



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS**

Algimantas Bagdonas

**SPORTO PASKIRTIES PASTATO KRETINGOJE STATYBINIŲ
KONSTRUKCIJŲ DALIES PROJEKTAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Lekt. Mindaugas Kasiulevičius

KAUNAS, 2017

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS
STATYBINIŲ KONSTRUKCIJŲ KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas

Doc. dr. Mindaugas Augonis

**SPORTO PASKIRTIES PASTATO KRETINGOJE STATYBINIŲ
KONSTRUKCIJŲ DALIES PROJEKTAS**

Baigiamasis magistro projektas

Statyba (kodas M6046N21)

Vadovas

Lekt. Mindaugas Kasiulevičius

Recenzentas

Projektą atliko

Algimantas Bagdonas

KAUNAS, 2017



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

(Fakultetas)

(Studento vardas, pavardė)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Sporto paskirties pastato Kretingoje laikančiųjų konstrukcijų dalies projektas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 ____ m. _____ d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Algimanto Bagdono**, baigiamasis projektas tema „Sporto paskirties pastato Kretingoje statybinių konstrukcijų dalies projektas“ 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)

Bagdonas, Algimantas. Sporto paskirties pastato Kretingoje statybinių konstrukcijų dalies projektas. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas lekt. Mindaugas Kasiulevičius; Kauno technologijos universitetas, Statybos ir architektūros fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Statyba; Konstrukcijos

Reikšminiai žodžiai: *Santvara, pusrėmis, perdanga, kolona, pamatas, grunto virpesiai.*

Kaunas, 2017. 138 p.

SANTRAUKA

Magistro baigiamajame projekte parengtos sporto paskirties pastato Kretingos mieste konstrukcinė ir tiriamoji mokslinė dalys.

Konstrukcinėje dalyje suprojektuota sporto salės korpuso dvišlaitė trapecinė metalinė santvara iš kvadratinio profilio vamzdžių, baseino korpuso klijuotos medienos arkinis pusrėmis, dviejų skerspjūvių surenkamos perdangos rėmsijos, surenkamo gelžbetonio kolona, spraustinių polių pamatas ir su minėtomis konstrukcijomis susiję mazgai.

Tiriamajoje dalyje išnagrinėti grunto virpesiai, sukeliami spraustinių polių įrengimo metu. Apžvelgti grunto virpesių teoriniai pagrindai, surinkta informacija apie egzistuojančius empirinius virpesių nustatymo modelius, atlikti skaičiavimai, palygintas rezultatų tikslumas ir santykis su rekomenduojamomis ribinėmis grunto vibracijų reikšmėmis.

Bagdonas, Algimantas. *Structural Part of Project of Sport Hall Building in Kretinga: Master's thesis* / supervisor lect. Mindaugas Kasiulevičius. The Faculty of Civil engineering and architecture, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Construction; Structures

Key words: *Truss, arch, ceiling, column, foundation, soil vibrations.*

Kaunas, 2017. 138 p.

SUMMARY

Master's thesis contains structural and scientific parts of a project of sports hall building in Kretinga city.

Structural part consists of designs of these load-bearing structures: steel truss in sports court building using rectangular hollow sections, glued timber arch frame in swimming pool building, two different sections of pre-casted RC beams, pre-casted RC column, a foundation of driven piles and all the necessary connections related to the lateral structures.

Scientific research was carried out regarding soil vibrations due to installation of driven piles. Fundamental laws of soil vibrations have been reviewed. Also necessary data about existing empiric soil vibrations' propagation models has been collected. Using reviewed empiric models, calculations were carried out and precision of them have been compared. Also results have been compared with recommended limit values of vibrations propagation in soil.

Turinys

Įvadas	13
1. Statybos reglamentavimo ir teisės sąlygos.....	14
2. Architektūrinė dalis.....	16
2.1. Situacijos schema.....	17
2.2. Sklypo sprendiniai	17
2.3. Planiniai sprendiniai.....	17
2.4. Architektūriniai sprendiniai	18
3. Konstrukcinė dalis.....	22
3.1. Konstrukciniai sprendimai	22
3.2. Apkrovų nustatymas	24
3.2.1. Nuolatinė apkrova	24
3.2.2. Sniego apkrova.....	28
3.2.3. Vėjo apkrova	31
3.2.4. Naudojimo apkrova	33
3.3. Įrašų nustatymas programine įranga Autodesk „Robot Structural Analysis“	34
3.4. Metalinės santvaros projektavimas	35
3.4.1. Santvaros geometrinių dydžių nustatymas	36
3.4.2. Viršutinės juostos projektavimas.....	36
3.4.3. Apatinės juostos projektavimas.....	39
3.4.4. Tinklelio elementų projektavimas	39
3.4.5. Mazgų projektavimas	43
3.4.6. Statybinės pakylos projektavimas	55
3.5. Gelžbetoninės perdangos projektavimas.....	56
3.5.1. Surenkamo gelžbetonio perdangos plokščių parinkimas	56
3.5.2. RT tipo gelžbetoninio rygelio projektavimas	57
3.5.3. Jungiamieji mazgai.....	70

3.6.	Klijuotos medienos pusrėmio projektavimas.....	72
3.6.1.	Skerspjuvio parinkimas ir normalinio pjūvio stiprumo patikrinimas.....	73
3.6.2.	Atraminio mazgo „1“ projektavimas.....	76
3.6.3.	Atraminio mazgo „2“ projektavimas.....	78
3.7.	Gelžbetoninės kolonos projektavimas	79
3.7.1.	Reikiamo išilginio armavimo skaičiavimas	80
3.7.2.	Normalinio pjūvio stiprumo tikrinimas.....	83
3.7.3.	Istrižojo pjūvio stiprumo tikrinimas	84
3.7.4.	Trumposios gembės projektavimas	85
3.8.	Polinio pamato PM-4 projektavimas	87
3.8.1.	Pagrindo laikomosios galios skaičiavimas	88
3.8.2.	Pagrindo nuosėdzių skaičiavimas.....	91
3.8.3.	Polio normalinio pjūvio stiprumo tikrinimas	94
3.8.4.	Polio įstrižojo pjūvio stiprumo tikrinimas.....	96
3.8.5.	Galvenos reikiamo išilginio armavimo skaičiavimas.....	97
3.8.6.	Galvenos praspaudimo skaičiavimas.....	99
4.	Technologinė dalis	101
4.1.	Paruošiamieji darbai prieš pamatų įrengimą.....	101
4.2.	Žemės darbų apimčių skaičiavimas	101
4.3.	Pamatų betonavimo darbų apimčių skaičiavimas	102
4.4.	Mašinų komplekso darbams parinkimas.....	103
4.5.	Sąnaudų skaičiavimas ir kalendorinio grafiko sudarymas.....	109
4.6.	Spraustinių polių įrengimo technologinis aprašymas	112
4.7.	Darbų sauga	113
5.	Tiriamoji dalis	115
5.1.	Įžanga.....	115
5.2.	Literatūros analizė.....	117

5.2.1. Grunto virpesių teoriniai pagrindai	117
5.2.2. Virpesių lygiai ir priimtinos jų vertės žmonėms bei statiniams	121
5.2.3. Virpesių nustatymo empiriniai modeliai	124
5.2.4. Virpesių skaičiavimas ir rezultatų palyginimas.....	130
Išvados	134
Literatūros sąrašas.....	135
Priedai	139

Lentelių sąrašas

Lentelė 1.1 Pagrindinių normatyvinių statybos techninių dokumentų sąrašas.....	14
Lentelė 1.2 Organizaciniai tvarkomieji statybos techniniai reglamentai	14
Lentelė 1.3 Statybos techninių reikalavimų ir kiti reglamentai.....	15
Lentelė 1.4 Higienos normos, standartai, rekomendacijos, taisyklės.....	15
Lentelė 2.1 Bendrieji sklypo ir statinio rodikliai	16
Lentelė 3.2.1.1 ST-1 tipo denginio sluoksnių apkrovų vertės	24
Lentelė 3.2.1.2 ST-2 tipo denginio sluoksnių apkrovų vertės	25
Lentelė 3.2.1.3 G-1 tipo perdangos sluoksnių apkrovų vertės	25
Lentelė 3.2.1.4 G-2 tipo perdangos sluoksnių apkrovų vertės	26
Lentelė 3.2.1.5 S-1 tipo sienos sluoksnių apkrovų vertės	26
Lentelė 3.2.1.6 S-2 tipo sienos sluoksnių apkrovų vertės	26
Lentelė 3.2.3.1 Koeficientai $c(z)$ gauti interpoliacijos būdu	32
Lentelė 3.2.3.2 Aerodinaminiai koeficientai c_e gauti interpoliacijos būdu	32
Lentelė 3.2.3.3 Vidutinės vėjo slėgio reikšmės $w_{me,i}$, kN/m^2	33
Lentelė 3.2.4.1 Naudojimo apkrovos ant pastatų perdangų	34
Lentelė 3.3.1 Konstrukcijas veikiančių apkrovų tipai	34
Lentelė 3.2.4.2 Galimi ULS ir SLS apkrovų deriniai.....	35
Lentelė 3.4.2.1 Pavojingiausi viršutinės santvaros juostos įrašų deriniai	36
Lentelė 3.4.2.2 Nagrinėjamo profilio skerspjūvio parametrai.....	37
Lentelė 3.4.3.1 Nagrinėjamo profilio skerspjūvio parametrai.....	39
Lentelė 3.4.4.1 Nagrinėjamo profilio skerspjūvio parametrai.....	40
Lentelė 3.4.4.2 Nagrinėjamo profilio skerspjūvio parametrai.....	40
Lentelė 3.4.4.3 Nagrinėjamo profilio skerspjūvio parametrai.....	41

Lentelė 3.4.4.4 Nagrinėjamo profilio skerspjūvio parametrai.....	41
Lentelė 3.4.4.5 Nagrinėjamo profilio skerspjūvio parametrai.....	42
Lentelė 3.4.4.6 Nagrinėjamo profilio skerspjūvio parametrai.....	42
Lentelė 3.4.5.1 Atraminiam mazge besijungiantys elementai.....	44
Lentelė 3.4.5.2 K tipo mazge besijungiantys elementai.....	47
Lentelė 3.4.5.3 Montažinėje jungtyje besijungiantys elementai.....	51
Lentelė 3.4.5.4 Montažinėje jungtyje besijungiantys elementai.....	53
Lentelė 3.5.1.1 Perdangoms tenkančių apkrovų skaičiuotinės reikšmės.....	57
Lentelė 3.5.2.1 Ekstreminės projektuojamo rygelio RT-1 įrašos.....	58
Lentelė 3.5.2.2 Rygelio lentynai tenkančių apkrovų skaičiuotinės reikšmės.....	62
Lentelė 3.5.2.3 Pradiniai projektuojamo rygelio RT-1 skerspjūvio rodikliai.....	66
Lentelė 3.5.2.4 Projektuojamo rygelio RT-1 skerspjūvio geometriniai rodikliai.....	66
Lentelė 3.6.1 Naudojamos klijuotos medienos charakteristikos.....	72
Lentelė 3.6.1.1 Ekstreminės projektuojamo pusrėmio PSR-1 sijos įrašos.....	74
Lentelė 3.6.1.2 Ekstreminės projektuojamo pusrėmio PSR-1 statramsčio įrašos.....	75
Lentelė 3.7.1 Pavojingiausi gelžbetoninės kolonos įrašų deriniai.....	80
Lentelė 3.8.1.1 Apskaičiuotosios $q_{c,I}$, $q_{c,II}$ ir $q_{c,III}$ vertės.....	90
Lentelė 3.8.2.1 Sėdimų skaičiavimo rezultatų suvestinė.....	93
Lentelė 3.8.3.1 Pavojingiausi gelžbetoninės kolonos virš pamatu PM-4 įrašų deriniai.....	94
Lentelė 3.8.5.1 Galvenos armavimo rezultatų suvestinė.....	99
Lentelė 4.2.1 Žemės darbų apimčių skaičiavimas.....	102
Lentelė 4.2.2 Žemės darbų apimčių suvestinė lentelė.....	102
Lentelė 4.3.1 Monolitinių pamatų įrengimo darbų apimčių skaičiavimas.....	102
Lentelė 4.3.2 Hidroizoliacijos darbų apimčių skaičiavimas.....	103
Lentelė 4.3.3 Montuojamų elementų specifikacija.....	103
Lentelė 4.4.1 Buldozerio John Deere 6068T.700J.LT techninės charakteristikos [19].....	103
Lentelė 4.4.2 Ekskavatoriaus Volvo 160 techninės charakteristikos [19].....	105
Lentelė 4.4.3 Savivarčio techninės charakteristikos [19].....	105
Lentelė 4.4.4 Betono siurblio CIFA Magnum MK 28 L techninės charakteristikos [19].....	107
Lentelė 4.4.5 Poliakalės Bauer RG 18T techninės specifikacijos [19].....	108
Lentelė 4.5.1 Mechanizmų poreikio suvestinė lentelė.....	109
Lentelė 4.5.2 Statybinių medžiagų suvestinė lentelė.....	109
Lentelė 4.5.3 Projektuojamo pastato pamatų įrengimo kalendorinis grafikas.....	111
Lentelė 5.2.1.1 Tipinės skirtingų tipų grunto "savojo" dažnio reikšmės [25].....	120

