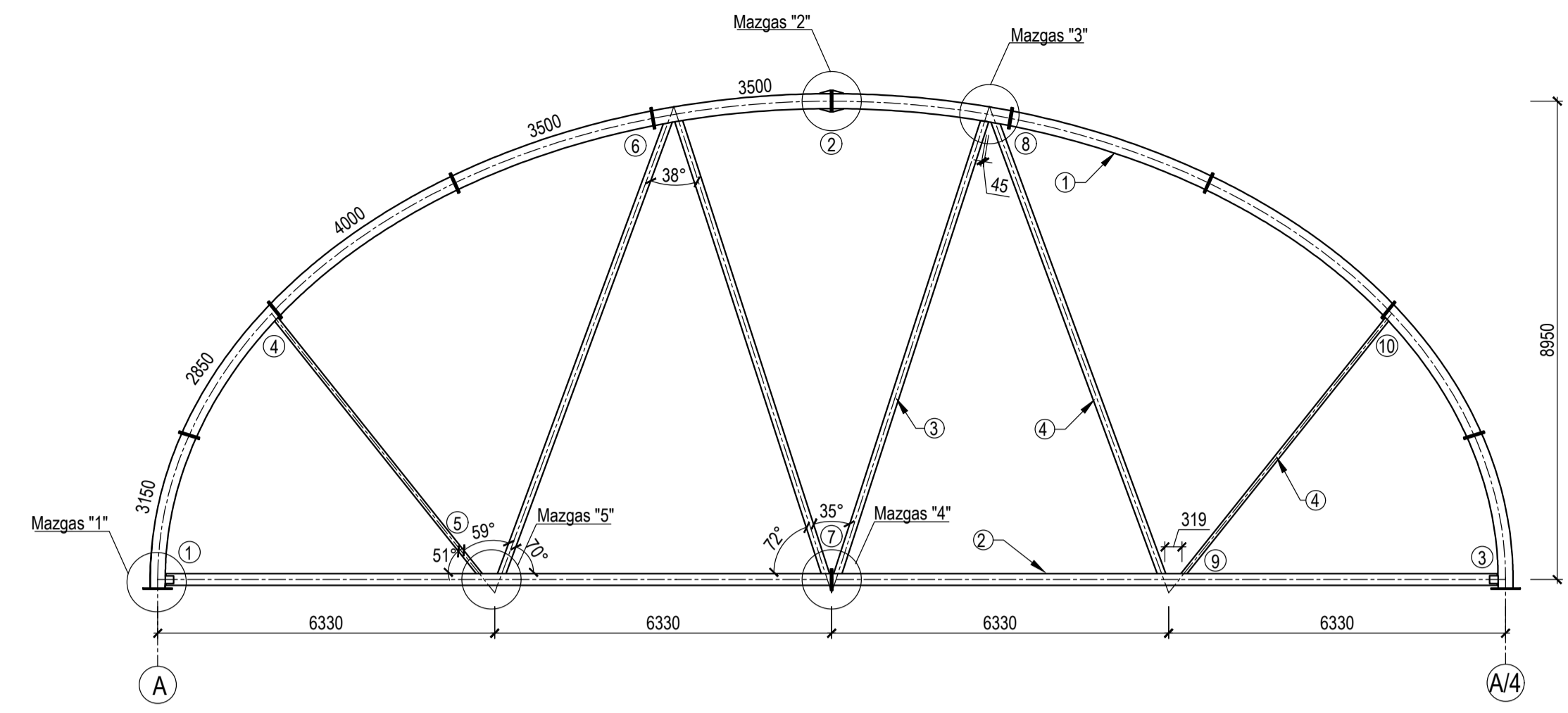
MAZGAS "1" MASTELIS 1:10



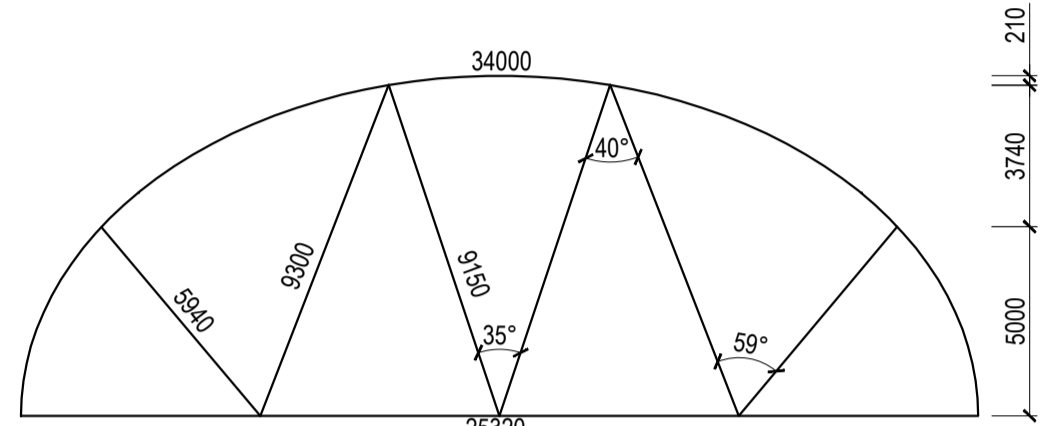
MAZGAS "5" MASTELIS 1:10



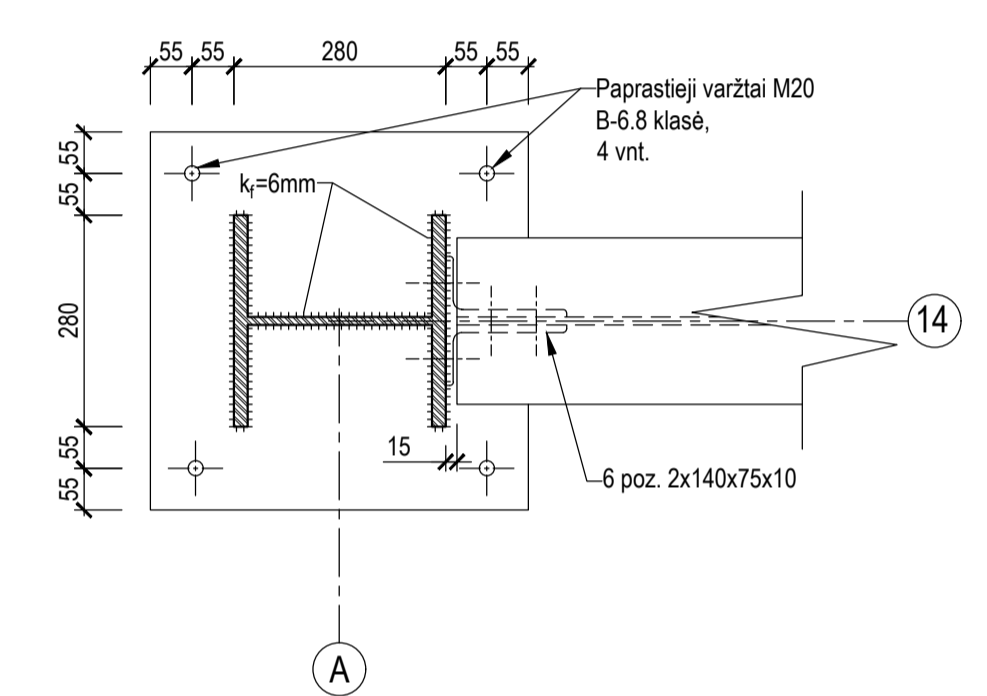
SANTVARA S1 MASTELIS 1:100



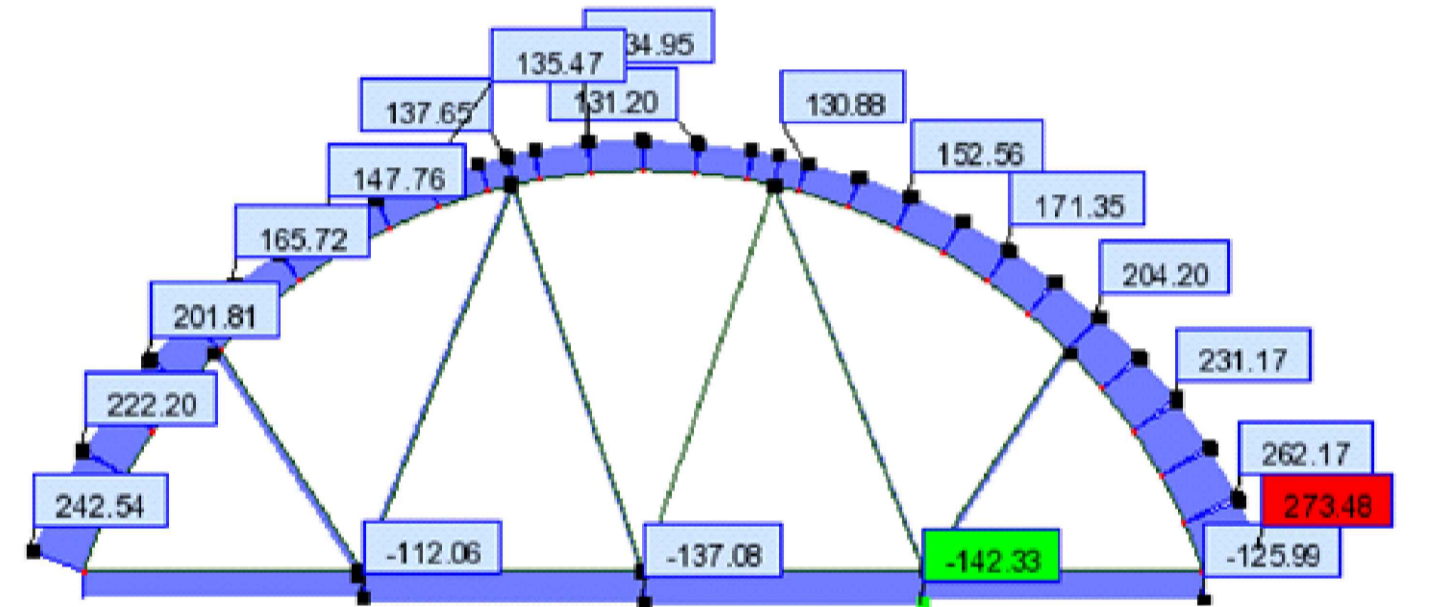
GEOMETRINĖ SKERSINĖS SANTVAROS SCHEMA



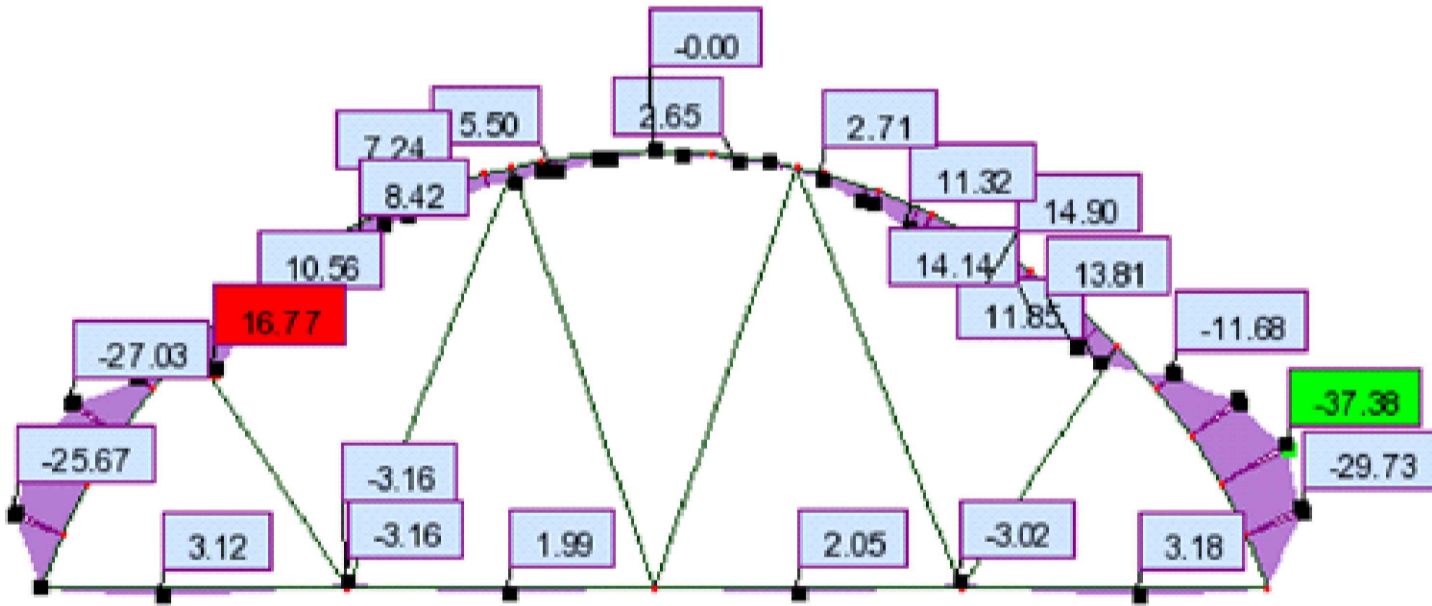
PJŪVIS A-A MASTELIS 1:10



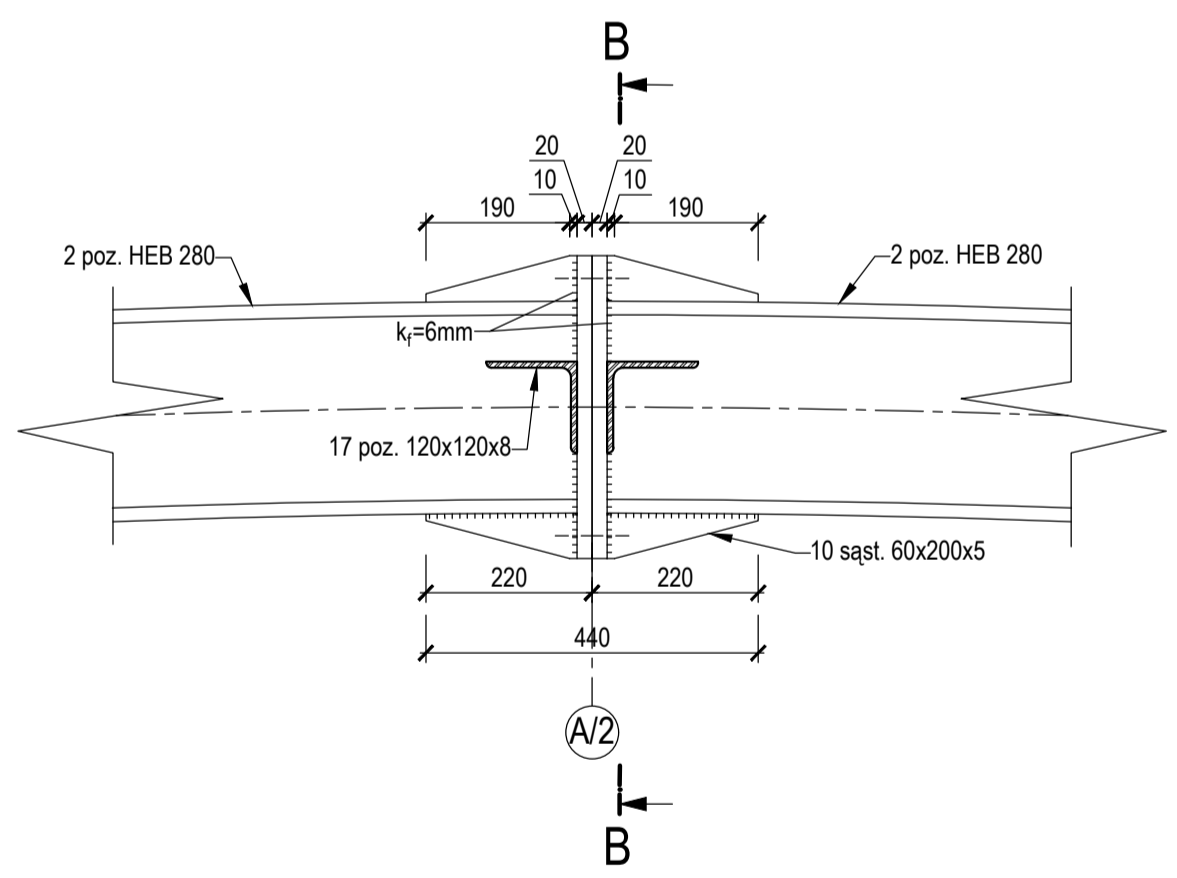
AŠINIŲ ĮRAŽŲ DIAGRAMA



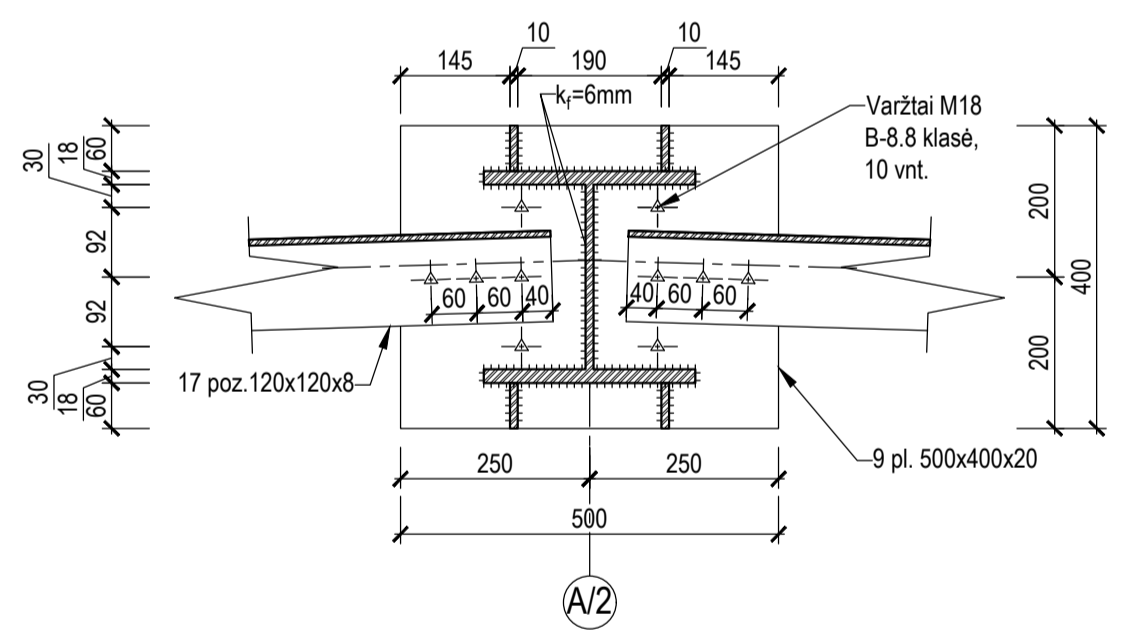
LENKIMO MOMENTŲ DIAGRAMA



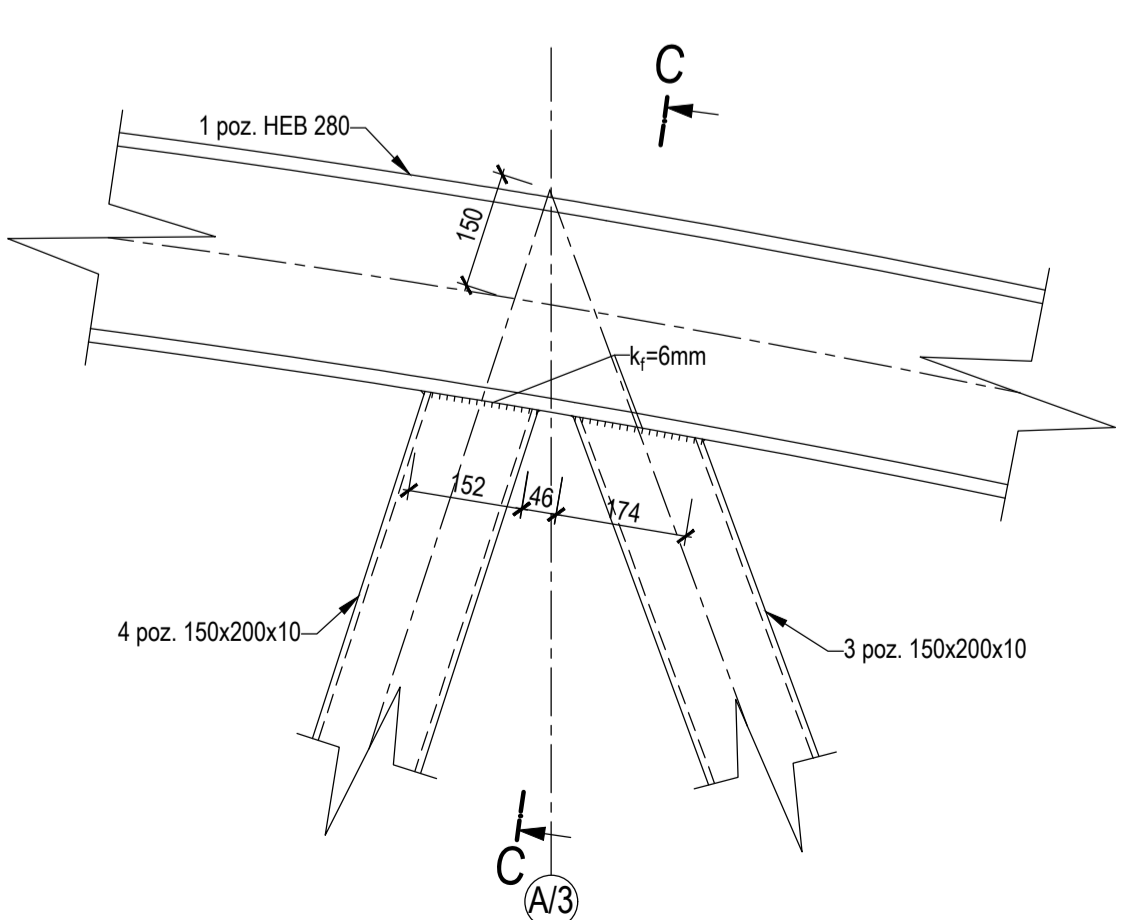
MAZGAS "2" MASTELIS 1:10



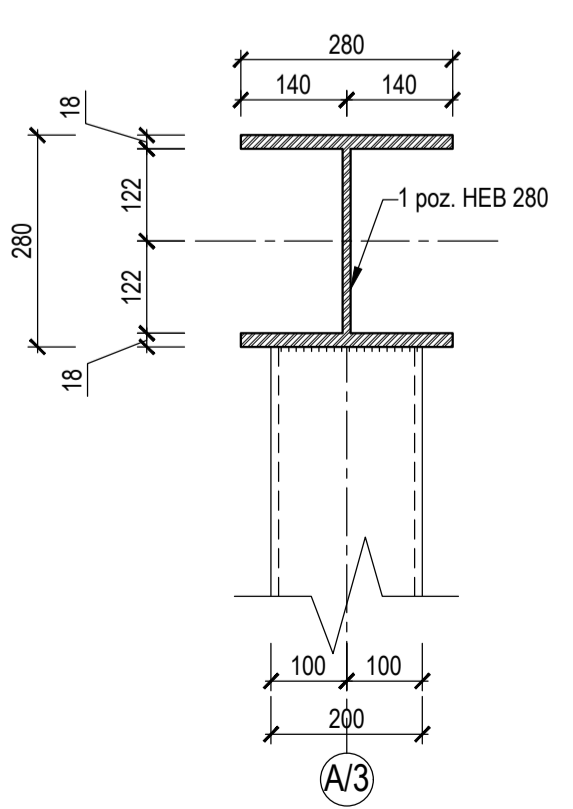
PJŪVIS B-B MASTELIS 1:10



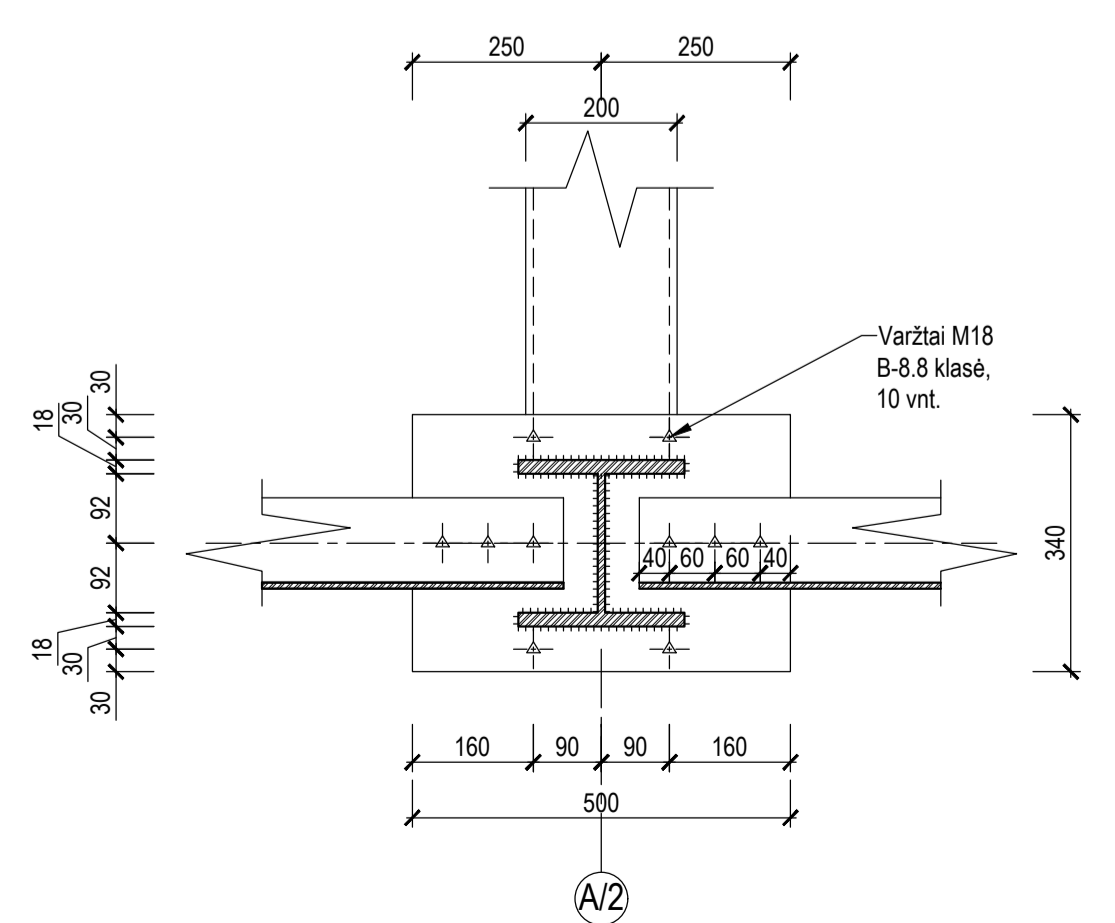
MAZGAS "3" MASTELIS 1:10



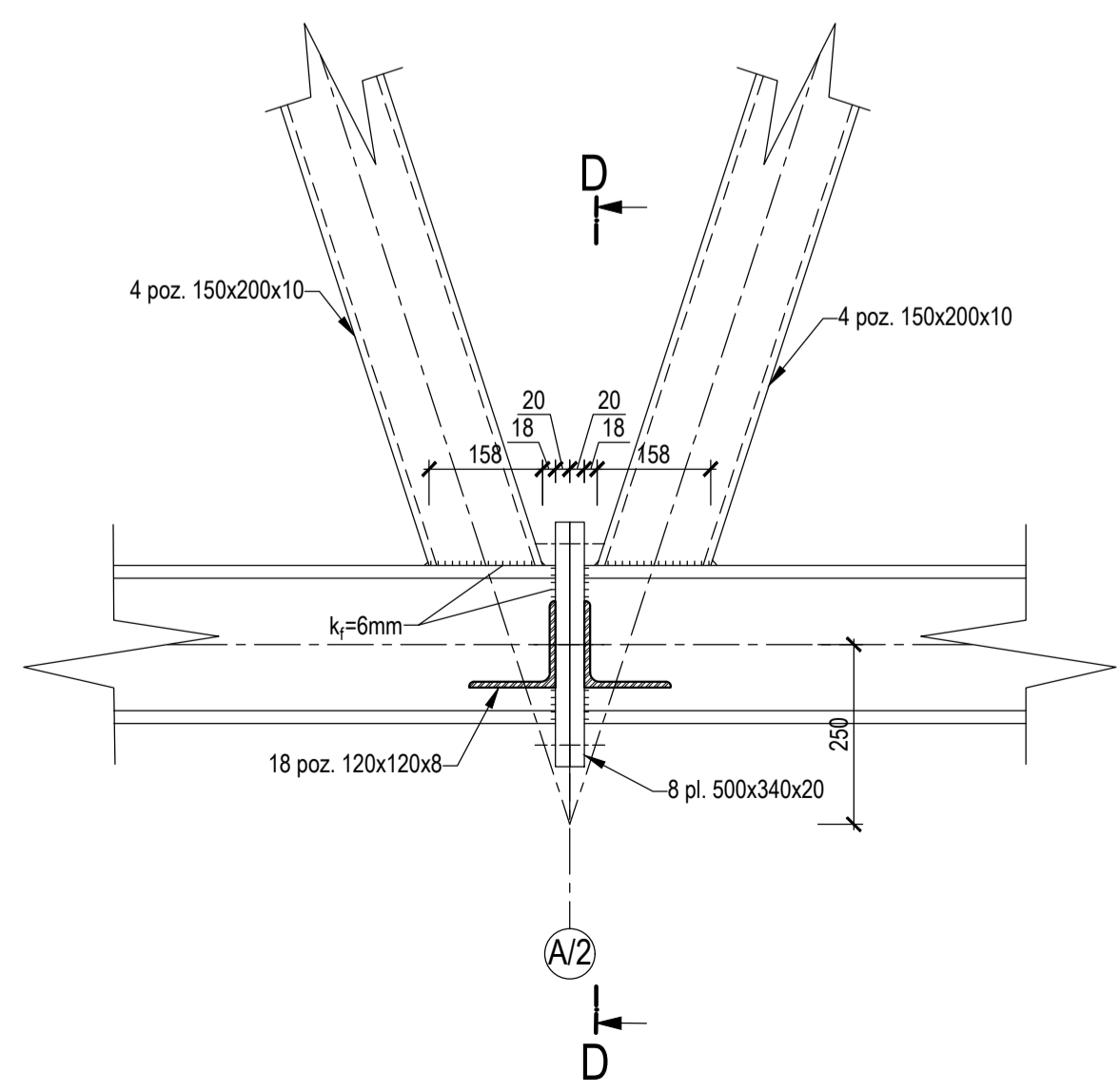
PJŪVIS C-C MASTELIS 1:10



PJŪVIS D-D MASTELIS 1:10



MAZGAS "4" MASTELIS 1:10



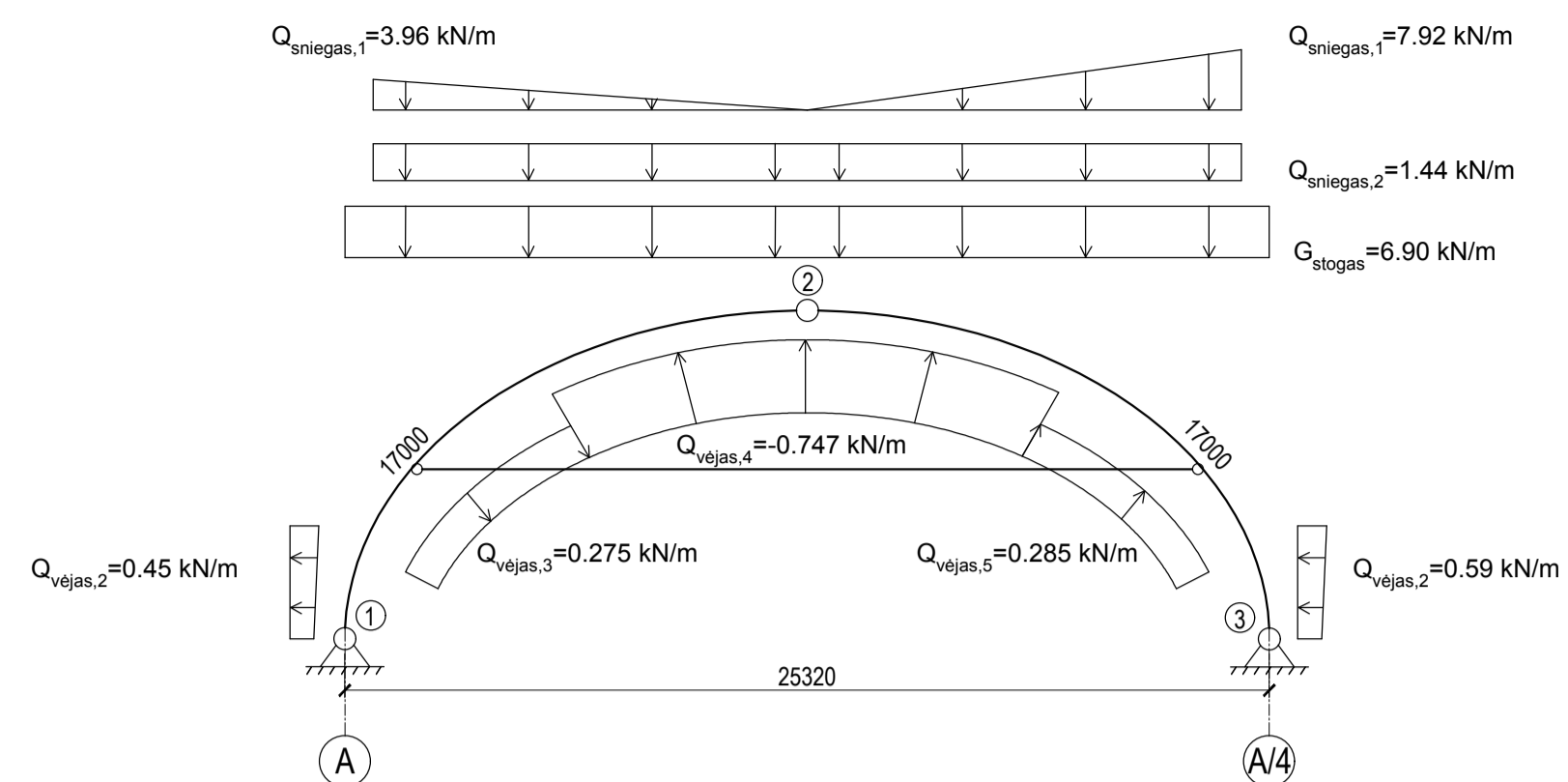
Metalinio - santvarinio kupolo specifikacija

Gaminio markė	Ei. Nr.	Pavadinimas (skerspjūvis, mm)	Plieno markė	Ilgis, mm	Kiekiškis	Masė, kg		Pastabos	