Lentelė 5.2.2.1 J. F. Wiss (1974) nustatytos žmonių reakcijos į trumpalaikius virpesius [21]	122
Lentelė 5.2.2.2 W. F. Chae (1978) siūlomos grunto virpesių ribos pagal gyvenamųjų namų būklę [21]	122
Lentelė 5.2.2.3 C. Dowding (1996) siūlomos ribinės virpesių vertės pagal pasttų tipą [27]	122
Lentelė 5.2.2.4 AASHTO (1990) pasiūlytos ribinės virpesių vertės [25]	123
Lentelė 5.2.2.5 Rekomenduotinos ribinės virpesių reikšmės pagal Eurokodą 3. 5-tą dalį [28]	123
Lentelė 5.2.2.6 Žmonių tolerancija vibracijoms pagal Eurokodą 3. 5-tą dalį [28]	124
Lentelė 5.2.3.1 Modelyje figūruojančių koeficientų siūlomos reikšmės [20]	126
Lentelė 5.2.3.2 x_1 , x_2 ir x_3 koeficientų reikšmės spraustinių polių įrengimo atvejui [30]	127
Lentelė 5.2.3.3 Geometrinio slopinimo koeficientų reikšmės [32]	128
Lentelė 5.2.3.4 Medžiagų slopinimo koeficientai (tinkami P ir S tipo bangoms) [32]	128
Lentelė 5.2.3.5 Koeficiento n reikšmės priklausomai nuo grunto tipo [33]	129
Lentelė 5.2.4.1 Grunto virpesių skaičiavimo skirtingais empiriniais modeliais rezultatai	130

Paveikslėlių sąrašas

Paveikslėlis 3.2.2.1 Sniego apkrovos schema [10]	28
Paveikslėlis 3.2.2.2 Apkrovos schema sniego maišo susidarymo zonoje [10]	29
Paveikslėlis 3.2.2.3 Apkrovos schema sniego maišo susidarymo zonoje [10]	29
Paveikslėlis 3.2.3.1 Vėjo apkrovos schema [10]	31
Paveikslėlis 3.4.1.1 Projektuojamos santvaros SN-1 geometrinė schema	36
Paveikslėlis 3.4.5.1 Atraminis santvaros mazgas ir jo žymenys [10]	43
Paveikslėlis 3.4.5.2 K pavidalo santvaros mazgas ir jo žymenys [10]	46
Paveikslėlis 3.4.5.3 Flanšinė jungtis su uždaro skerspjuvio profilio profiliais [10]	50
Paveikslėlis 3.4.6.1 Projektuojamos santvaros įlinkių schema nuo charakteristinio derinio apkrovų	55
Paveikslėlis 3.5.1.1 Gamintojo „Betonika“ teikiamas laikančiosios galios grafikas [9]	56
Paveikslėlis 3.5.2.1 Stačiakampio skerspjuvio lenkiamojo elemento statmenojo pjūvio stiprio skaičiuotinė schema [12]	58
Paveikslėlis 3.5.2.2 Projektuojamo rygelio RT-1 skerspjuvio geometrinė schema	64
Paveikslėlis 3.6.1.1 Skaičiuojamoji schema klijuotų rėmų lenktoje dalyje įtempiams nustatyti [13]	73

Paveikslėlis 3.6.2.1 Atraminis mazgas „1“	76
Paveikslėlis 3.6.3.1 Atraminis mazgas „2“	78
Paveikslėlis 3.7.1 Ekscentriškai gniuždomo gelžbetoninio elemento skaičiuojamoji schema [12]	80
Paveikslėlis 3.7.4.1 Trumposios gembės atsparumo skersinėms jėgoms skaičiuotinė schema [12]	85
Paveikslėlis 3.8.1 Inžinerinis geologinis pjūvis tarp gręžinių Nr. 5 ir Nr. 6	87
Paveikslėlis 3.8.1.1 $q_{c:I}$, $q_{c:II}$ ir $q_{c:III}$ verčių apskaičiavimo paaiškinimas	89
Paveikslėlis 3.8.2.1 Polinio pamato sėdimų sumavimo metodu skaičiuojamoji schema [17]	91
Paveikslėlis 3.8.5.1 Pamato PM-4 galvenos geometrija lenkimo momentams apskaičiuoti....	98
Paveikslėlis 3.8.6.1 Pamato praspaudimo skaičiuojamoji schema [12]	99
Paveikslėlis 3.8.6.2 Pamato PM-4 netiesioginio praspaudimo skaičiuojamoji schema	100
Paveikslėlis 5.1.1 Virpesių atsiradimas sprautinių polių įrengimo metu	117
Paveikslėlis 5.2.1.1 Kompresinių ir šlyties bangų formavimasis spraudimo metu	118
Paveikslėlis 5.2.1.2 Įtempimų bangų sklidimas iš polio smaigalio spraudimo metu	119
Paveikslėlis 5.2.1.3 Trijų tipų bangos, sklindančios grunto terpėje: (a) Pirminės bangos; (b) Antrinės bangos; (c) Paviršinės bangos.....	120
Paveikslėlis 5.2.1.4 Bangų atsispindėjimas ir lūžimas ties skirtingų savybių gruntų riba [26]	121
Paveikslėlis 5.2.4.1 Grunto dalelių judėjimo greičio ir atstumo iki vibracijų šaltinio priklausomybė	
Paveikslėlis 5.2.4.2 Rezultatai 20-30m intervale ir ribinės vertės.....	131
Paveikslėlis 5.2.4.3 Didžiausi empirinių modelių nuokrypiai nuo aritmetinio vidurkio.....	132
Paveikslėlis 5.2.4.4 P. B. Attewell (1992) ir P. B. Attewell su I. W. Farmer (2008) modelių santykinis nuokrypis nuo vidurkio	133

Įvadas

Projektuojamas sporto paskirties (8.14) pastatas, sporto ir sveikatingumo centras, Savanorių g. 23A, Kretingoje. Projektuojamo statinio statybos rūšis – nauja statyba. Statinio kategorija – ypatingas statinys. Pagal gaisro grėsmę jame, statinys priskiriamas prie P.3. gyventojų aptarnavimo įmonės, plačiau P.3.6. kategorijai: fizinės kūno kultūros bei sveikatingumo kompleksai ir sporto įstaigos, buitinės patalpos, pirtys.

Kitos paskirties, visuomeninio naudojimo būdo, sporto ir gydymo paskirties pastatų statybos naudojimo pobūdžio žemės sklypas užima 4,01 ha plotą. Sklypo plote esantys inžineriniai tinklai: elektros linijos, ryšių linijos, šilumos ir karšto vandens tiekimo tinklai, vandentiekio, lietaus ir fekalinės kanalizacijos linijos bei dujotiekis. Sklype esantys kiti statiniai: pastatas (tribūna) su kavine, pietinė tribūna, šiaurinė tribūna, praėjimo punktai, kiemo aikštelė, sporto aikštynas (futbolo aikštė, bėgimo takas, krepšinio aikštelė), tvora. Sklypo žemės reljefas ramus: žemiausia sklypo altitudė – 28,2 m, didžiausia – 29,5 m, vidutinė – 28,8 m. Ties projektuojamu sporto ir sveikatingumo centro pastatu reljefo vidutinė altitudė – 28,5 m. Maksimalus dirvožemio įšalimo gylis: 0,80 – 1,00 m.

Projektuojamas šildomas trijų aukštų pastatas su rūsiu. Statinio gabaritai plane yra 73,55 x 44,45m (tarp ašių), aukštis – 12,93 m. Pirmo aukšto grindų lygio $\pm 0,000$ altitudė atitinka 29,00 m absoliutinę altitudę. Pastatas projektuojamas dviejų korpusų (baseino ir sporto salės korpusų) sujungtų vienas su kitu. Baseino korpuso viršutinė altitudė 7,34 m, o sporto salės korpuso viršutinė altitudė – 12,93 m. Taip pat remiantis STR 2.06.04:2014 „Gatvės ir vietinės reikšmės keliai. Bendrieji reikalavimai“ [1] nurodymais pagal bendrą pastato patalpų plotą sklype suprojektuota 33 vietų nauja automobilių stovėjimo aikštelė. Bendras vietų skaičius – 90, iš kurių 4 vietos skirtos žmonėms su negalia.

Magistro baigiamajame darbe aprašomi sklypo, pastato architektūriniai bei konstrukciniai sprendiniai, naudotos medžiagos, spalvos ir pan., skaičiuojamas pasirinktos atitvaros šilumos perdavimo koeficientas, generuojamas erdvinis pastato modelis, skaičiuojamos apkrovos nuo įvairių poveikių bei sudaromi šių poveikių deriniai ir atliekami automatiniai konstrukcijų įrašų skaičiavimai. Pagal gautus rezultatus struktūrizuojamos ir projektuojamos pastato laikančiosios konstrukcijos, plačiau nagrinėjama darbo tiriamoji dalis, braižomi architektūriniai bei konstrukciniai darbo brėžiniai ir suformuojamos išvados.

1. Statybos reglamentavimo ir teisės sąlygos

Sporto paskirties pastato (8.14), sporto ir sveikatingumo centro, Savanorių g. 23A, Kretingoje naujo pastato statybos konstrukcijų ir kt. projekto dalys atliktos remiantis:

- statybos techniniais reglamentais;
- kitais galiojančiais normatyviniais dokumentais.

Statybos rūšis. Vadovaujantis STR 01.01.08:2002 „Statinio statybos rūšys“ [2], statybos rūšis yra naujo statinio statyba V sk. p. 8.1. (pastatyti naują statinį).

Statinio paskirtis. Sporto paskirties pastatas, remiantis įsakymu Nr. 1-338 „Gaisrinės saugos pagrindiniai reikalavimai“ [3], - P.3.6. fizinės kūno kultūros bei sveikatingumo kompleksai ir sporto įstaigos be tribūnų žiūrovams, buitinės patalpos, pirtys., bei STR 1.01.09:2003 „Statinių klasifikavimas pagal jų naudojimo paskirtį“ [4] – VI sk. p. 8.14 (sporto paskirties pastatai – skirti sportuoti: sporto salių, teniso kortų, baseinų, čiuožyklų, jachtklubų, šaudyklų, stadionų, maniežių ir kiti pastatai);

Statinio kategorija. Ypatingas, įeina į STR 1.01.03:2017 „Statinių klasifikavimas“ [5] sąrašą.