						elemento	bendra		
S1	1	Viršutinė juosta HEB 280	S355	17000	2	1751	3502	7436	
	2	Apatinė juosta HEB 220	S355	6330	4	452	1808		
	3	Spyris (200x150x10)	S355	9300	2	400,83	801,70		
	4	Spyris (200x150x10)	S355	9150	2	394,36	788,72		
	5	Spyris (90x90x8)	S355	5940	2	112,27	263,88		
	6	Kampuotis (140x75x10)	S355	200	4	3,40	13,60		
	7	Plokštelė (500x500x20)	S355	-	2	39,25	78,50		
	8	Plokštelė (500x340x20)	S355	-	2	26,69	53,38		
	9	Plokštelė (500x400x20)	S355	-	4	31,40	125,60		
	10	Sąstanda (60x200x5)	S355	-	4	0,393	1,57		
							Siūlėms ir varžtams 1%	74,4	
							Viso	7510	
S2	11	Santvara-2	S355	-	2	6700	13400	13400	
S3	12	Santvara-3	S355	-	2	6490	12980	12980	
S4	13	Santvara-4	S355	-	2	6125	12250	12250	
S5	14	Santvara-5	S355	-	2	4000	8000	8000	
S6	15	Santvara-6	S355	-	2	2851	5702	5702	
S7	16	Santvara-7	S355	-	2	1728	3456	3456	
PR	17	Viršutinė juosta 120x120x8	S355	3000	16	44,13	706,08	1323	
	18	Apatinė juosta 120x120x8	S355	3000	14	44,13	617,82		
							Bendras	64621	

- Pastabos:**
1. Profilų ir jungiamųjų elementų plieno markė - S355;
 2. Pastato statybos vieta - Druskininkai (sniego apkrovos rajonas - I, vėjo apkrovos rajonas - I);
 3. Kupolo konstrukcija sudaryta iš išilginio rėmo (viršutinė ir apatinė juostos) ir skersinių santvarų;
 4. Kupolo stabilumui ir standumui užtikrinti naudojami išilginiai ir skersiniai metaliniai ryšiai, kurių profilis IPE 100;
 5. Skaičiuojamoji schema ir diagramos pateikiamos pagrindinei santvarai;
 6. Santvarų viršutinėms ir apatinėms juostoms naudojami HEB profiliai, spyriams - stačiakampio ir kvadrato formos vamzdžiai.

Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas		Magistro baigiamasis projektas	
SSM-5	Studentas	A. Petkevičiūtė	2017-01	Parodų rūmų pastato Druskininkuose laikančiųjų kupolinių konstrukcijų tyrimas
	Vadovas	N. Meslinas	2017-01	
	Konsult.	V. Paukštys	2017-01	
Pr. etapas	Statybinių konstrukcijų katedra, LT - 51367 Studentų 48, Kaunas			Laida
MBP				Geometrinė schema: Santvara S1; Mazgai ir jų pjūviai; Įrašų schemas
				2017-MBP-SK
				Lapas
				5
				Lapų
				7