Lentelė 1.1 Pagrindinių normatyvinių statybos techninių dokumentų sąrašas

Eil. Nr.	Dokumento pavadinimas
1.	LR statybos įstatymas Nr. I-1240, priimtas 2016 06 30, įsigalioja 2017 01 01
2.	LR Aplinkos apsaugos įstatymas Nr. I-2223, priimtas 1992 01 21, įsigalioja 1992 01 30
3.	LR žemės įstatymas Nr. I-446, priimtas 1994 04 26, įsigalioja 1994 07 01
4.	LR teritorijų planavimo įstatymas Nr. I-1120, priimtas 1995 12 12, įsigalioja 1996 01 01
5.	LR atliekų tvarkymo įstatymas Nr. VIII-787, priimtas 1998 06 16, įsigalioja 1998 07 01

Lentelė 1.2 Organizaciniai tvarkomieji statybos techniniai reglamentai

Eil. Nr.	Dokumento pavadinimas
1.	STR 1.05.06:2010 „Statinio projektavimas“
2.	STR 1.01.02:2016 „Normatyviniai statybos techniniai dokumentai“
3.	STR 1.01.03:2017 „Statinių klasifikavimas“
4.	STR 1.01.08:2002 „Statinio statybos rūšys“
5.	STR 1.07.01:2010 „Statybą leidžiantys dokumentai“
6.	STR 1.07.01:2002 „Statybos leidimas“
7.	STR 1.09.04:2002 „Statinio projekto vykdymo priežiūra“
8.	STR 1.09.05:2002 „Statinio statybos techninė priežiūra“
9.	STR 1.14.01:1999 „Pastatų plotų ir tūrių skaičiavimo tvarka“
10.	STR 1.11.01:2010 „Statybos užbaigimas“

Lentelė 1.3 Statybos techninių reikalavimų ir kiti reglamentai

Eil. Nr.	Dokumento pavadinimas
1.	STR 2.01.01(1):2005 „ESR. Mechaninis patvarumas ir pastovumas“
2.	STR 2.01.01(2):1999 „ESR. Gaisrinė sauga“
3.	STR 2.01.01(3):1999 „ESR. Higiena, sveikata, aplinkos apsauga“
4.	STR 2.01.01(4):2008 „ESR. Naudojimo sauga“
5.	STR 2.01.01(5):2008 „ESR. Apsauga nuo triukšmo“
6.	STR 2.01.01(6):2008 „ESR. Energijos taupymas ir šilumos išsaugojimas“
7.	STR 2.03.01:2001 „Statiniai ir teritorijos. Reikalavimai žmonių su negalia reikmėms“
8.	STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“
9.	STR 2.05.03:2003 „Statybinių konstrukcijų projektavimo pagrindai“
10.	STR 2.05.04:2003 „Poveikiai ir apkrovos“
11.	STR 2.05.21:2016 „Geotechninis projektavimas. Bendrieji reikalavimai“
12.	STR 2.05.05:2005 „Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“
13.	STR 2.05.08:2005 „Plieninių konstrukcijų projektavimas“
14.	STR 2.05.07:2005 „Medinių konstrukcijų projektavimas“
15.	STR 2.05.02:2008 „Statinių konstrukcijos. Stogai“
16.	STR 2.05.13:2004 „Statinių konstrukcijos. Grindys“
17.	STR 2.05.20:2006 „Langai ir išorinės įėjimo durys“
18.	Nr. 1-338 „Gaisrinės saugos pagrindiniai reikalavimai“, priimtas 2016 03 02
19.	STR 1.01.04:2002 „Statybos produktai. Atitikties įvertinimas ir “CE” ženklėjimas“

Lentelė 1.4 Higienos normos, standartai, rekomendacijos, taisyklės

Eil. Nr.	Dokumento pavadinimas
1.	HN 33-2007 „Akustinis triukšmas. Triukšmo ribiniai dydžiai gyvenamuosiuose ir visuomeninės paskirties pastatuose bei jų aplinkoje“
2.	HN 35-1993 „Gyvenamosios aplinkos atmosferos orą teršiančių medžiagų didžiausia leidžiama koncentracija“
3.	HN 42-2009 „Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų mikroklimatas“
4.	HN 50:2003 „Visą žmogaus kūną veikianti vibracija: didžiausi leidžiami dydžiai ir matavimo reikalavimai gyvenamuosiuose bei visuomeniniuose pastatuose“
5.	LST EN 1997-1:2007 „EC 7. Geotechninis projektavimas. 1 dalis. Pagrindinės taisyklės“
6.	LST EN 1997-2:2007 „EC 7. Geotechninis projektavimas. 2 dalis. Pagrindo tyrinėjimai ir bandymai“
7.	LST EN 12699:2015 „Specialiųjų geotechnikos darbų atlikimas. Spraustiniai poliai“
8.	LST EN ISO 17660-1:2006 „Suvirinimas. Armatūrinio plieno suvirinimas. 1 dalis“
9.	LST EN 1993-5:2007 „EC 3. Plieninių konstrukcijų projektavimas. 5 dalis. Poliai“
10.	LST EN ISO 15630-1:2003 „Armatūrinis plienas betonui sutvirtinti ir įtempti. Bandymo metodai. 1 dalis. Suvirintieji strypai, vielos ruošiniai ir viela“

ir kiti Lietuvoje galiojantys normatyvai, Vyriausybės nutarimai ir žinybų įsakymai.

2. Architektūrinė dalis

- **Objektas:** Sporto paskirties pastatas Savanorių g. 23A, Kretingos m.;
- **Statybos rūšis:** Nauja pastato statyba;
- **Statinio kategorija:** Ypatingas statinys;

Objekto naujos statybos projektiniai pasiūlymai rengiami remiantis specialiaisiais architektūros reikalavimais, išduotais savivaldybės administracijos, vadovaujantis statytojo pateikta užduotimi, statybos reglamentais ir normomis.

Lentelė 2.1 Bendrieji sklypo ir statinio rodikliai

Pavadinimas	Mato vienetas	Kiekis	Pastabos
I. SKLYPAS			
1.1. sklypo plotas	m ²	40139,6	
1.2. sklypo užstatymo plotas	m ²	4326,8	
1.3. sklypo užstatymo intensyvumas	%	15,47	
1.4. statinio užimtas žemės plotas	m ²	3394,67	
1.5. apželdintas žemės plotas	m ²	20544,8	
1.6. automobilių stovėjimo vietų skaičius	vnt.	90	
1.7. sanitarinės (apsaugos) zonos plotis	m	25,0	oro
1.8. sklypo užstatymo tankumas	%	10,79	
II. PASTATAS (negyvenamas pastatas)			
2.1. paskirties rodikliai (gamybos (kitos veiklos), paslaugų apimtys, butų, vietų, lovų, aptarnaujamų žmonių skaičius, kiti rodikliai)	Sporto ir sveikatingumo paslaugų teikimas; plaukimo baseinas, pirtys, krepšinio (universali) bei treniruoklių salės; Aptarnaujančių žmonių skaičius: ~ 20 darbuotojų		
2.2. bendrasis plotas:	m ²	4734,15	
2.3. pagrindinis	m ²	3651,12	
2.4. pagalbinis	m ²	1083,03	
2.5. garažų	m ²	0,00	
2.6. pastogės plotas	m ²	151,22	
2.7. pastato tūris	m ³	41537,61	
2.8. aukštų skaičius	vnt.	3	su rūsiu
2.9. pastato aukštis	m	12,93	
2.10. energetinio naudingumo klasė	-	B	
2.11. pastato atsparumas ugniai (I, II ar III)	-	I	
2.12. gaisro apkrovos kategorija	-	3	
2.13. atitvarų šilumos perdavimo koeficientai:			
sienu	W/ m ² ·K	0,25	norminis
langu	W/ m ² ·K	1,60	norminis
denginio	W/ m ² ·K	0,30	norminis

2.1. Situacijos schema

Sporto ir sveikatingumo centras projektuojamas Kretingoje, Savanorių g. 23A, centrinėje miesto dalyje. Pastato sklypą supa pagrindinės miesto gatvės: Savanorių gatvė bei Žemaitės alėja, kuri jungiasi su magistraliniu šalies keliu A11. Rytinė sklypo pusė ribojasi su miesto savivaldybės administraciniu pastatu. Pietinė bei Pietvakarinė sklypo dalys ribojasi su mažaaukštės statybos gyvenamaisiais namais. Vakarinėje dalyje, už esamų pastatų (tribūnų, kavinės) yra vienas iš miesto parkų su pėsčiųjų bei dviračių takais.

2.2. Sklypo sprendiniai

Trijų aukštų su rūsiu sporto kompleksas projektuojamas pietrytinėje sklypo dalyje. Aukščiausia pastato altitudė 12,93 m nuo pastato pirmo aukšto grindų lygio, kuris yra lygus 29,00 m absoliutinei altitudei.

Prie pietinio pastato fasado numatoma automobilių stovėjimo aikštelė su 33-jomis lengvųjų automobilių stovėjimo vietomis, iš kurių 4-ios skirtos žmonėms su negalia (ŽN). Papildomai projektuojamos automobilių stovėjimo vietos išdėstytos išilgai pietinei sklypo ribai. Bendras lengvųjų automobilių stovėjimo vietų skaičius - 90. Į teritoriją numatytas vienas įvažiavimas/išvažiavimas iš Savanorių gatvės. Patekimas prie esamų pastatų (tribūnų bei kavinės) paliekamas senojo vietoje, taip pat iš Savanorių gatvės.

Perimetru aplink pastatą klojama betoninių trinkelų nuogrinda. Nuo pastato projektuojami pėstiesiems skirti takai link automobilių stovėjimo aikštelės, taip pat link gatvių sankryžos bei greta sklypo ribos. Automobilių stovėjimo aikštelėms bei įvažiavimui į sklypą numatoma naudoti asfaltbetonio dangą. Pagrindinius pastato fasadus nuo gatvių riboja esami lapuočiai medžiai bei naujai sodinti numatomi sodinukai. Likusieji du fasadai ribojasi su žalia veja apželdintomis sklypo dalimis.

2.3. Planiniai sprendiniai

Pastatas projektuojamas dviejų korpusų (baseino ir sporto salės), sujungtų vienas su kitu. Baseino korpuso viršutinė altitudė 7,34 m, sporto salės korpuso viršutinė altitudė – 12,93 m. Sporto ir sveikatingumo centro pastatas projektuojamas trijų aukštų su rūsiu. Pagrindinis įėjimas į pastatą projektuojamas iš automobilių stovėjimo aikštelės pusės. Sportininkų įėjimas į pastatą numatomas nuo esamo stadiono pusės. Likę įėjimai/išėjimai - evakuaciniai. Rūsysis projektuojamas po baseino korpusu. Patekimas į rūsiu technines patalpas numatomas dviem

būdais: per laiptinę ir lauko laiptus esančius pastato „K“ ašyje. Rūsyje projektuojamos šios patalpos: techninė/inžinerinė patalpa, koridorius, šilumos punktas, techninė patalpa ir laiptinė.

Pastato pirmasis aukštas yra padalintas į penkias funkcines zonas: pagrindinį įėjimą su tambūru skirtą tiek sporto ir sveikatingumo centro lankytojams, tiek žiūrovams; persirengimo patalpų zoną skirtą sportininkams ir aptarnaujančiam personalui; bendrųjų erdvių zoną skirtą renginių bei sporto varžybų žiūrovams, bei aptarnaujančiam personalui; universalią sporto salę ir baseiną. Sporto salė pritaikyta rengti rankinio, krepšinio, kitų sporto šakų varžybas bei kitas sporto ir sveikatingumo treniruotes.

Antrajame sporto ir sveikatingumo aukšte yra išskiriamos trys funkcinės zonos. Pirmojoje funkcinėje zonoje projektuojamos sporto ir sveikatingumo centro administracinės patalpos su sanitariniais mazgais ir holu. Antrojoje funkcinėje zonoje projektuojamos dvi papildomos treniruočių sporto salės. Trečiojoje zonoje numatoma atvira erdvė – balkonas, kurioje pirminiu eksploatacijos etapu nenumatoma vykdyti jokia veikla.

Trečiasis sporto ir sveikatingumo centro aukštas projektuojamas kaip techninis aukštas. Jame numatoma viena techninė/inžinerinė patalpa. Patekimas į ją numatomas per laiptinę.

2.4. Architektūriniai sprendiniai

Išorės apdaila

Sporto ir sveikatingumo centro pastato išorės apdailai naudojama gryno cinko lydinio skarda, stiklo aliuminio konstrukcijos ir daugiasluoksnės fasadinės plokštės. Nepagrindiniai fasadai formuojami naudojant daugiasluoksnės fasado plokštes, kurių išorinė spalva – pilka RAL 9007, vidinė – pilka RAL 9002. Daugiasluoksnės plokštės montuojamos horizontaliu dalinimu. Plokščių gabaritas 5500 x 1100 x 120 mm. Šio tipo sienų atsparumo ugniai laipsnis EI30. Pagrindinis fasadas bei baseino korpuso fasadas konstruojamas iš šiltos, trijų kamerų stiklo – aliuminio konstrukcijos su dvigubais grūdinto, tonuoto ir dalyse emaliuoto pilka spalva, stiklo paketais. Rėmo spalva iš abiejų pusių – pilka RAL 9007. Trečio tipo fasadas dengtas gryno cinko lydinio skarda. Spalva – gryno cinko. Parapetai apskardinami aukštos kokybės gryno cinko lydinio skarda. Turėklai esantys ant stogo iš natūralios spalvos cinkuoto plieno vamzdžių. Lauko durys su tonuotais stiklo paketais ir pilkos RAL 9007 spalvos aliuminiais rėmais. Fasadų sprendimus ir išdėstymą žiūrėti architektūriniuose brėžiniuose.