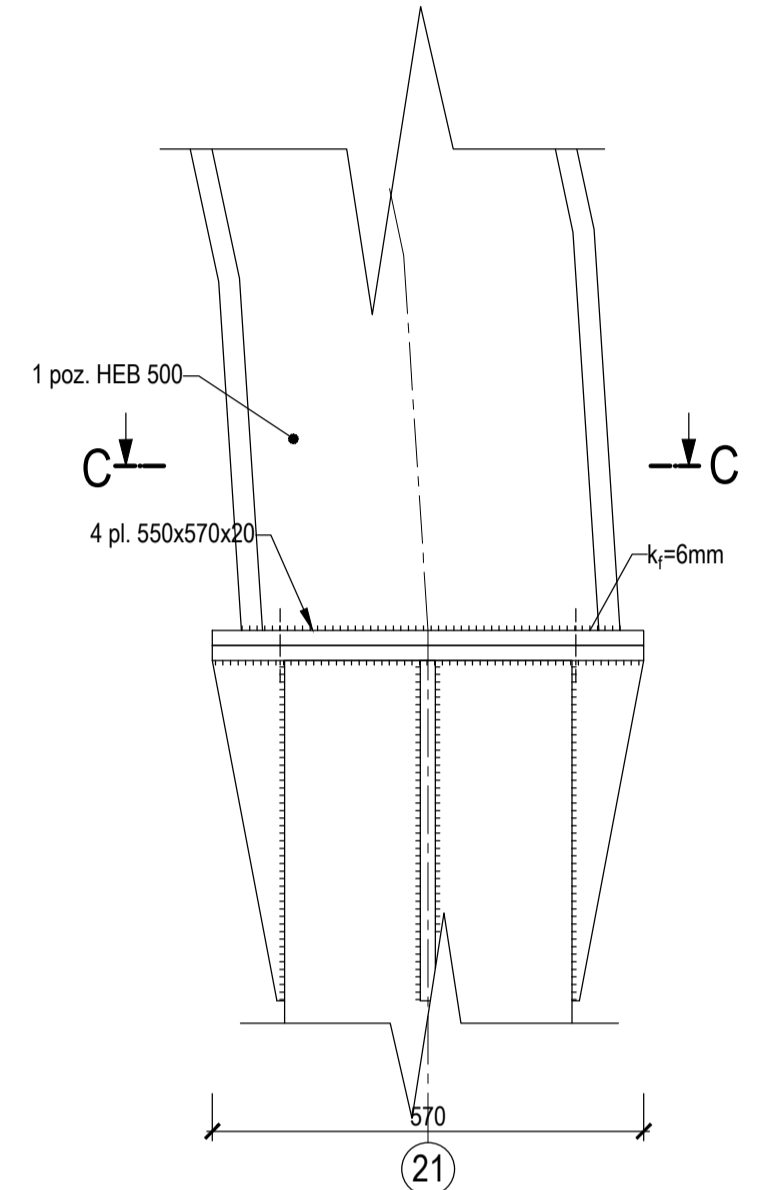
SKERSINĖS ARKOS SKAIČIUOJAMOJI SCHEMA



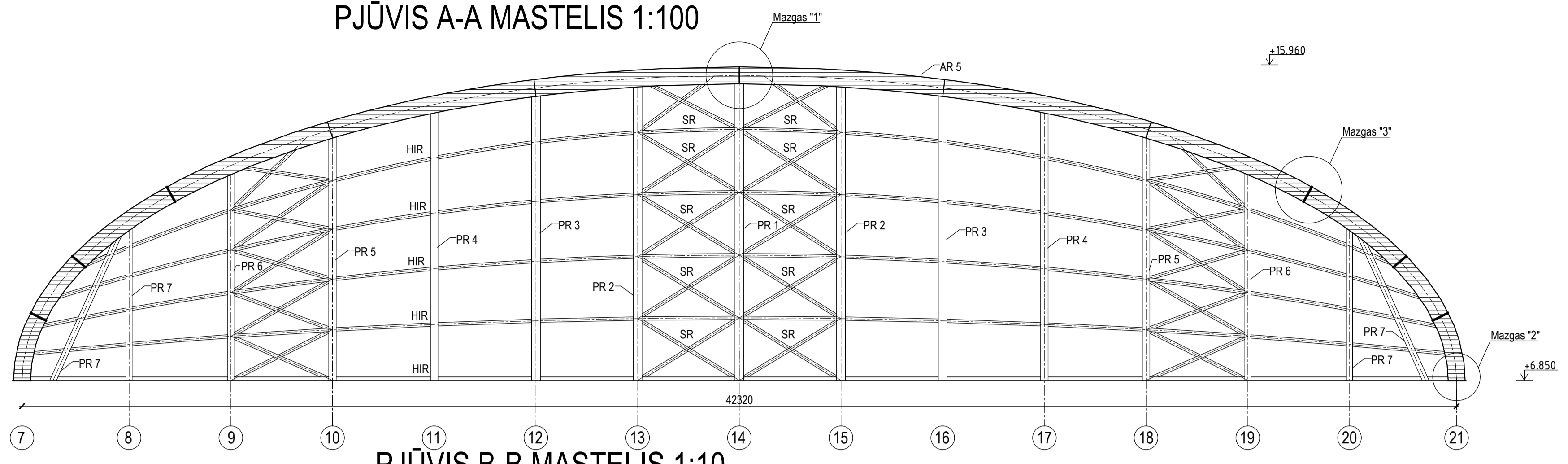
Apkrovų žymėjimai

Žym.	Pavadinimas
G	Nuolatinė apkrova
Q	Laikinoji apkrova

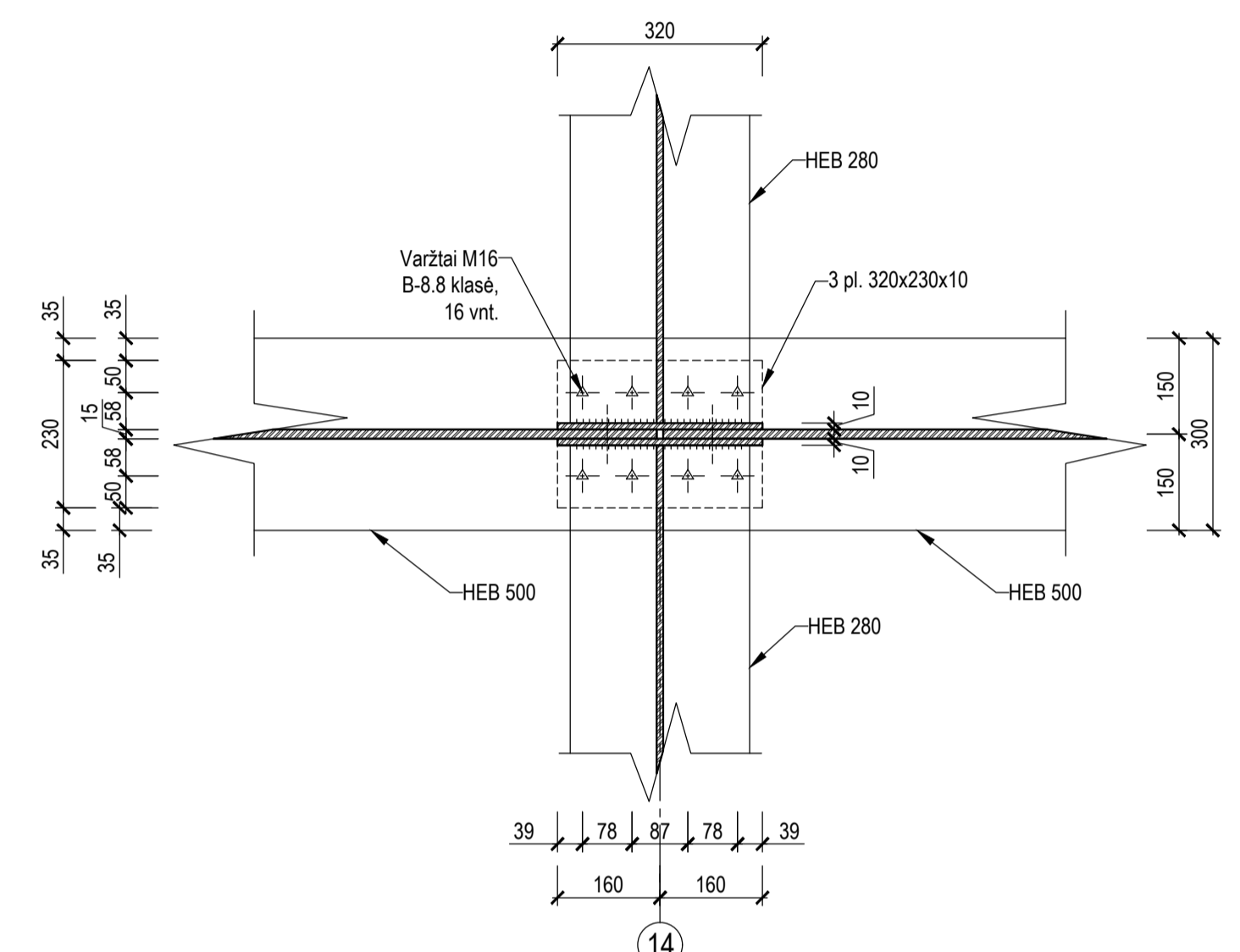
MAZGAS "2" MASTELIS 1:10



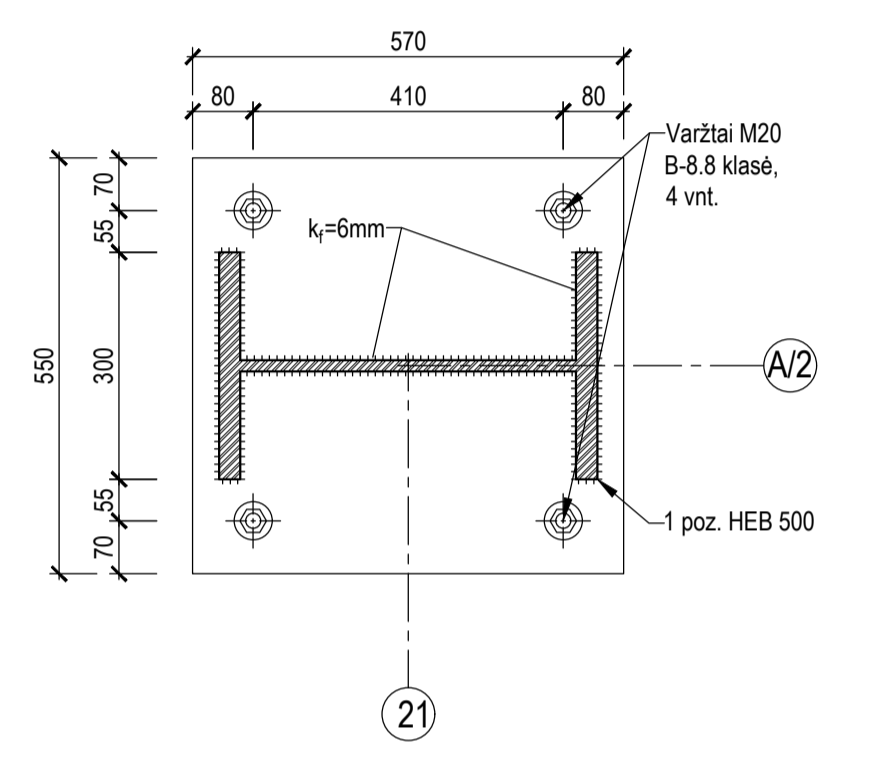
PJŪVIS A-A MASTELIS 1:100



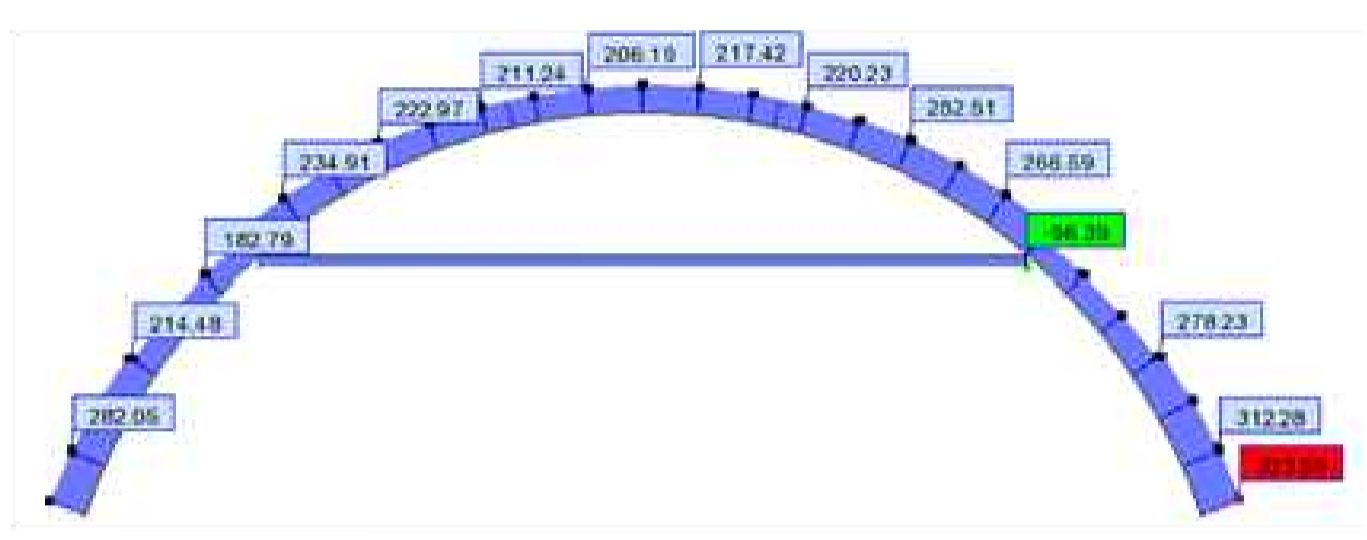
PJŪVIS B-B MASTELIS 1:10



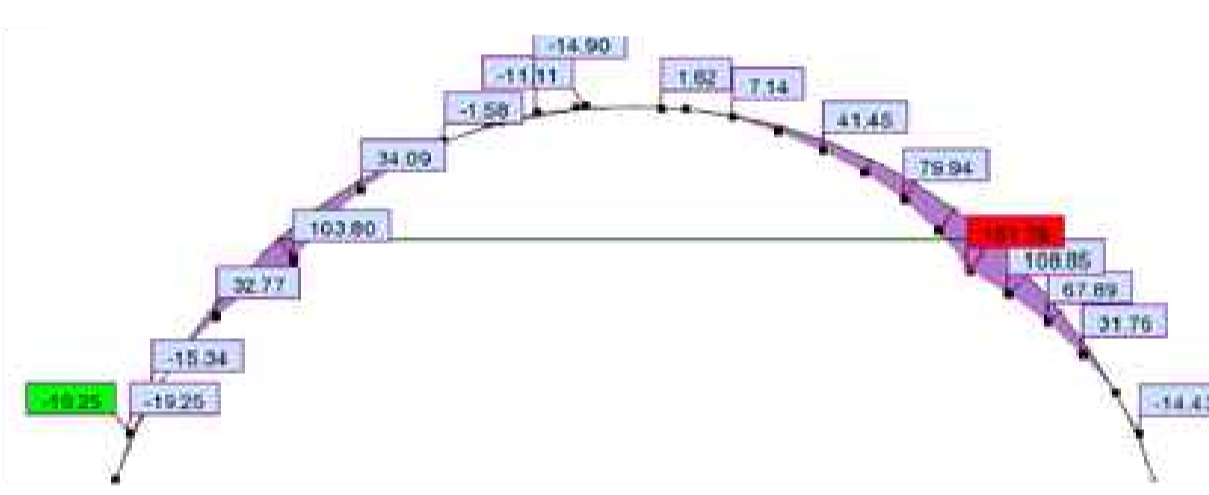
PJŪVIS C-C MASTELIS 1:10



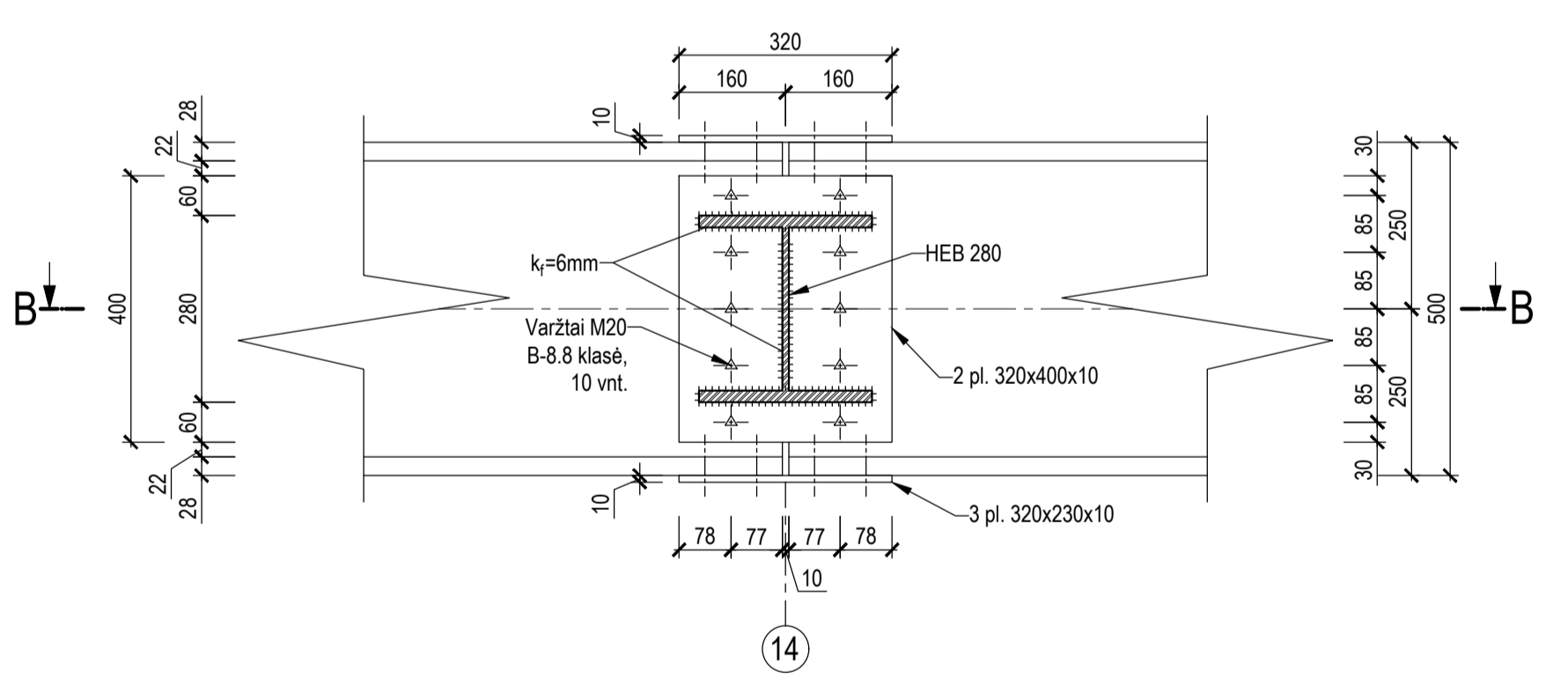
AŠINIŲ ĮRAŽŲ DIAGRAMA



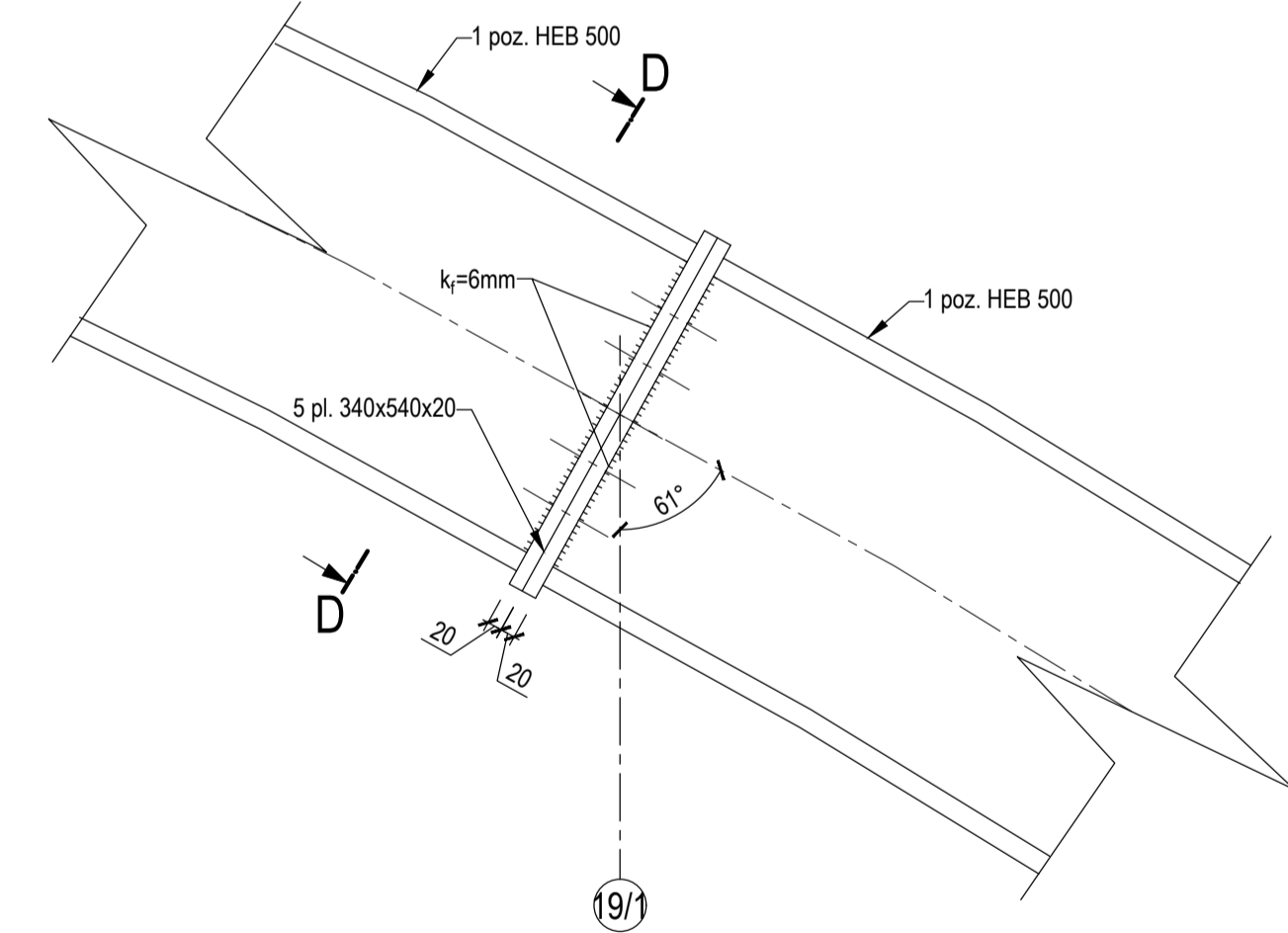
LENKIMO MOMENTŲ DIAGRAMA



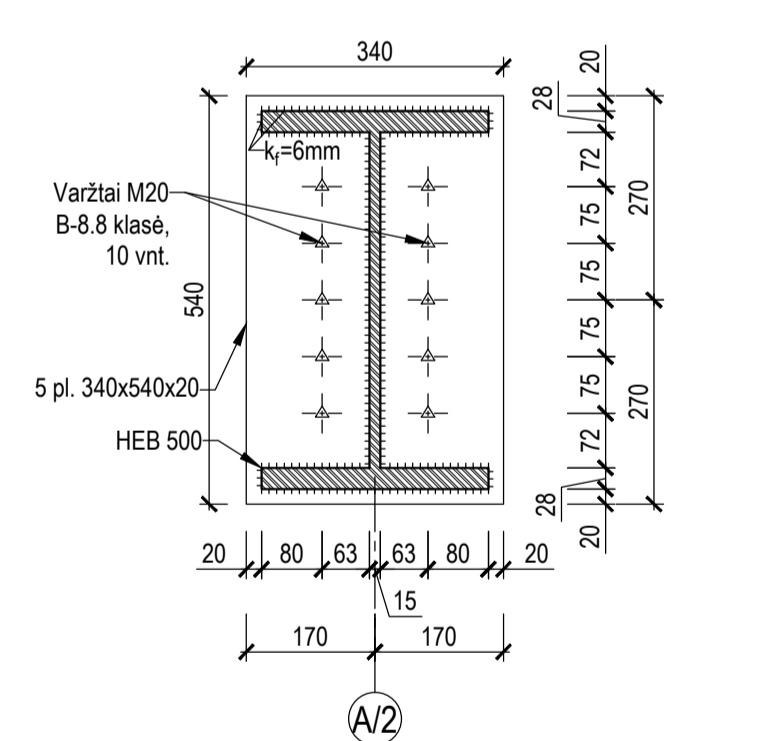
MAZGAS "1" MASTELIS 1:10



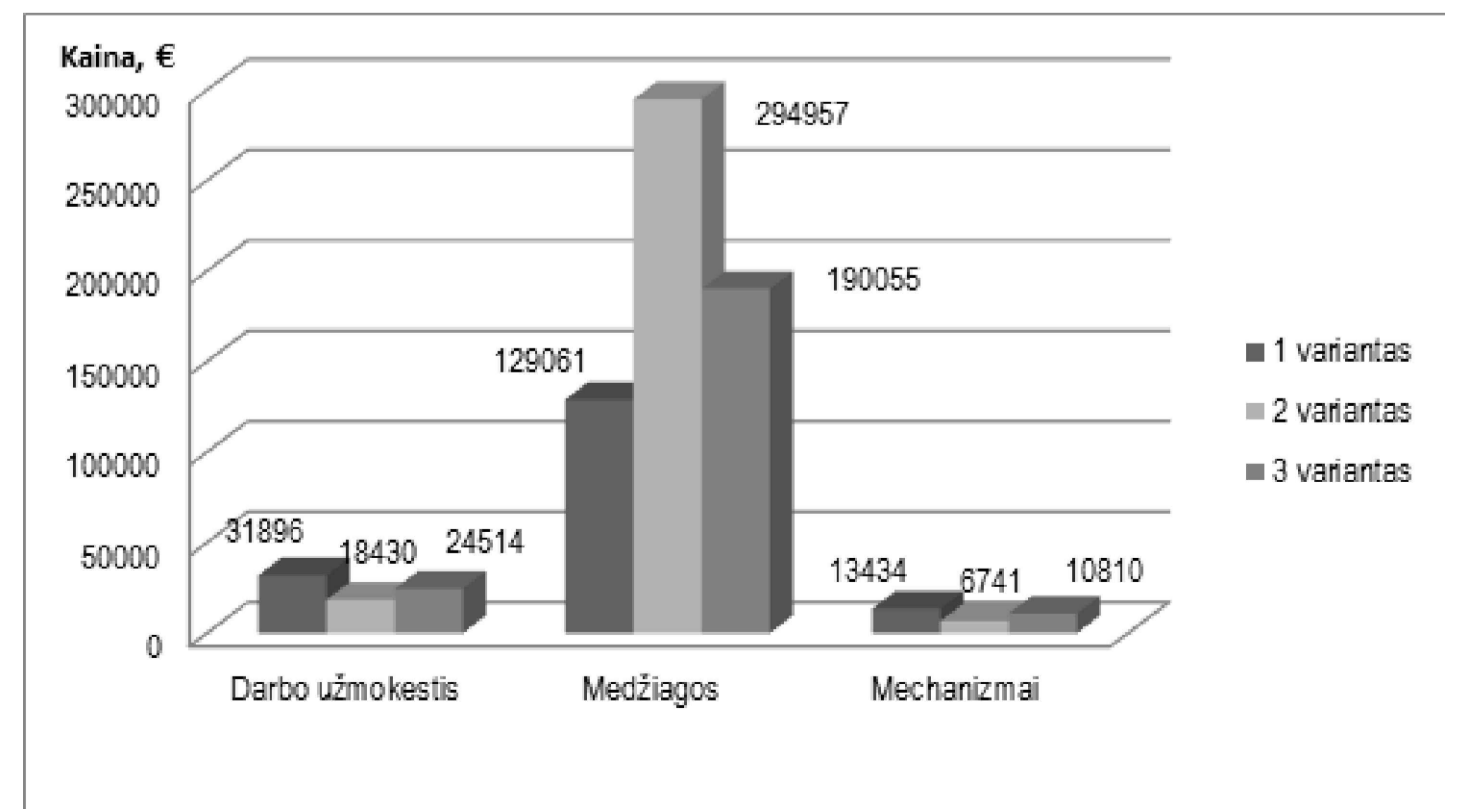
MAZGAS "3" MASTELIS 1:10



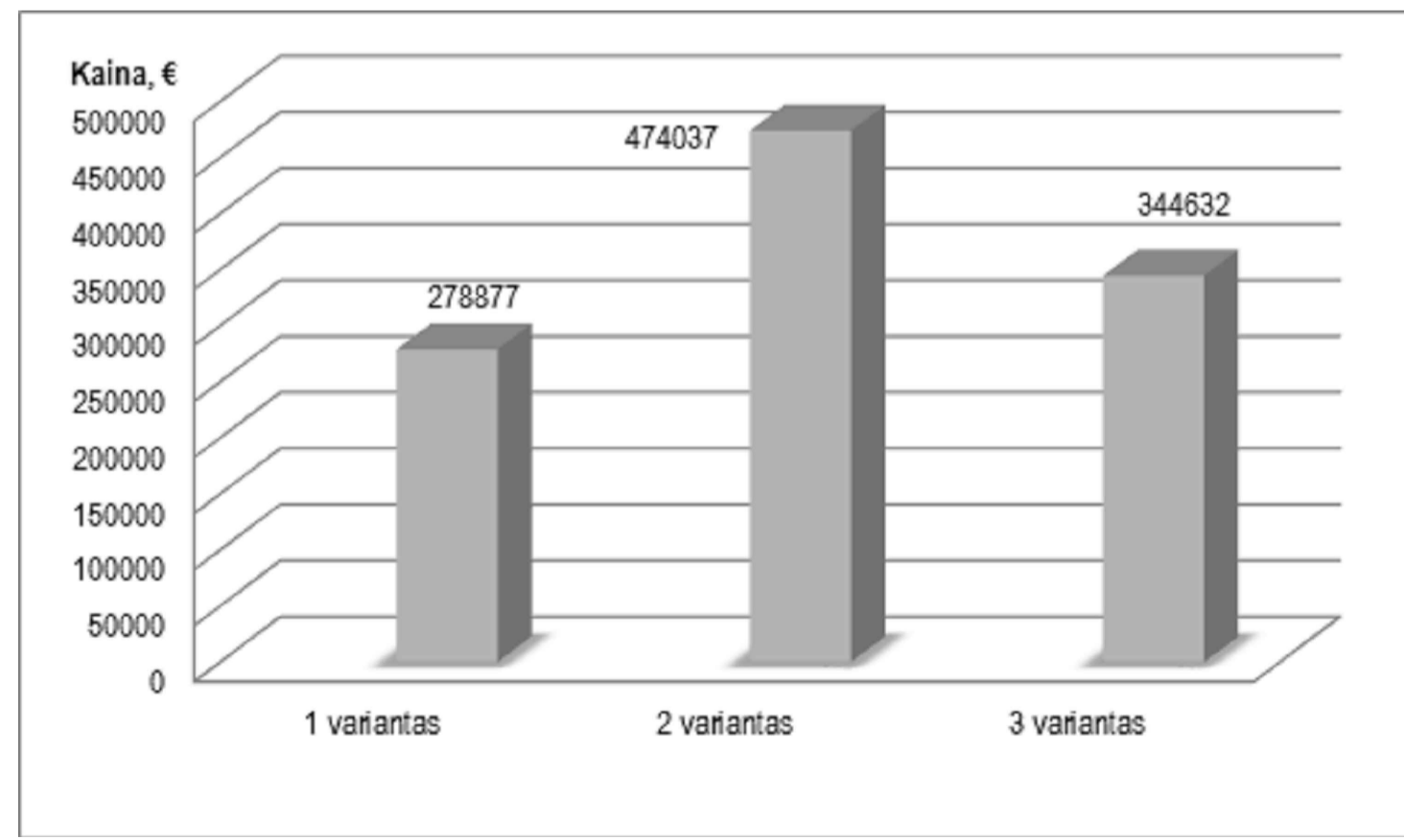
PJŪVIS D-D MASTELIS 1:10



KONSTRUKCIJŲ MONTAVIMO DARBO UŽMOKESČIO, MEDŽIAGŲ BEI MECHANIZMŲ EKONOMINIS PALYGINIMAS



KONSTRUKCIJŲ MONTAVIMO EKONOMINIS PALYGINIMAS



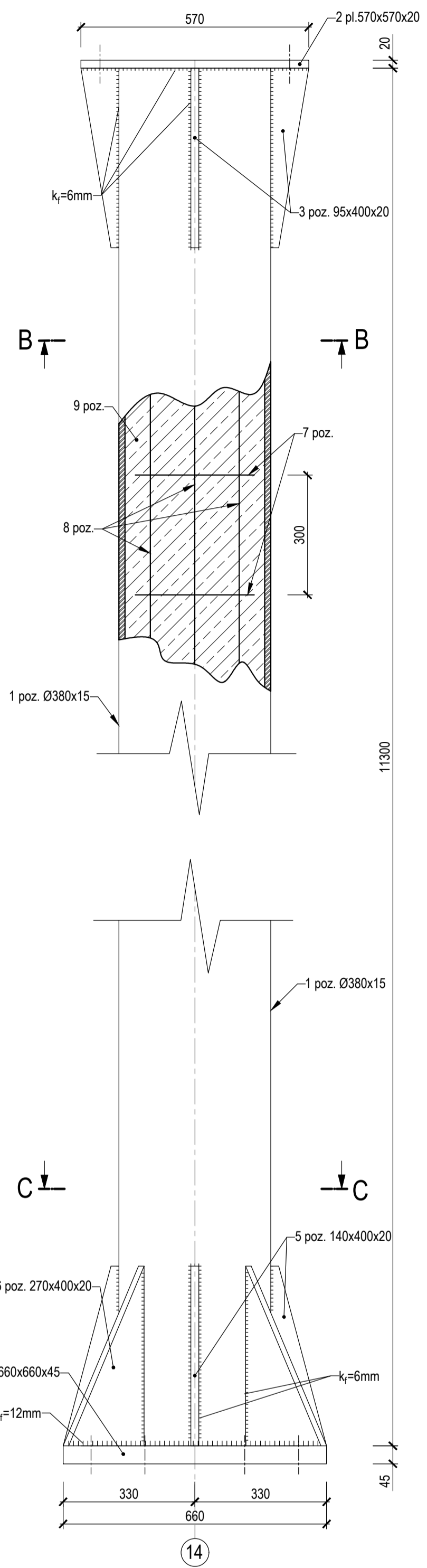
Metalinio kupolo specifikacija

Gaminio markė	El. Nr.	Pavadinimas (skerspjūvis, mm)	Plieno markė	Ilgis, mm	Kiekis	Masė, kg		Pastabos
						elemento	bendra	
AR1	1	Arka HEB 500	S355	49300	1	8527	8527	9130
	2	Plokštėlė (320x400x10)	S355	-	10	10,05	100,5	
	3	Plokštėlė (320x230x10)	S355	-	10	5,78	57,8	
	4	Plokštėlė (550x570x20)	S355	-	2	49,21	98,42	
	5	Plokštėlė (340x540x20)	S355	-	12	28,83	345,90	
						Siūlėms ir varžtams 1%		91,3
						Viso		9221
PR-1	11	Pusarkė HEB 280	S355	17000	2	1581	3162	3162
PR-2	12	Pusarkė HEB 280	S355	16830	4	1565	6261	6261