Stogo įrengimas, lietaus vandens nuvedimas

Pastatui numatoma naudoti dviejų tipų stogo konstrukcijas. Pirmojo tipo konstrukcija naudojama pagrindiniams fasadams, parapetams, lenktiems fasado ruožams, antroji – sporto

salės korpusui. Stogas įrengiamas ant plieninės stogo laikančiosios konstrukcijos. Ant nešančio pakloto klojamos standžios plokšties stogams skirtos mineralinės vatos Paroc ROS 50 sluoksnis (50 mm) ir 600 mm žingsniu tvirtinami mediniai 50 x 50 mm tašai. Ant jų klojama garo izoliacija, kuriai naudojama polietileno plėvelė Paroc XVM 020 bas (200µm) arba analogas. Sekančiu sluoksniu kas 600 mm tvirtinami mediniai 200 x 50 mm tašai, o tarpai užpildomi Paroc eXtra minkštos mineralinės vatos plokštėmis. Toliau klojama Tyvec HD-Soft vėjo izoliacija, mediniai tašai, kalamas ištisinis pušinių lentų paklotas ir tvirtinama gryno cinko lydinio skarda (0,8 mm). Antrojo tipo stogo konstrukcija formuojama ir tų pačių standžių plokšties stogams skirtų mineralinės vatos plokščių Paroc ROS 50 (50 mm), Paroc XVM 020 bas garo izoliacijos (200µm), polistireninio putplasčio EPS 100 (200 mm), apkrovas laikančios mineralinės vatos plokščių Paroc ROB 60 (50 mm) bei prilydomos dviejų sluoksnių bituminės dangos Mida-Technolast.

Taip pat įrengiami stogo dangos vėdinimo kaminėliai (vienas kaminėlis 60 – 80 m² stogo ploto). Įrengiama lietaus nuvedimo sistema – įlajos su grotelėmis. Lietaus vanduo nuo stogo, suformavus nuolydžius, nuvedamas vidiniais, nuo stogelio išoriniais, lietvamzdžiais.

Langai

Aluminio profilių sistema. Saugi (antivandalinė) stiklo aliuminio konstrukcija. Dviejų kamerų aliuminio profilis dažomas polistireniniais milteliniais dažais RAL 9007 spalva. Stiklas grūdintas bei tonuotas pilka spalva. Norminis langų konstrukcijos šilumos perdavimo koeficientas $U = 1,6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

Stoglangiai

Pastate įrengiami kupoliniai dūmų šalinimo stoglangiai bei priešgaisriniai stogo liukai pastato laiptinėse. Kupolas pagamintas iš poli karbonatinės 10 mm storio plokštės. Termoizoliacinis sluoksnis ne mažesnis kaip 50 mm. Stoglangio pagrindas pagamintas iš cinkuotos skardos. Atidarymo rėmas iš aliuminio profilių. Automatinis atidarymo mechanizmas dūmams šalinti valdomas nuotoliniu būdu. Atidarymo/uždarymo kampas iki 40°. Aliuminio elementai dažomi pilka RAL 9007 spalva. Priešgaisriniai liukai iš grūdinto stiklo ir aliuminio konstrukcijos. Aliuminio elementų spalva – pilka RAL 9007.

Lauko ir vidaus durys

Apšiltintos išorės varstomos durys su sustiprintais vyriais. Saugios (antivandalinės). Stiklo – aliuminio konstrukcija. Trijų kamerų aliuminio profilis iš abiejų pusių dažomas polistireniniais milteliniais dažais, pilka spalva RAL 9007. Dvigubas grūdinto tonuoto stiklo paketas. Durys su nulenkiama rankena iš apvalaus profilio, pilkos spalvos. Durų užraktas

parenkamas pagal gaisrinės saugos reikalavimus. Norminis lauko durų šilumos perdavimo koeficientas $U = 1,6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

Vidaus varstomos durys su sustiprintais vyriais, metalinės. Durų varčia 40 mm storio su koriniu užpildu. Staktos ir varčios cinkuotos, gruntuotos. Nulenkiama rankena iš pilkos spalvos apvalaus profilio, be užrakto. Priešgaisrinės vidaus varstomos durys su sustiprintais vyriais, metalinės. Varčia 40 mm storio su koriniu užpildu. Stakta ir varčia cinkuota, gruntuota. Rankena nulenkiama apvalaus profilio, pilkos spalvos, be užrakto. Durų vidaus bei išorės spalva – RAL 9007.

Vidaus apdaila

Pastato vidinės sienos ir pertvaros mūrijamos iš silikatinių blokelių. Mūro storis 120 ir 200mm. Baseino ir sporto salės korpusai atskirti EI45 klasės ugniasiene, o laiptinių sienos atitinka REI60 ugnies atsparumo klasę. Sienos tinkuojamos glaistomos ir dažomos drėgmei atspariais dažais. Pastato grindų dangos yra tokios: šlifuito betono visame pirmame aukšte, antro aukšto balkone, prieangiuose, laiptinėse ir visame trečiajame aukšte; klinkerinės lygios ir klinkerinės grublėtos neslidžios plytelės baseino patalpose; medinis parketas sporto salės patalpoje; homogeninė guminė grindų danga treniruoklių salėje bei keramikinės plytelės sanitariniuose mazguose. Dalies sporto salės sienų vidaus apdaila pilkos RAL 9002 spalvos daugiasluoksnių statybinių plokščių paviršius, kitur dažytos mūrinės sienos. Visų lubų (išskyrus baseino korpusą) lubų apdaila – suvirinto vielos tinklo pakabinamos lubos.

Baseino patalpos apdaila

Prie įėjimo į baseino patalpą turi būti iškabintos baseinų vidaus tvarkos taisyklės, kuriose pateikiama būtina informacija vartotojui. Grindų danga baseino patalpoje, persirengimo patalpoje, dušinėse ir inventoriaus paviršiai turi būti atsparūs cheminių reagentų poveikiui, lengvai valomi ir dezinfekuojami. Grindys aplink baseiną įrengiamos viename lygyje su baseinu. Baseino patalpos sienos turi būti nelaidžios drėgmei, atsparios pelėsiniams ir kitiems grybams. Grindų danga privalo būti neslidi. Baseino perimetru įrengiamos vandens persipylimo įlajos su PVC grotelėmis. Baseino dugno ir sienų paviršiai klojami lygiomis neslidžiomis klinkerinėmis plytelėmis. Baseino galuose, prie starto bokštelių grindys klojamos grublėtomis neslidžiomis klinkerinėmis plytelėmis. Dušuose sienos numatomos iš keramikinių plytelių. Baseino patalpoje plytelės ant sienų klojamos iki 2,10 m altitudės. Lubų danga baseino, dušų ir pirčių patalpose – medinės impregnuotos lentos.

Pastato pritaikymas žmonėms su negalia

Sporto ir sveikatingumo centro pastatas ir visos jo patalpos yra pritaikytas žmonių su negalia reikmėms pagal STR 2.03.01:2001 [6] nustatytus reikalavimus. Projektuojami

koridoriai ne siauresni negu 1500 mm, projektuojamos durys ne siauresnės negu 900 mm (matuojant tarp varčios ir staktos vidaus). Prie ne automatiškai atsidarančių durų paliekamos aikštelės neįgaliojo vežimėliui įvažiuoti. Durų rankenos įtaisomos ne aukščiau negu 1200 mm. Pirmajame ir antrajame pastato aukštuose projektuojami vyrų ir moterų tualetai yra pritaikomi neįgaliesiems. Projektuojamų kabinų dydžiai tokie, kad sumontavus būtinus sanitarinius prietaisus liktų laisvas 1500 mm skersmens plotas vežimėliui apsisukti, jų durys atsidaro į išorės pusę. Unitazai turi būti pastatyti taip, kad iš vieno jo šono liktų ne siauresnis kaip 900 mm tarpas vežimėliui pastatyti, taip pat ne arčiau kaip 300 mm iki pertvaros. 800 mm – 900 mm aukštyje nuo grindų turi būti įrengti atlenkiami arba pasukami horizontalūs turėklai su alkūnių ramsčiais. Užraktus būtina įrengti ne aukščiau nei 1200 mm nuo grindų paviršiaus. Baseino zonoje, į abu, seklyjį ir gilųjį baseinus, numatyti automatizuoti keltuvai, skirti nuleisti ir iškelti žmones su negalia iš vandens.

Higiena, apsauga, aplinkos apsauga

Projektuojamose patalpose neturi būti grėsmės žmonių sveikatai dėl kenksmingų dujų išsiskyrimo, pavojingų kietųjų dalelių ar dujų atsiradimo ore, pavojingos spinduliuotės, vandens ar dirvožemio taršos, nuotekų, dūmų, kietųjų ar skystųjų atliekų netinkamo šalinimo, statinio konstrukcijų ar statinio vidaus drėgmės.

Darbo patalpose, kuriose nuolat dirbama, taip pat baseine ir sporto salėje užtikrintas natūralus apšvietimas. Kabinetuose projektuojamas šoninis darbo vietų apšvietimas.

Energijos taupymas ir šilumos išsaugojimas

Projektuojant naują statinį siekiama, kad naudojant pastatą, būtų kuo mažesnės energijos sąnaudos, atsižvelgiant į vietovės klimato sąlygas ir pastato naudojimo reikmes. Tuo tikslu apšiltinamos pastato atitvaros (sienos, stogas, cokolis), pastato atitvarų rodikliai turi neviršyti leistinų ribinių verčių.

Žmonių srauto judėjimas pastate

Susisiekimą tarp skirtingų pastato aukštų užtikrina trys skirtinguose pastato kraštuose esančios laiptinės, keltuvai, holai ir koridoriai. Žmonių judėjimo keliams nustatomi tokie patys žmonių saugos reikalavimai, kaip ir evakuacijos keliams. Aplinkoje neturi būti išsikišusių konstrukcijų ar jų elementų, aštrių ar pjaunančių briaunų, kurios gali sužeisti. Stiklinės durys, pertvaros ar vitrinos turi būti apsaugotos nuo galimo susidūrimo, įrengiant saugos priemones ar įspėjamuosius ženklus.

3. Konstruktinė dalis

3.1. Konstruktiniai sprendimai

Pamatai

Atsižvelgiant į geologinių tyrinėjimų rezultatus bei ekonominius skaičiavimus, objekte numatyta įrengti Ø350 mm skersmens spraustinius polinius pamatus.

Po surenkamomis gelžbetoninėmis kolonomis, priklausomai nuo poveikių į pamatus ir konkrečių geologinių sąlygų toje zonoje, įrengiamos 2-jų, 3-jų arba 4-ių polių galvenos. Po mūro sienomis poliai įrengiami eilėje ir standžiai sujungiami su monolitine pamatine sija. Ant monolitinių pamatinių sijų įrengiama horizontali hidroizoliacija. Remiantis LST EN 12699:2015 „Specialiųjų geotechnikos darbų atlikimas. Spraustiniai poliai“ [7] poliams naudojamas C25/30 XC2 W4 klasės betonas. Poliai armuojami erdviniais karkasais pagamintais naudojant S500 klasės armatūrą. Erdviniai armatūros karkasai gaminami naudojant kontaktinį suvirinimo būdą pagal LST EN ISO 17660-1:2006 [8]. Galvenoms, pamatinėms sijoms ir kitoms monolitinėms pamatų konstrukcijoms naudojamas C25/30 XC2 klasės betonas. Iš galvenų išleidžiama inkarinė armatūra monolitinėms kolonomis įrūsintoje pastato dalyje ir inkariniai varžtai surenkamo gelžbetonio kolonomis, likusioje pastato dalyje.