PR-3	13	Pusarkė HEB 280	S355	16300	4	1516	6064	6064
PR-4	14	Pusarkė HEB 240	S355	15390	4	1281	5124	5124
PR-5	15	Pusarkė HEB 220	S355	14000	4	1001	4004	4004
PR-6	16	Pusarkė HEB 180	S355	12000	4	614,4	2458	2458
PR-7	18	Pusarkė HEB 180	S355	9840	8	510	4080	4080
						Bendras		40374

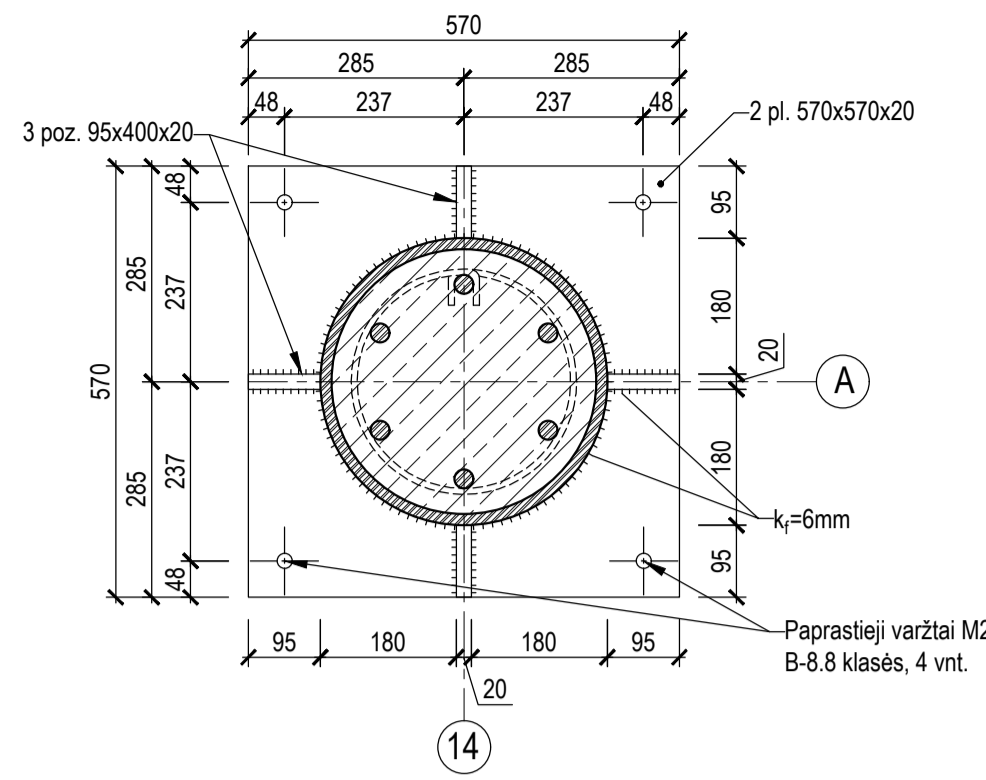
- Pastabos:
- Profiliių ir jungiamųjų elementų plieno markė - S355
 - Pastato statybos vieta - Druskininkai - Druskininkai (sniego apkrovos rajonas - I, vėjo apkrovos rajonas - I);
 - Kupolo konstrukcija sudaryta iš pagrindinės arkos ir skersinių šarnyriškai prijungtų arkų;
 - Kupolo stabilumui ir standumui užtikrinti naudojami išilginiai ir skersiniai metaliniai ryšiai, kurių profilis IPE 100;
 - Skaičiuojamoji schema ir diagramos pateikiamos didžiausiam skersinei arkei.

Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis projektas
SSM-5	Studentas A. Petkevičiūtė 2017-01	Parodų rūmų pastato Druskininkuose laikinųjų kupolinių konstrukcijų tyrimas
	Vadovas N. Meslinas 2017-01	
	Konsult. V. Paukštys 2017-01	
Pr. etapas	Stybinių konstrukcijų katedra, LT - 51367 Studentų 48, Kaunas	2017-MBP-SK
MBP		Lapas 6

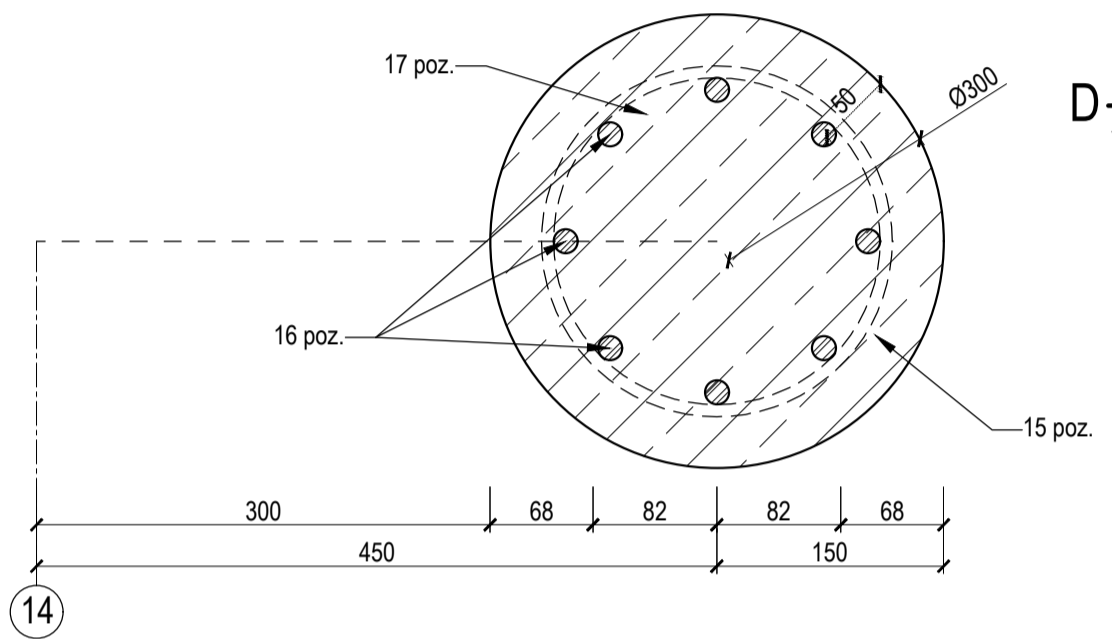
KOLONA K-1 MASTELIS 1:10



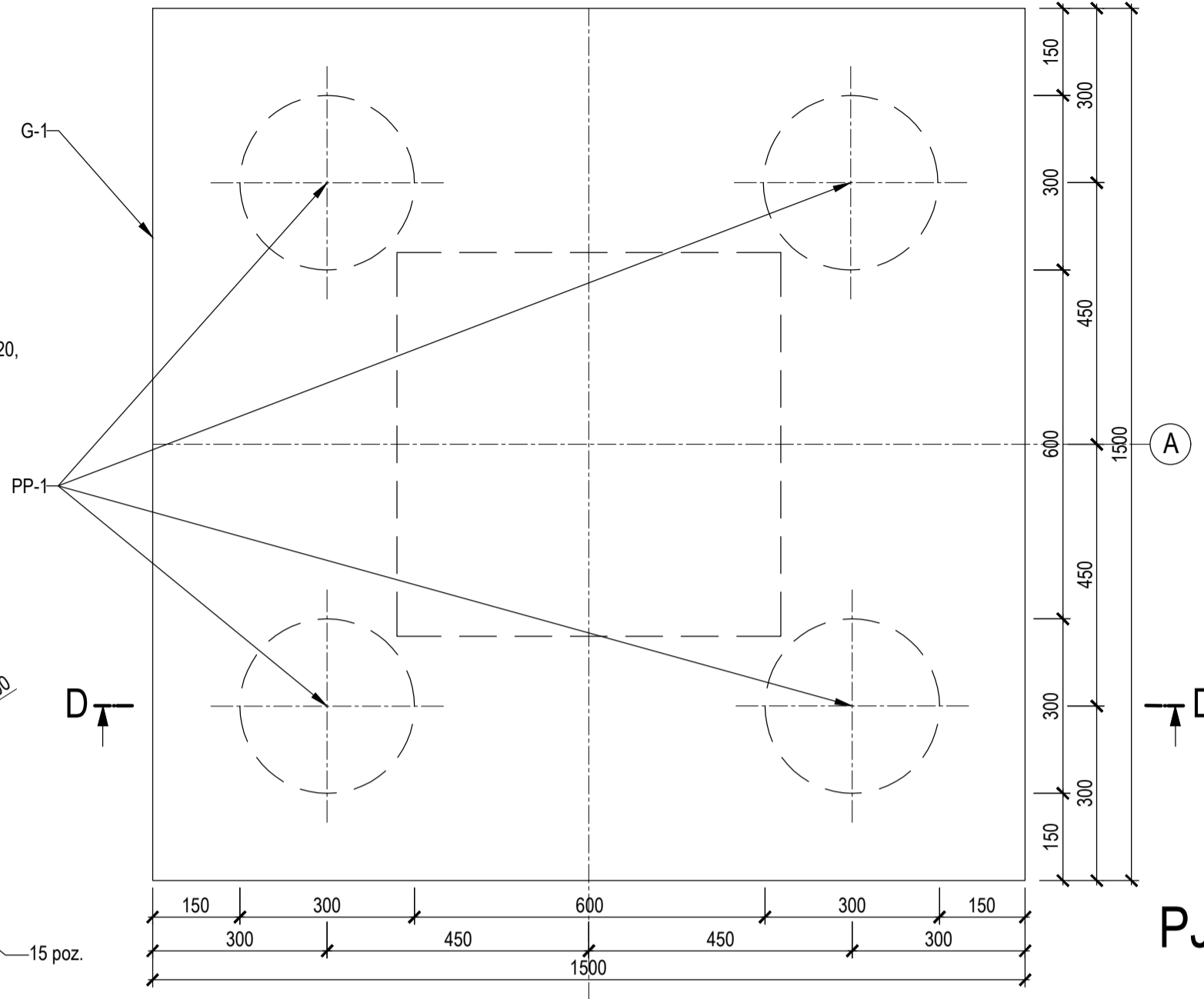
PJŪVIS B-B MASTELIS 1:10



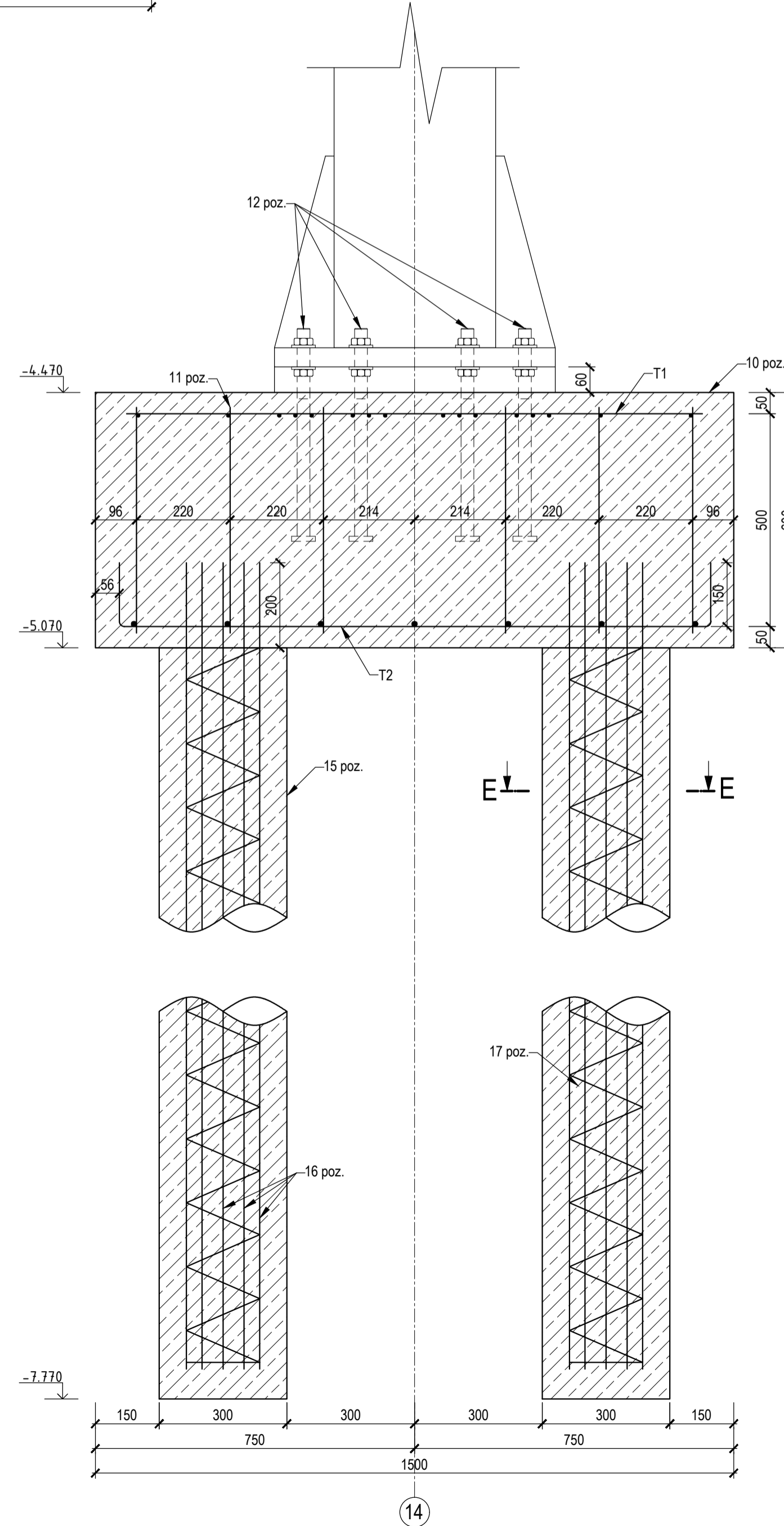
PJŪVIS E-E MASTELIS 1:5



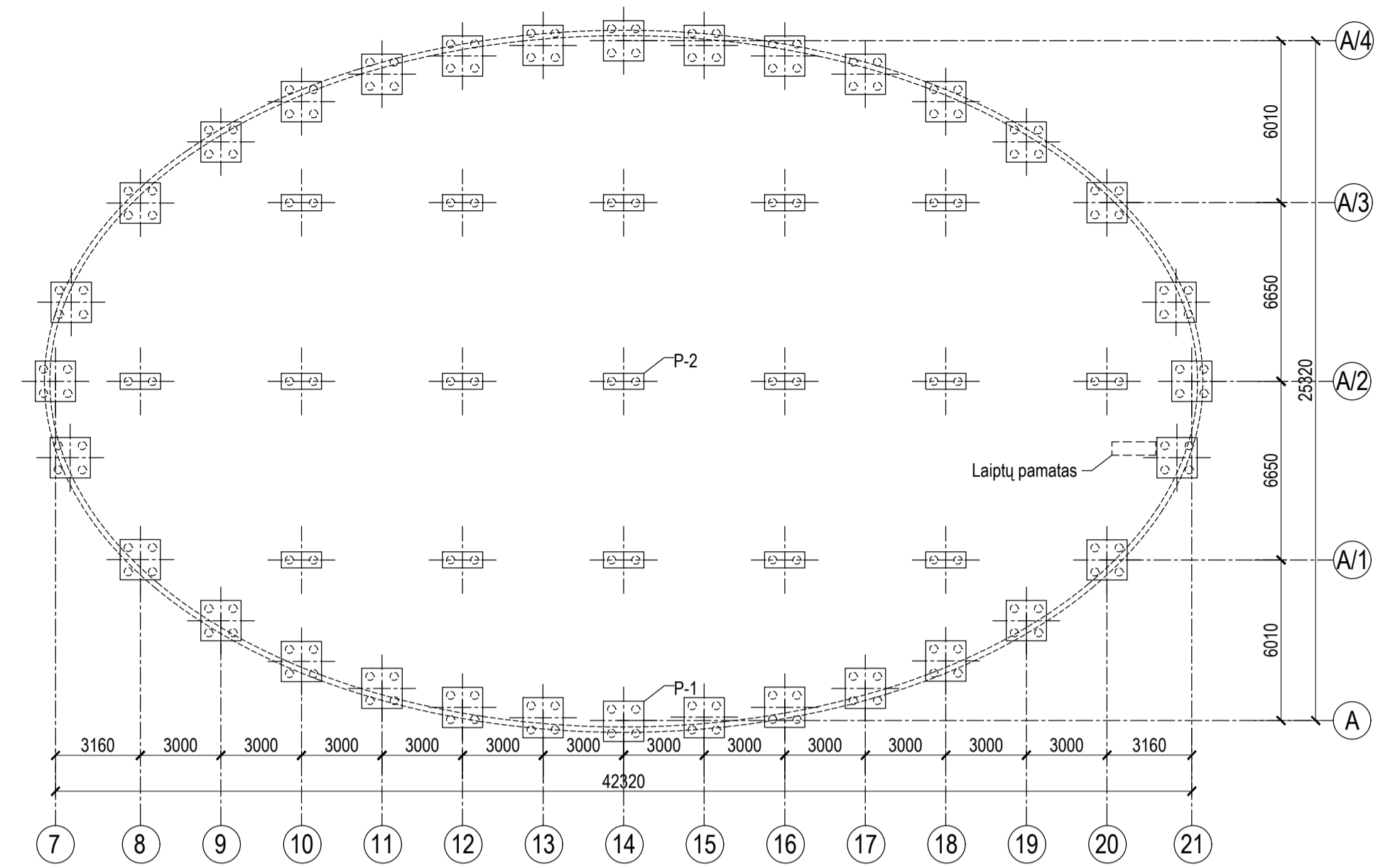
PAMATAS P-1 MASTELIS 1:10



PJŪVIS D-D MASTELIS 1:10



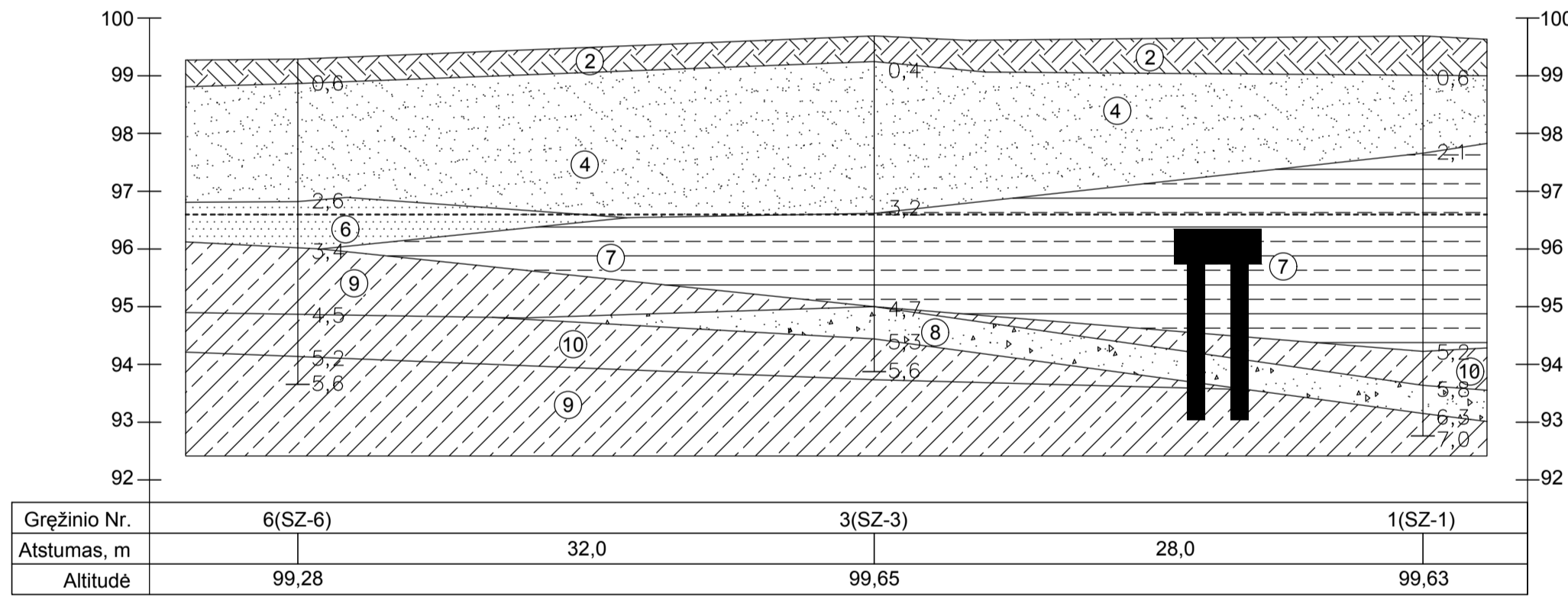
PAMATŲ PLANAS MASTELIS 1:200



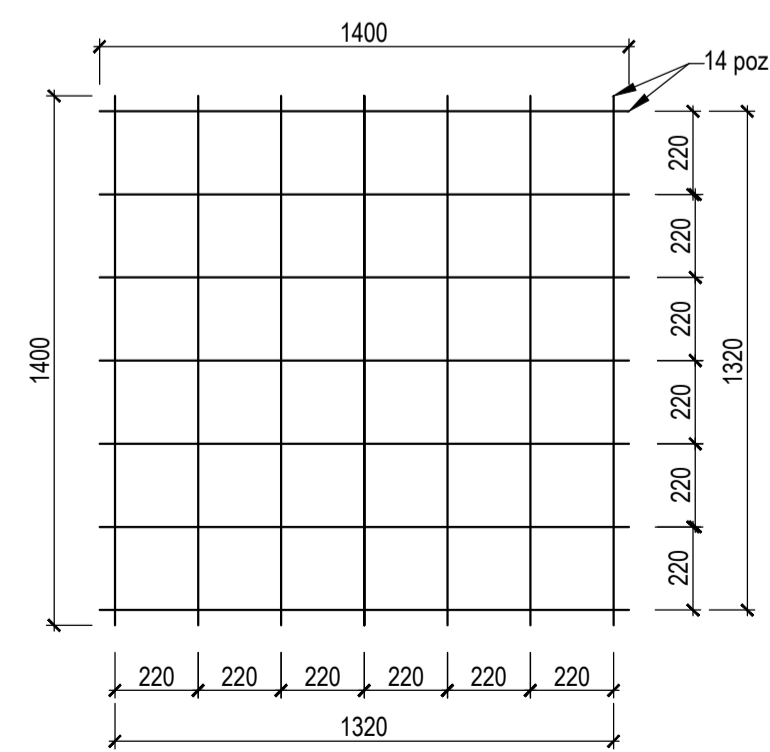
Kompozitinės kolonos K-1 specifikacija

Gaminio markė	El. Nr.	Pavadinimas (skerspjūvis, mm)	Gaminio markė/klasė	Ilgis, mm	Kiekis	Masė, kg/m ³		Pastabos
						elemento	bendra	
K1	1	Plieninis vamzdis Ø380x15	S355	11300	1	1695	1695	1878
	2	Galvenos plokštelė (570x570x20)	S355	-	1	51,01	51,01	
	3	Atraminė briauna (95x400x20)	S355	-	4	2,98	11,92	
	4	Bazės plokštelė (660x660x20)	S355	-	1	68,39	68,39	
	5	Atraminė briauna (140x400x20)	S355	-	4	4,40	17,60	
	6	Atraminė briauna (270x400x20)	S355	-	4	8,48	33,91	
							Sitūlems ir varžtams 5%:	93,90
							Viso:	1972
7		Skersinė armatūra Ø8 s=200 mm	S500	915	38	0,361	13,72	-
8		Išilginė armatūra Ø25	S500	11200	6	43,12	258,72	-
9		Betonas	C25/30	-	-	1,10	1,10	-

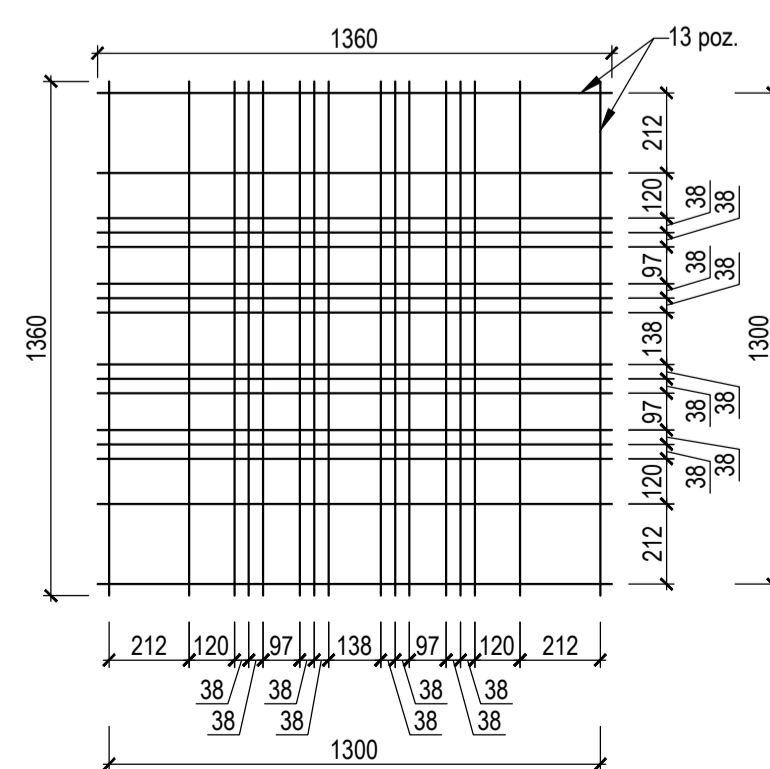
INŽINERINIO GEOLOGINIO PJŪVIO SCHEMA



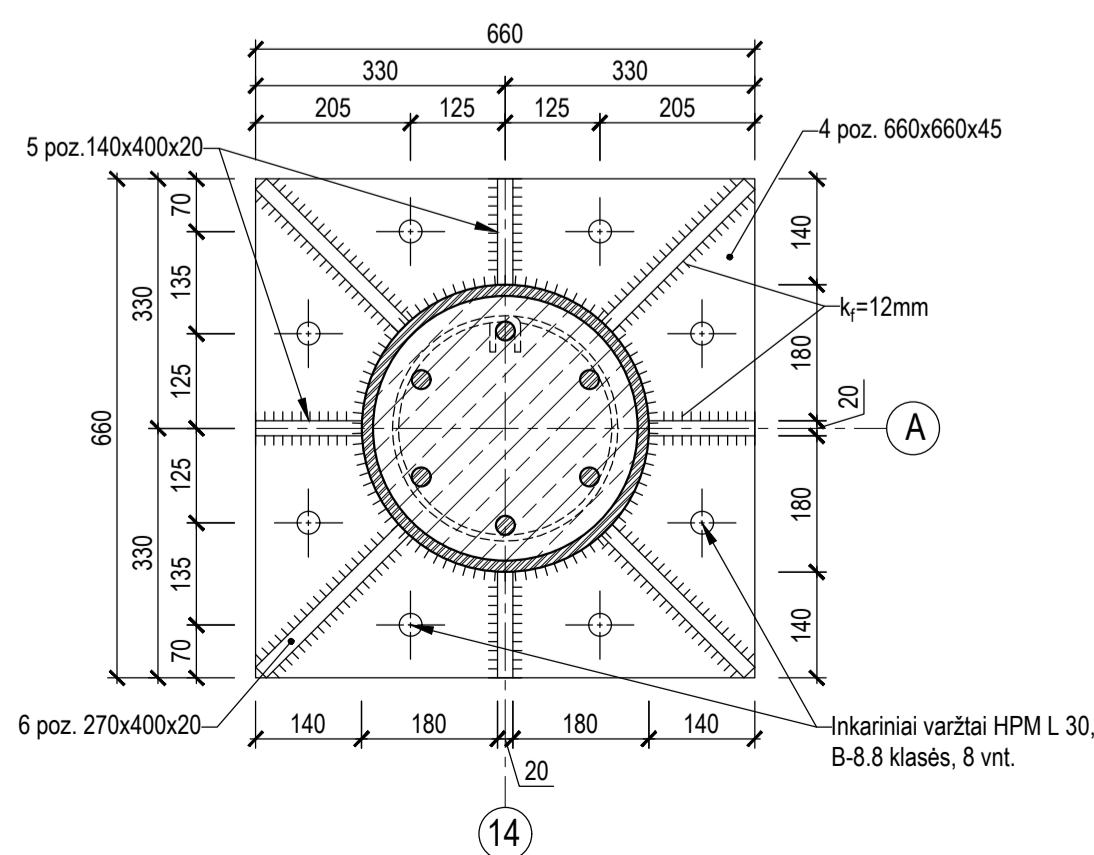
TINKLAS T-2 MASTELIS 1:20



TINKLAS T-1 MASTELIS 1:20



PJŪVIS C-C MASTELIS 1:10



Pamatų P-1 specifikacija

Gaminio markė	El. Nr.	Pavadinimas (skerspjūvis, mm)	Gaminio markė/klasė	Ilgis, mm	Kiekis	Masė, kg/m ³		Pastabos
						elemento	bendra	
G-1	10	Betonas	C25/30	-	1	1,35	1,35	
	11	Skersinė armatūra Ø8	S500	530	36	0,210	7,56	
	12	Inkariniai varžtai HPM L 30	S500	500	8	4,10	32,80	
	13	Armatūros tinklas Ø8	S500	1360	32	0,537	17,18	
PP-1	14	Armatūros tinklas Ø12 s=220 mm	S500	1400	14	1,24	17,36	
	15	Betonas	C25/30	-	4	0,191	0,764	
PP-1	16	Išilginė armatūra Ø16	S500	2865	32	4,53	144,96	
	17	Skersinė armatūra Ø8	S500	-	4	3,62	14,48	

Pastabos:

- Kompozitinės kolonos bazės tvirtinimui naudomsime S355 plieno markės 8 vnt. "Peikko" HPM L 30 inkarinius varžtus.
- Visas metalines konstrukcijas dengti antikoroziniais dažais, atitinkančias C2 apsaugos nuo korozijos klasę.
- Kiekiai pateikiami vienai kolonai ir pamatų blokui.
- Pamatams naudojamas betonas C25/30 klasės. Pamatų aplinkos klasė - XC2.
- Pamatų bloką sudaro 4 poliniai pamatai ir galvena 1500x1500x600mm.

Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas		Magistro baigiamasis projektas	
SSM-5	Studentas A. Petkevičiūtė	2017-01	Parodų rūmų pastato Druskininkuose laikinųjų kupolinių konstrukcijų tyrimas	
	Vadovas N. Meslinas	2017-01	Kolona K-1 ir jos pjūviai; Pamatų planas; Inžinerinio geologinio pjūvio schema; Pamatų P-1 ir jo pjūviai; Tinklas T-1; Tinklas T-2	
	Konsult. V. Paukštys	2017-01	Laida	A
Pr. etapas	Statybinų konstrukcijų katedra, LT - 51367 Studentų 48, Kaunas		Lapas	Lapų
MBP	2017-MBP-SK		7	7