Polių ilgiai parinkti taip, kad padai remtųsi į (IGS-6) Baltijos stadijos moreninių darinių vyraujančią gruntą, kietai plastingą smėlingą dulkingą moreninį molį: $\gamma = 22,0 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 29,0^\circ$, $E = 46,8 \text{ MPa}$. Po šiuo sluoksniu ištyrinėtoje sklypo dalyje slūgso 0,25 – 0,65 m storio žvyro sluoksnis (IGS-7). Pamatai po kolonomis projektuojami atsižvelgiant į šio sluoksnio buvimą ir galimą neigiamą įtaką polių įrengimo procesui. Remiantis inžinerinių geologinių tyrinėjimų ataskaitos duomenimis IGS-7 $q_c = 23,6 \text{ MPa}$ ir nepaisant mažo šio grunto sluoksnio storio, objekte numatomai naudoti poliakalei su 900 kN vibroplaktu nepakaktų galios prasprausti šio rupaus grunto sluoksnio. Būtent dėl šios priežasties polių pado altitudės nesiekia minėtojo inžinerinio geologinio sluoksnio.

Kolonos

Objekte naudojamos tiek monolitinės, tiek ir surenkamos gelžbetoninės kolonos. Monolitinės kolonos betonuojamos įrūsintoje pastato dalyje (baseino korpuse). Pastarųjų gabaritai yra 400 x 400 mm ir betonuojamos iki -0.400 santykinės pastato altitudės. Nuo šios altitudės ir aukščiau pastato karkasas yra iš surenkamų elementų. Kartu su monolitinėmis kolonomis betonuojasi ir rūšio atraminės sienos. Sienų storis 250 mm ir aukštis lygus kolonų aukščiui. Naudojamas C25/30 XC2 klasės betonas ir S500 klasės armatūra. Kolonos su pamatu standžiai sujungiamos naudojant inkarinę armatūrą. Kolonų ir sienų paviršiaus kokybė turi būti

pakankama neatlikti papildomai apdailai. Viršžeminėje pastato dalyje naudojamos 400 x 400 ir 500 x 500 mm skerspjūvio surenkamos gelžbetoninės kolonos. Kolonos išdėstytos 5,5 x 5,5 m tinkleliu. 500 x 500 mm kolonos naudojamos sporto salės deformaciniame bloke, kitur – 400 x 400 mm. Surenkamos kolonos gaminamos naudojant C30/37 XC1 klasės betoną. Kolonų briaunos daromos su ne mažesnėmis nei 15mm nuožulomis. Kolonos per inkarinius varžtus galvenose, standžiai jungiamos su pamatais. Kolonų bei skersinių rėmų pastovumui ir bendram darbui užtikrinti naudojami vertikalūs ryšiai iš šaltai temptų kvadratinio profilio vamzdžių, pagamintų iš S275J2 klasės plieno.

Perdangos

Pastate naudojamos vieno tipo perdangos: surenkamos (HCS tipo), kurias Lietuvoje gamina UAB „Betonika“ [9]. Surenkamoms perdangoms naudojamos gamyklinės kiaurymėtosios perdangos plokštės iš C30/37 XC1 klasės betono. Ruožai aplink baseino konstrukciją betonuojami vietoje naudojant C35/45 XD2 klasės betoną ir S500 klasės armatūrą. Monolitinė perdanga remiama ir sujungiama su monolitinėmis rūšio sienomis, o perdangos plokštės montuojamos ant surenkamo gelžbetonio rygelių. RT bei RL tipo rygeliai šarnyriškai (varžtais) jungiami su pastato kolonomis. Jų ilgis kintamas ir siekia iki 5,95 m. Sumontavus perdangos plokštes siūlės suarmuojamos, užmonolitinamos formuojamos atitinkamos grindų konstrukcijos.

Deginio konstrukcijos

Baseino zonoje deginio laikančiosios konstrukcijos yra klijuotos GI28h klasės medienos sijos/pusrėmiai. Šių sijų stabilumą užtikrina ryšinėmis klijuotos medienos sijomis bei cinkuoto plieno juostos ryšiais. Pagal patalpose esančią temperatūrą, santykinį oro drėgnį bei korozinių medžiagų kiekį, medinės konstrukcijos projektuotos III-iai eksploatacijos klasei. Atraminiai pusrėmio mazgai projektuojami iš cinkuoto S355J2 klasės plieno. Per atraminius mazgus medinės konstrukcijos jungiamos prie gelžbetoninių kolonų.

Sporto salės stogo konstrukcijoms suprojektuotos kvadratinio profilio šaltai temptų vamzdžių santvaros. Naudotas S275J2 klasės plienas. Santvarų perdengiamos angos ilgis siekia 33,0 m, o žingsnis – 5,5 m. Santvaros prie kolonų šarnyriškai jungiamos per plieninius pakolonius, kurie statybos aikštelėje privirinami prie kolonų viršūnėse įbetonuotų metalinių plokščių. Santvaros gaminamos dviejų segmentų ir prieš montavimą flanšinėse jungtyse sujungiamos A gaminio klasės, 10.9 kokybės klasės M27 varžtais. Varžtų užveržimo jėga kontroliuojama specialiais dinamometriniais raktais, fiksuojančiais sukimo momentą. Santvarų pastovumui užtikrinti projektuojama ryšių sistema santvarų viršutinėms, apatinėms juostoms

bei vertikalieji santvarų ryšiai. Papildomai stabilumo santvarų sistemai suteikia profiliuotas paklotas.

Dviejų ir trijų aukštų pastato zonose stogo laikančiosios konstrukcijos projektuojamos iš plieninių sijų. Papildomai ant šių konstrukcijų pastato „A“ ašyje montuojamos gembinės sistemos pastato fasado formoms išgauti.

Visos plieninės stogo konstrukcijos gruntuojamos C1 aplinkos klasei pasiekti. Reikiamas konstrukcijų atsparumas ugniai R60 pasiekiamas naudojant priešgaisrinius dažus Nullfire S707-60 arba analogą.

Vidinės sienos, pertvaros, grindys

Pirmo aukšto pertvaros ir laikančiosios sienos mūrijamos 120 ir 200 mm storio. Mūriui naudojami silikatiniai blokeliai. Pertvarų mūras armuojamas viela arba tinkleliu. Virš angų įrengiamos surenkamo gelžbetonio arba monolitinės sąramos. Ant perdangų (rūsio, pirmo ir antro aukštų) įrengiamos pertvaros iš lengvų blokų (tūrio masė 400kg/m³) arba gipso kartono pertvaros. Techninėse patalpose gali būti įrengiamos akustinės gipso kartono pertvaros. Blokelių stipris gniuždant – 10 MPa.

3.2. Apkrovų nustatymas

3.2.1. Nuolatinė apkrova

Nuolatinės apkrovos – tai savasis laikančiųjų konstrukcijų, grindų sluoksnių, stogo sluoksnių ir pan. elementų svoris. Projektuojamame pastate galima išskirti dviejų tipų perdangų detales (G-1 ir G-2), dviejų tipų stogo detales (ST-1 ir ST-2) bei dviejų tipų sienų detales (S-1 ir S-2). Stogo, grindų bei sienų detales ir jų išdėstymą žiūrėti architektūriniuose brėžiniuose.

Lentelė 3.2.1.1 ST-1 tipo denginio sluoksnių apkrovų vertės

Eil. Nr.	Sluoksnių pavadinimas	Charakteristinė apkrova g_k , kN/m ²	Dalinis patikimumo koeficientas γ_G	Skaičiuotinė apkrova g_d , kN/m ²
1	Gryno cinko lydinio skarda (0,8 mm)	0,0442	1,35	0,0596
2	Difuzinis skiriamasis sluoksnis (200 μ m)	0,0015	1,35	0,0021
3	Ištisinis pušinių lentų paklotas (25 mm)	0,128	1,35	0,173
4	Mediniai tašai 50 x 50 mm kas 600 mm	0,0255	1,35	0,0345
5	Vėjo izoliacija Tyvec HD-Soft	0,0006	1,35	0,0008
6	Mediniai tašai 200 x 50 mm kas 600 mm	0,102	1,35	0,1377

7	Mineralinė vata Paroc eXtra (200 mm)	0,0785	1,35	0,1059
8	Garų izoliacija Paroc xvm 020 bas	0,0016	1,35	0,0022
9	Mediniai tašai 50 x 50 mm kas 600 mm	0,0255	1,35	0,0344
10	Kieta mineralinė vata Paroc ROS 50 (50 mm)	0,0834	1,35	0,1126
11	Profiliuotos skardos paklotas TP-135 (0,7 mm)	0,0872	1,35	0,1177
12	Pakabinamos lubos	0,0785	1,35	0,1059
		$\sum g_k = 0,656$		$\sum g_d = 0,886$

Lentelė 3.2.1.2 ST-2 tipo denginio sluoksnių apkrovų vertės

Eil. Nr.	Sluoksnių pavadinimas	Charakteristinė apkrova g_k , kN/m ²	Dalinis patikimumo koeficientas γ_G	Skaičiuotinė apkrova g_d , kN/m ²
1	2 sl. prolydoma bituminė danga Mida-Technolast	0,111	1,35	0,1499
2	Apkrovas laikanti mineralinė vata Paroc ROB 60 (50 mm)	0,0834	1,35	0,1126
3	Polistirolas EPS 100 (200 mm)	0,0392	1,35	0,0529
4	Garų izoliacija Paroc xvm	0,0016	1,35	0,0022
5	Kieta mineralinė vata Paroc ROS 50 (50 mm)	0,0834	1,35	0,1126
6	Profiliuotos skardos paklotas TP-135 (0,7 mm)	0,0872	1,35	0,1177
7	Pakabinamos lubos	0,0785	1,35	0,1059
		$\sum g_k = 0,484$		$\sum g_d = 0,653$

Lentelė 3.2.1.3 G-1 tipo perdangos sluoksnių apkrovų vertės

Eil. Nr.	Sluoksnių pavadinimas	Charakteristinė apkrova g_k , kN/m ²	Dalinis patikimumo koeficientas γ_G	Skaičiuotinė apkrova g_d , kN/m ²
1	Keraminės plytelės + klijai (25 mm)	0,299	1,35	0,4037
2	Išlyginamasis betono sluoksnis (70 mm)	1,75	1,35	2,3625
3	Hidroizoliacija PE	0,0016	1,35	0,0022

	(200 μm)			
4	Garso izoliacija Paroc SSB (20 mm)	0,0294	1,35	0,0397
5	Biraus užpildo sluoksnis (20 mm)	0,36	1,35	0,486
6	Surenkama perdangos plokštė HCS200	3,26	1,35	4,401
7	Pakabinamos lubos	0,0785	1,35	0,1059
		$\sum g_k = 5,779$		$\sum g_d = 7,80$

Lentelė 3.2.1.4 G-2 tipo perdangos sluoksnių apkrovų vertės

Eil. Nr.	Sluoksnio pavadinimas	Charakteristinė apkrova g_k , kN/m ²	Dalinis patikimumo koeficientas γ_G	Skaičiuotinė apkrova g_d , kN/m ²
1	Išlyginamasis betono sluoksnis (80 mm)	2,0	1,35	2,7
2	Prilydoma bituminė hidroizoliacija	0,051	1,35	0,0689
3	Surenkama perdangos plokštė HCS200	3,26	1,35	4,401
4	Pakabinamos lubos	0,0785	1,35	0,1059
		$\sum g_k = 5,389$		$\sum g_d = 7,276$

Lentelė 3.2.1.5 S-1 tipo sienos sluoksnių apkrovų vertės

Eil. Nr.	Sluoksnio pavadinimas	Charakteristinė apkrova g_k , kN/m ²	Dalinis patikimumo koeficientas γ_G	Skaičiuotinė apkrova g_d , kN/m ²
1	Stiklinis fasadas su aliuminio rėmais	1,449	1,35	1,9562
		$\sum g_k = 1,449$		$\sum g_d = 1,956$

Lentelė 3.2.1.6 S-2 tipo sienos sluoksnių apkrovų vertės

Eil. Nr.	Sluoksnio pavadinimas	Charakteristinė apkrova g_k , kN/m ²	Dalinis patikimumo koeficientas γ_G	Skaičiuotinė apkrova g_d , kN/m ²
1	Daugiasluoksnė statybinė plokštė (150 mm)	0,224	1,35	0,3024
		$\sum g_k = 0,224$		$\sum g_d = 0,302$

Apskaičiuotus ST-1 konstrukcijos išskirstytus krūvius (kN/m²) perskaičiuojame į tiesinį metrą:

$$q_{k.1} = \sum g_k \cdot l_1 = 0,656 \cdot 5,5 = 3,608 \text{ kN/m} \quad (3.2.1.1)$$

$$q_{k.2} = \sum g_k \cdot l_2 = 0,656 \cdot 2,75 = 1,804 \text{ kN/m} \quad (3.2.1.2)$$

čia:

l_1 , l_2 – atstumas tarp denginio laikančiųjų konstrukcijų joms statmena kryptimi, atitinkamai tarpinei ir kraštinei konstrukcijai.

Apskaičiuotus ST-2 konstrukcijos išskirstytus krūvius (kN/m^2) perskaičiuojame į tiesinį metrą:

$$q_{k.1} = \sum g_k \cdot l_1 = 0,484 \cdot 5,5 = 2,662 \text{ kN/m} \quad (3.2.1.3)$$

$$q_{k.2} = \sum g_k \cdot l_2 = 0,484 \cdot 2,75 = 1,331 \text{ kN/m} \quad (3.2.1.4)$$

Apskaičiuotus G-1 konstrukcijos išskirstytus krūvius (kN/m^2) perskaičiuojame į tiesinį metrą:

$$q_{k.1} = \sum g_k \cdot l_1 = 2,519 \cdot 5,5 = 13,855 \text{ kN/m} \quad (3.2.1.5)$$

$$q_{k.2} = \sum g_k \cdot l_2 = 2,519 \cdot 2,75 = 6,927 \text{ kN/m} \quad (3.2.1.6)$$

Apskaičiuotus G-2 konstrukcijos išskirstytus krūvius (kN/m^2) perskaičiuojame į tiesinį metrą:

$$q_{k.1} = \sum g_k \cdot l_1 = 2,129 \cdot 5,5 = 11,709 \text{ kN/m} \quad (3.2.1.7)$$

$$q_{k.2} = \sum g_k \cdot l_2 = 2,129 \cdot 2,75 = 5,855 \text{ kN/m} \quad (3.2.1.8)$$

čia:

g_k – apkrova be perdangos plokštės savojo svorio; jis aprašomas kuriant erdvinį pastato modelį skaičiavimo programa Autodesk Robot Structural Analysis.

Apskaičiuotus S-1 konstrukcijos išskirstytus krūvius (kN/m^2) perskaičiuojame į tiesinį metrą:

$$q_{k.1} = \sum g_k \cdot l_1 = 1,449 \cdot 5,5 = 8,195 \text{ kN/m} \quad (3.2.1.9)$$

$$q_{k.2} = \sum g_k \cdot l_2 = 1,449 \cdot 2,75 = 4,0975 \text{ kN/m} \quad (3.2.1.10)$$

Apskaičiuotus S-2 konstrukcijos išskirstytus krūvius (kN/m^2) perskaičiuojame į tiesinį metrą:

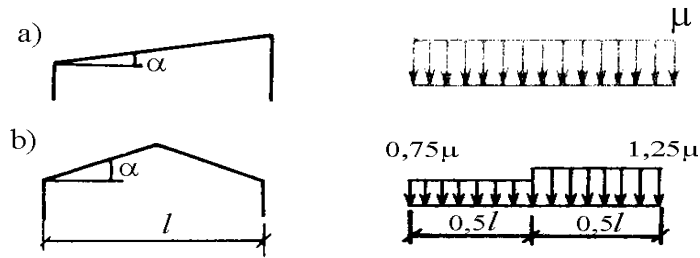
$$q_{k.1} = \sum g_k \cdot l_1 = 0,224 \cdot 5,5 = 1,232 \text{ kN/m} \quad (3.2.1.11)$$

$$q_{k.2} = \sum g_k \cdot l_2 = 0,224 \cdot 2,75 = 0,616 \text{ kN/m} \quad (3.2.1.12)$$

3.2.2. Sniego apkrova

Sniego apkrovoms apskaičiuoti taikome STR 2.05.04:2003 „Poveikiai ir apkrovos“ [10]. Pagal šio reglamento 1-ą priedą, pastatas projektuojamas pirmajame sniego rajone, todėl $s_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$. Pagal to pačio statybos techninio reglamento 2-ą priedą nustatome pastato apkrovos sniegu schemą:

1-oji sniego apkrovos schema – statiniai su vienslaičiais ir dvislaičiais stogais.



Paveikslėlis 3.2.2.1 Sniego apkrovos schema [10]

Projektuojamo pastato stogo šlaito kampas su horizontu yra $\alpha \approx 3,0^\circ$, todėl sniego apkrovos skaičiavimams naudosime tik pirmąjį iš dviejų pateiktų variantų. Schemą „a“ naudosime skaičiuodami sniego apkrovas 1-ajam pastato blokui, o „b“ schemą – likusiems trims blokams.

Sniego charakteristinės apkrovos į stogo horizontaliąją projekciją dydis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \quad (3.2.2.1)$$

čia:

s_k – sniego dangos 1 m^2 horizontaliojo žemės paviršiaus svorio charakteristinė reikšmė. Pirmo sniego rajono $s_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$;

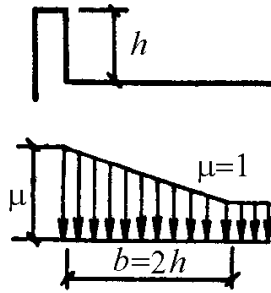
C_e – atodangos koeficientas. Koeficiento reikšmė paprastai imama lygi 1,0;

C_t – terminis koeficientas, priklausantis nuo energijos nuostolių per stogą. Mūsų atveju priimame lygų 1,0;

μ_i – sniego apkrovos formos koeficientas. Mūsų atveju lygus 1,0.

$$s_1 = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 1,2 \text{ kN/m}^2 \quad (3.2.2.2)$$

Pastatas projektuojamas su parapetais B ir K ašyse, dėl kurių yra linkę susidaryti sniego maišai. Pagal STR 2.05.04:2003 „Poveikiai ir apkrovos“ [10] 2 priedo 10 schemą, turime įvertinti sniego maišus.



Paveikslėlis 3.2.2.2 Apkrovos schema sniego maišo susidarymo zonoje [10]

Schemą reikia taikyti, kai:

$$h > \frac{s_k}{2} \rightarrow h > \frac{1,2}{2} = 0,6 \text{ m} \quad (3.2.2.3)$$

Tada:

$$\mu = \frac{2 \cdot h}{s_k} \quad (3.2.2.4)$$

čia:

h – nagrinėjamo parapeto aukštis.

Mūsų atveju $h = 2,3 \text{ m}$, todėl schemą taikyti reikia:

$$\mu = \frac{2 \cdot h}{s_k} = \frac{2 \cdot 2,3}{1,2} = 3,83 > 3,0 \rightarrow \mu = 3,0 \quad (3.2.2.5)$$

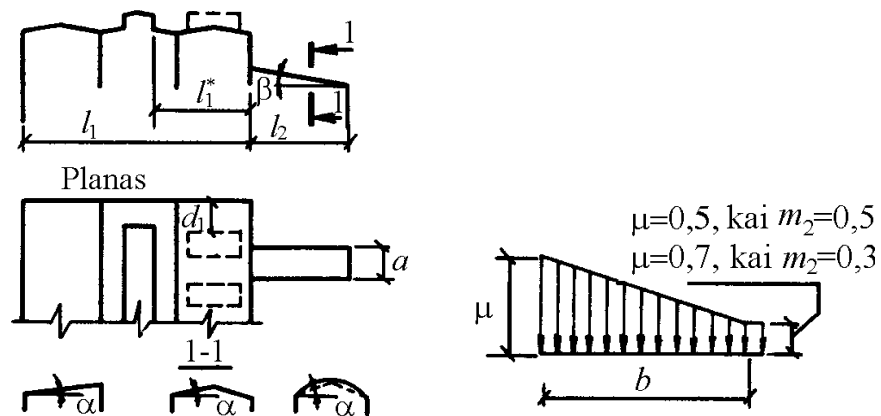
Tada sniego maišo apkrovos dydis apskaičiuojamas taip:

$$s_2 = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 3,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 3,6 \text{ kN/m}^2 \quad (3.2.2.6)$$

Sniego maišo susidarymo zona apskaičiuojama pagal formulę:

$$b = 2 \cdot h = 2 \cdot 2,3 = 4,6 \text{ m} \quad (3.2.2.7)$$

Aukščių skirtumas tarp 1 ir 2 blokų 4-oje ašyje yra $h = 3,9 \text{ m}$, šioje vietoje apkrovą nuogalimos sniego sankaupos apskaičiuosime pagal „8c“ sniego apkrovos schemą: statiniai su aukščių perkryčių.



Paveikslėlis 3.2.2.3 Apkrovos schema sniego maišo susidarymo zonoje [10]

Koeficientas μ imamas lygus:

$$\mu = 1 + \frac{1}{h} \cdot (m_1 \cdot l'_1 + m_2 \cdot l'_2) \quad (3.2.2.8)$$

čia:

m_1, m_2 – atitinkamai viršutinio ir apatinio stogo reikšmės, priklausančios nuo stogo nuolydžio kampo; mūsų atveju $m_1 = m_2 = 0,5$;

l_1, l_2 – atitinkami pastato matmenys pagal 3.2.2.3. pav.; Kai pastatas be stoglangių šie dydžiai apskaičiuojami pagal formules:

$$l'_1 = l_1 = 56,05 \text{ m} \quad (3.2.2.9)$$

$$l'_2 = l_2 - 2 \cdot h = 17,5 - 2 \cdot 3,9 = 9,7 \text{ m} \quad (3.2.2.10)$$

Tuomet koeficientas μ bus lygus:

$$\mu = 1 + \frac{1}{h} \cdot (m_1 \cdot l'_1 + m_2 \cdot l'_2) = 1 + \frac{1}{3,9} \cdot (0,5 \cdot 56,05 + 0,5 \cdot 9,7) = 41,3 > 4,0 \rightarrow \mu = 4,0 \quad (3.2.2.11)$$

Tada sniego maišo apkrovos dydis apskaičiuojamas taip:

$$s_3 = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 4,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 4,8 \text{ kN/m}^2 \quad (3.2.2.12)$$

Sniego maišo susidarymo zona apskaičiuojama pagal formulę:

$$b = 2 \cdot h = 2 \cdot 3,9 = 7,8 \text{ m} \quad (3.2.2.13)$$

Apskaičiuotus sniego tolygiai ir kintamai išskirstytus krūvius (kN/m^2) perskaičiuojame į tiesinį metrą:

$$q_{1.s1} = s_1 \cdot l_1 = 1,2 \cdot 5,5 = 6,6 \text{ kN/m} \quad (3.2.2.14)$$

$$q_{2.s1} = s_1 \cdot l_2 = 1,2 \cdot 2,75 = 3,3 \text{ kN/m} \quad (3.2.2.15)$$

$$q_{1.s2} = s_2 \cdot l_1 = 3,6 \cdot 5,5 = 19,8 \text{ kN/m} \quad (3.2.2.16)$$

$$q_{2.s2} = s_2 \cdot l_2 = 3,6 \cdot 2,75 = 9,9 \text{ kN/m} \quad (3.2.2.17)$$

$$q_{1.s3} = s_3 \cdot l_1 = 4,8 \cdot 5,5 = 26,4 \text{ kN/m} \quad (3.2.2.18)$$

$$q_{2.s3} = s_3 \cdot l_2 = 4,8 \cdot 2,75 = 13,2 \text{ kN/m} \quad (3.2.2.19)$$

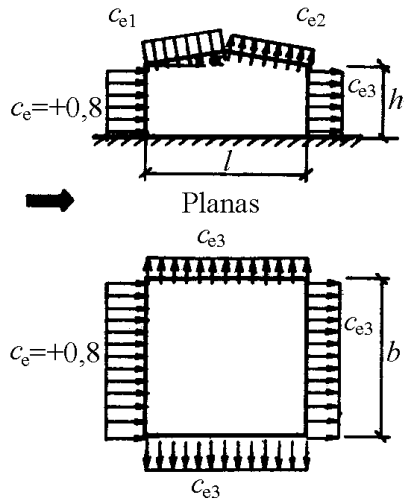
čia:

l_1, l_2 – atstumas tarp denginio laikančiųjų konstrukcijų joms statmena kryptimi, atitinkamai tarpinei ir kraštinei konstrukcijai.

3.2.3. Vėjo apkrova

Vėjo apkrovoms apskaičiuoti taikome STR 2.05.04:2003 „Poveikiai ir apkrovos“ [10]. Pagal šio reglamento 3-ią priedą, pastatas projektuojamas antrajame vėjo rajone, todėl ataskaitinė vėjo greičio reikšmė $v_{ref,0} = 28 \text{ m/s}$. Pagal to pačio statybos techninio reglamento 4 priedą nustatome pastato apkrovos vėju schemą:

2-oji vėjo apkrovos schema – pastatai su dvišlaičiu stogu.



Paveikslėlis 3.2.3.1 Vėjo apkrovos schema [10]

Projektuojamam pastatui vėjo apkrovas skaičiuojame vertikaliems bei horizontaliems paviršiams visomis keturiomis kryptimis: X+, X-, Y+ ir Y- kryptimis (ašys pagal erdvinį modelį).

Ataskaitinis vėjo slėgis q_{ref} nustatomas taikant formulę:

$$q_{ref} = \frac{\rho}{2} \cdot v_{ref}^2 \quad (3.2.3.1)$$

čia:

ρ – oro tankis. Mūsų atveju $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$;

v_{ref} – ataskaitinis vėjo greitis nustatomas pagal formulę:

$$v_{ref} = C_{DIR} \cdot C_{TEM} \cdot C_{ALT} \cdot v_{ref,0} \quad (3.2.3.2)$$

čia:

C_{DIR} – krypties koeficientas, lygus 1,0;

C_{TEM} – laikotarpio (sezono) koeficientas, lygus 1,0;

C_{ALT} – aukščio virš jūros lygio koeficientas, lygus 1,0;

$v_{ref,0}$ – ataskaitinė vėjo greičio reikšmė pagal vėjo rajoną, $v_{ref,0} = 28 \text{ m/s}$.

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

$$w_{me} = q_{ref} \cdot c(z) \cdot c_e \quad (3.2.3.3)$$

čia:

c_e – išorinio slėgio aerodinaminis koeficientas; nustatomas interpoliacijos būdu pagal pastato geometriją;

$c(z)$ – koeficientas, įvertinantis vėjo slėgio pokytį pagal aukštį z .

Pastatas projektuojamas B tipo vietovėje – miestų teritorijos, miškų masyvai ir kitos vietovės, kurios yra tolygiai užstatytos aukštesnėmis kaip 10 m kliūtimis, tada:

Lentelė 3.2.3.1 Koeficientai $c(z)$ gauti interpoliacijos būdu

Aukštis z , m	Koeficientai $c(z)$ B tipo vietovei
≤ 5	0,5
7,8	0,584
10,35	0,657
10,65	0,663
10,95	0,669
11,25	0,675
12,65	0,703

Skaičiuodami vėjo apkrovas į pastato paviršius procesą kartosime du kartus. Pirmuoju skaičiavimu nustatysime vėjo poveikį baseino korpusui, antruoju – sporto salės korpusui. Taip darysime todėl, kad šiems blokams skaičiuojant vėjo poveikius pagal globalines X ir Y ašis skiriasi aerodinaminiai koeficientai dėl korpusų skersinių rėmų orientacijos.

Lentelė 3.2.3.2 Aerodinaminiai koeficientai c_e gauti interpoliacijos būdu

	Baseino korpusas				Sporto salės korpusas			
	X+	X-	Y+	Y-	X+	X-	Y+	Y-
c_e	+ 0,8	-	+ 0,8	- 0,6	+ 0,8	- 0,6	+ 0,8	+ 0,8
c_{e1}	- 0,381	-	- 0,7	- 0,7	- 0,7	- 0,7	- 0,249	- 0,249
c_{e2}	-	- 0,4	-	-	-	-	- 0,4	- 0,4
c_{e3}	-	- 0,523	-	-	-	-	- 0,371	- 0,371

Nustatome ataskaitinį vėjo greitį v_{ref} :

$$v_{ref} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 28 = 28 \text{ m/s} \quad (3.2.3.4)$$

Nustatome ataskaitinį vėjo slėgį q_{ref} :

$$q_{ref} = \frac{1,25}{2} \cdot 28^2 = 490 \text{ N/m}^2 = 0,49 \text{ kN/m}^2 \quad (3.2.3.5)$$

pagal 3.2.3.3. formulę skaičiuojame vidutinės slėgio į išorinius konstrukcijos paviršius dedamąsias w_{me}

Lentelė 3.2.3.3 Vidutinės vėjo slėgio reikšmės $w_{me,i}$, kN/m²

Aukštis z, m	koef. c_e	Baseino korpusas				Sporto salės korpusas			
		X+	X-	Y+	Y-	X+	X-	Y+	Y-
5,0	c_e	0,196	-	0,196	-0,147	0,196	-0,147	0,196	0,196
	c_{e1}	-0,093	-	-0,172	-0,172	-0,172	-0,172	-0,061	-0,061
	c_{e2}	-	-0,098	-	-	-	-	-0,098	-0,098
	c_{e3}	-	-0,128	-	-	-	-	-0,091	-0,091
7,8	c_e	0,229	-	0,229	-0,172	0,229	-0,172	0,229	0,229
	c_{e1}	-0,109	-	-0,200	-0,200	-0,200	-0,200	-0,071	-0,071
	c_{e2}	-	-0,114	-	-	-	-	-0,114	-0,114
	c_{e3}	-	-0,150	-	-	-	-	-0,106	-0,106
10,35	c_e	-	-	-	-	0,258	-0,193	0,258	0,258
	c_{e1}	-	-	-	-	-0,225	-0,225	-0,080	-0,080
	c_{e2}	-	-	-	-	-	-	-0,129	-0,129
	c_{e3}	-	-	-	-	-	-	-0,119	-0,119
10,65	c_e	-	-	-	-	0,260	-0,195	0,260	0,260
	c_{e1}	-	-	-	-	-0,227	-0,227	-0,081	-0,081
	c_{e2}	-	-	-	-	-	-	0,130	0,130
	c_{e3}	-	-	-	-	-	-	-0,121	-0,121
11,25	c_e	-	-	-	-	0,265	-0,198	0,265	0,265
	c_{e1}	-	-	-	-	-0,232	-0,232	-0,082	-0,082
	c_{e2}	-	-	-	-	-	-	-0,132	-0,132
	c_{e3}	-	-	-	-	-	-	-0,123	-0,123
12,65	c_e	-	-	-	-	0,276	-0,207	0,276	0,276
	c_{e1}	-	-	-	-	-0,241	-0,241	-0,086	-0,086
	c_{e2}	-	-	-	-	-	-	-0,138	-0,138
	c_{e3}	-	-	-	-	-	-	-0,128	-0,128

Apskaičiuotus vėjo tolygiai ir kintamai išskirstytus krūvius (kN/m²) perskaičiuojame į tiesinį metrą:

$$q_{w,i} = w_{me,i} \cdot l_1(l_2) \quad (3.2.3.6)$$

čia:

l_1 , l_2 – atstumas tarp laikančiųjų konstrukcijų joms statmena kryptimi, atitinkamai tarpinei ir kraštinei konstrukcijai.

3.2.4. Naudojimo apkrova

Pagal STR 2.05.04:2003 „Poveikiai ir apkrovos“ [10] pastatų naudojimo apkrovos yra tokios, kurios atsiranda dėl jų užpildymo, pvz.: normalios žmonių veiklos, baldų ir perkeliamų objektų, žmonių susitelkimo ir pan.

Pagal veiklos patalpose pobūdį, remiantis reglamentu, sporto centro plotai virš perdangų priskiriami C4 kategorijai – plotams, kuriuose galima fizinė veikla, pvz., šokių salės, sporto salės, scenos. Naudojimo apkrovos perdangoms pateiktos 3.2.4.1. lentelėje.

Lentelė 3.2.4.1 Naudojimo apkrovos ant pastatų perdangų

Apkrautas plotas	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
C kategorija:		
- C1	3,0	4,0
- C2	4,0	7,0
- C3	5,0	7,0
- C4	5,0	7,0
- C5	5,0	3,5

Nustatytus naudojimo apkrovos išskirstytus krūvius (kN/m²) perskaičiuojame į tiesinį metrą:

$$q_{k.1} = q_k \cdot l_1 = 5,0 \cdot 5,5 = 27,5 \text{ kN/m} \quad (3.2.4.1)$$

$$q_{k.2} = q_k \cdot l_2 = 5,0 \cdot 2,75 = 13,75 \text{ kN/m} \quad (3.2.4.2)$$

čia:

l_1 , l_2 – atstumas tarp laikančiųjų konstrukcijų joms statmena kryptimi, atitinkamai tarpinei ir kraštinei konstrukcijai.

3.3. Įrašų nustatymas programine įranga Autodesk „Robot Structural Analysis“

Programine įranga Autodesk „Robot Structural Analysis“ generuojamas erdvinis pastato skaičiuojamasis modelis. Modeliuojama strypinių ir plokštuminių elementų sistema. Konstrukcijoms priskiriami poveikiai skaičiuoti 3.2. skyriuje. Pagal STR 2.05.04:2003 „Poveikiai ir apkrovos“ [10] nurodymus sudaromi saugos ribinio būvio (ULS) ir tinkamumo ribinio būvio (SLS) apkrovų deriniai. Skaiciavimo metu nustatytos elementų įrašos naudojamos konstrukcijų projektavime.

Lentelė 3.2.4.1 Konstrukcijas veikiančių apkrovų tipai

Apkrovos tipo žymuo	Apkrovos apibūdinimas
DL	Nuolatinė apkrova
LL	Naudojimo apkrova
LL1	Naudojimo apkrova kas antroje angoje
LL2	Naudojimo apkrova kas antroje angoje
SN	Sniego apkrova
W1	Vėjo apkrova X+ kryptimi*
W2	Vėjo apkrova X- kryptimi*
W3	Vėjo apkrova Y+ kryptimi*
W4	Vėjo apkrova Y- kryptimi*

Pastaba. Vėjo kryptys pagal skaičiuojamojo erdvinio modelio globalias ašis programoje Autodesk Robot Structural Analysis Professional.

Lentelė 3.2.4.2 Galimi ULS ir SLS apkrovų deriniai

ULS: Saugos ribinis būvis		SLS: Tinkamumo ribinis būvis	
1	$1,35 \cdot DL + 1,3 \cdot LL + 0,91 \cdot SN + 0,78 \cdot W1$	1	$1,0 \cdot DL + 1,0 \cdot LL + 0,7 \cdot SN + 0,6 \cdot W1$
2	$1,35 \cdot DL + 1,3 \cdot LL + 0,91 \cdot SN + 0,78 \cdot W2$	2	$1,0 \cdot DL + 1,0 \cdot LL + 0,7 \cdot SN + 0,6 \cdot W2$
3	$1,35 \cdot DL + 1,3 \cdot LL + 0,91 \cdot SN + 0,78 \cdot W3$	3	$1,0 \cdot DL + 1,0 \cdot LL + 0,7 \cdot SN + 0,6 \cdot W3$
4	$1,35 \cdot DL + 1,3 \cdot LL + 0,91 \cdot SN + 0,78 \cdot W4$	4	$1,0 \cdot DL + 1,0 \cdot LL + 0,7 \cdot SN + 0,6 \cdot W4$
5	$1,35 \cdot DL + 1,3 \cdot SN + 0,91 \cdot LL + 0,78 \cdot W1$	5	$1,0 \cdot DL + 1,0 \cdot SN + 0,7 \cdot LL + 0,6 \cdot W1$
6	$1,35 \cdot DL + 1,3 \cdot SN + 0,91 \cdot LL + 0,78 \cdot W2$	6	$1,0 \cdot DL + 1,0 \cdot SN + 0,7 \cdot LL + 0,6 \cdot W2$
7	$1,35 \cdot DL + 1,3 \cdot SN + 0,91 \cdot LL + 0,78 \cdot W3$	7	$1,0 \cdot DL + 1,0 \cdot SN + 0,7 \cdot LL + 0,6 \cdot W3$
8	$1,35 \cdot DL + 1,3 \cdot SN + 0,91 \cdot LL + 0,78 \cdot W4$	8	$1,0 \cdot DL + 1,0 \cdot SN + 0,7 \cdot LL + 0,6 \cdot W4$
9	$1,35 \cdot DL + 1,3 \cdot W1 + 0,91 \cdot LL + 0,91 \cdot SN$	9	$1,0 \cdot DL + 1,0 \cdot W1 + 0,7 \cdot LL + 0,7 \cdot SN$
10	$1,35 \cdot DL + 1,3 \cdot W2 + 0,91 \cdot LL + 0,91 \cdot SN$	10	$1,0 \cdot DL + 1,0 \cdot W2 + 0,7 \cdot LL + 0,7 \cdot SN$
11	$1,35 \cdot DL + 1,3 \cdot W3 + 0,91 \cdot LL + 0,91 \cdot SN$	11	$1,0 \cdot DL + 1,0 \cdot W3 + 0,7 \cdot LL + 0,7 \cdot SN$
12	$1,35 \cdot DL + 1,3 \cdot W4 + 0,91 \cdot LL + 0,91 \cdot SN$	12	$1,0 \cdot DL + 1,0 \cdot W4 + 0,7 \cdot LL + 0,7 \cdot SN$

Viso generuojami 37 saugos ribinio būvio (ULS) ir 37 tinkamumo ribinio būvio (SLS) apkrovų deriniai. Visą sąrašą žiūrėti 4-tame priede.

3.4. Metalinės santvaros projektavimas

Santvaros projektavimą padaliname į du etapus: santvaros elementų skerspjūvio parinkimas ir santvaros mazgų tikrinimas. Pirmajame etape santvaros elementus skaičiuosime kaip centriškai tempiamus (spyriai, apatinė juosta), centriškai gniuždomus (spyriai) bei ekscentriškai gniuždomus (viršutinė juosta). Tokių elementų skaičiavimo metodika pateikta STR 2.05.08:2005 „Plieninių konstrukcijų projektavimas“ [11]. Antrajame etape tikrinsime keturis santvaros mazgus: atraminį, K tipo bei du mazgus su montažinėmis flanšinėmis jungtimis (viršutinėje ir apatinėje juostose). Šių ir kitų santvaros mazgų projektavimo metodika pateikta minėto techninio reglamento 8-ame priede „Praktinio taikymo vadovas. Jungčių skaičiavimas ir reikalavimai konstrukcijoms projektuoti“.

Santvaros elementus projektuosime iš S275J2 klasės konstrukcinio plieno, kurio stipris pagal takumo ribą $f_y = 275 \text{ MPa}$. Tuomet šio plieno skaičiuojamasis stipris pagal takumo ribą bus:

$$f_{y,d} = \frac{f_y}{\gamma_M} = \frac{275}{1,1} = 250 \text{ MPa} \quad (3.4.1)$$

čia:

γ_M – medžiagos patikimumo koeficientas, lygus 1,1.

3.4.1. Santvaros geometrinių dydžių nustatymas

Projektuojama santvara – 33 m ilgio sužeminta trapecinė su trikampių tinkleliu.

Santvaros aukštis nustatomas iš sąlygos:

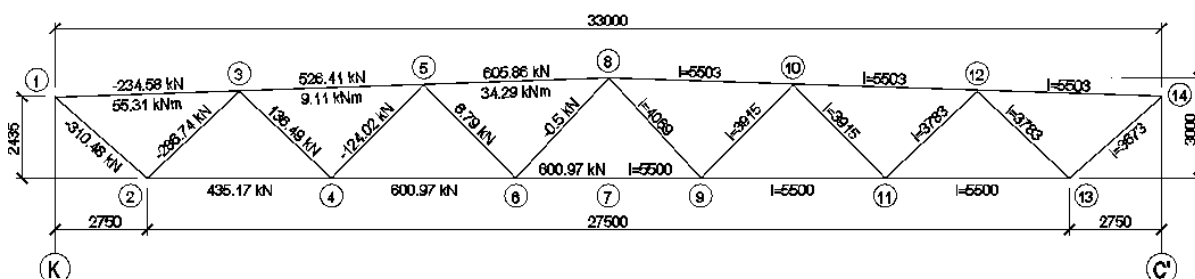
$$h = \left(\frac{1}{12} \dots \frac{1}{10} \right) \cdot l = (2,75 \dots 3,3) \text{ m} \quad (3.4.1.1)$$

Projektuojamos santvaros aukštį priimame $h = 3,0 \text{ m}$.

Santvaros viršutinės juostos nuolydį priimame 1:20 ($\approx 3,0^\circ$), kuris yra pakankamas reikiamam stogo nuolydžiui suformuoti bei lietaus vandeniui link įlajų nuvesti.

Santvaros elementų geometriniai ilgiai yra:

- Viršutinė juosta: $l_{1-8} = l_{8-14} = 16,509 \text{ m}$;
- Apatinė juosta: $l_{2-7} = l_{7-13} = 13,75 \text{ m}$;
- Spyriniai: $l_{1-2} = l_{13-14} = 3,673 \text{ m}$; $l_{2-3} = l_{12-13} = 3,783 \text{ m}$;
 $l_{3-4} = l_{11-12} = 3,783 \text{ m}$; $l_{4-5} = l_{10-11} = 3,915 \text{ m}$;
 $l_{5-6} = l_{9-10} = 3,915 \text{ m}$; $l_{6-8} = l_{8-9} = 4,069 \text{ m}$.



Paveikslėlis 3.4.1.1 Projektuojamos santvaros SN-1 geometrinė schema

3.4.2. Viršutinės juostos projektavimas

Viršutinę santvaros juostą projektuojame kaip ekscentriškai gniuždomą elementą. Skaičiavimams naudosime du pavojingiausius projektavimo atvejus. Pirmuoju tikrinsime elementą naudojant $(N_{Ed,max}; M_{Ed})$, antruoju - $(M_{Ed,max}; N_{Ed})$ įrašų derinius.

Lentelė 3.4.2.1 Pavojingiausi viršutinės santvaros juostos įrašų deriniai

Elementas 5 – 8	Elementas 1 – 3
$N_{Ed,max} = -605,86 \text{ kN}$	$N_{Ed} = -234,58 \text{ kN}$
$M_{Ed} = 34,29 \text{ kNm}$	$M_{Ed,max} = 55,31 \text{ kNm}$

Projektuojant ekscentriškai gniuždomus elementus, tikrinamas jų stiprumas, pastovumas momento veikimo plokštumoje ir pastovumas iš momento veikimo plokštumos.

Pasirenkame karštai formuotą kvadratinio skerspjūvio profilį **200 x 200 x 12 mm**:

Lentelė 3.4.2.2 Nagrinėjamo profilio skerspjūvio parametrai

$A_{net} = 88,7 \text{ cm}^2$	$W = 517 \text{ cm}^3$	$I = 5171 \text{ cm}^4$
$M = 69,6 \text{ kg/m}$	$i = 7,64 \text{ cm}$	

Pirmuoju atveju priimame tokias elemento įrašas: $N_{Ed,max} = N_{5-8} = -605,86 \text{ kN}$ ir $M_{Ed} = M_{5-8} = 34,29 \text{ kNm}$.

Šiuo atveju ekscentricitetas bus lygus:

$$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{34,29}{605,86} = 5,7 \text{ cm} \quad (3.4.2.1)$$

Elemento liaunis momento veikimo plokštumoje:

$$\lambda = \frac{l_{eff}}{i} = \frac{550}{7,64} = 71,99 < \lambda_u = 140,1 \quad (3.4.2.2)$$

čia:

l_{eff} – skaičiuotinis santvaros viršutinės juostos elemento ilgis santvaros plokštumoje. Imamas kaip atstumas tarp santvaros mazgų.

Sąlyginis elemento liaunis:

$$\lambda_{s\grave{a}l} = \lambda \cdot \sqrt{\frac{f_{y,d}}{E}} = 71,99 \cdot \sqrt{\frac{250}{210000}} = 2,484 < 5,0 \quad (3.4.2.3)$$

Sąlyginis ekscentricitetas:

$$e_{rel} = \frac{e \cdot A}{W} = \frac{5,7 \cdot 88,7}{517} = 0,971 < 5,0 \quad (3.4.2.4)$$

Skerspjūvio formos koeficientas:

$$k_{shape} = (1,90 - 0,1 \cdot 0,971) - 0,02 \cdot (6 - 0,971) \cdot 2,484 = 1,553 \quad (3.4.2.5)$$

Santykinis lyginamasis ekscentricitetas:

$$e_{rel,eff} = k_{shape} \cdot e_{rel} = 1,553 \cdot 0,971 = 1,508 \quad (3.4.2.6)$$

Kadangi santykinis lyginamasis ekscentricitetas $e_{rel,eff} \leq 20$, elemento stiprumo tikrinti nereikia.

Skaičiuotinis ekscentriškai gniuždomo elemento pastovumo atsparis lenkimo plokštumoje:

$$N_{NM,c,Rd} = \varphi_e \cdot A \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 0,4106 \cdot 88,7 \cdot 10^{-4} \cdot 250 \cdot 1,0 = 910,51 \text{ kN} \quad (3.4.2.7)$$

čia:

φ_e – interpoliacijos būdu gautas klupumo koeficientas (STR 2.05.08:2005 [11], 1 priedo, 2 lentelė).

Ekscentriškai gniuždomų elementų pastovumas momento veikimo plokštumoje, sutampančioje su simetrijos plokštuma:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{NM,c,Rd}} = \frac{605,86}{910,51} = 0,665 \leq 1,0 \quad (3.4.2.8)$$

Sąlyga tenkinama.

Elemento liaunis iš santvaros plokštumos:

$$\lambda_z = \frac{l_{eff}}{i} = \frac{550}{7,64} = 71,99 \rightarrow \varphi_z = 0,732 \quad (3.4.2.9)$$

$$\lambda_c = 3,14 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{y,d}}} = 3,14 \cdot \sqrt{\frac{210000}{250}} = 91,006 \rightarrow \varphi_c = 0,593 \quad (3.4.2.10)$$

Tuomet koeficientai:

$$\alpha = 0,55 + 0,05 \cdot e_{rel,eff} = 0,55 + 0,05 \cdot 1,508 = 0,625 \quad (3.4.2.11)$$

$$\beta = \sqrt{\frac{\varphi_c}{\varphi_z}} = \sqrt{\frac{0,593}{0,732}} = 0,90 \quad (3.4.2.12)$$

$$c = \frac{\beta}{1 + \alpha \cdot e_{rel,eff}} = \frac{0,90}{1 + 0,625 \cdot 1,508} = 0,463 \quad (3.4.2.13)$$

Skaičiuotinis ekscentriškai gniuždomo elemento lenkiamasis-sukamasis pastovumo atsparis:

$$N_{NM,TF,Rd} = c \cdot \varphi_z \cdot A \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 0,463 \cdot 0,732 \cdot 88,7 \cdot 10^{-4} \cdot 250 \cdot 1 = 751,87 \text{ kN} \quad (3.4.2.14)$$

Ekscentriškai gniuždomų elementų pastovumas iš momento veikimo plokštumos:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{NM,TF,Rd}} = \frac{605,86}{751,87} = 0,81 \leq 1,0 \quad (3.4.2.15)$$

Sąlyga tenkinama. Antruoju atveju priimame tokias elemento įrašas: $N_{Ed} = N_{1-3} = -234,58 \text{ kN}$ ir $M_{Ed,max} = M_{1-3} = 55,31 \text{ kNm}$. Skaičiavimų apimties ribojimo tikslais pateiktos tik paskutinės skaičiavimo eilutės.

Skaičiuotinis ekscentriškai gniuždomo elemento lenkiamasis-sukamasis pastovumo atsparis:

$$N_{NM,TF,Rd} = c \cdot \varphi_z \cdot A \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 0,158 \cdot 0,732 \cdot 88,7 \cdot 10^{-4} \cdot 250 \cdot 1 = 255,81 \text{ kN} \quad (3.4.2.16)$$

Ekscentriškai gniuždomų elementų pastovumas iš momento veikimo plokštumos:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{NM,TF,Rd}} = \frac{234,58}{255,81} = 0,92 \leq 1,0 \quad (3.4.2.17)$$

Sąlyga tenkinama.

3.4.3. Apatinės juostos projektavimas

Apatinę santvaros juostą projektuojame kaip ekscentriškai tempiamą elementą. Skaičiavimams naudosime maksimalią tempimo įrašą, kuri yra $N_{6-7} = 600,97 \text{ kN}$ ir maksimalų mazge susidariusį lenkimo momentą $M_6 = 4,89 \text{ kNm}$.

Tikrinant ekscentriškai tempiamo elemento skerspjūvio stiprumą, turi būti tenkinama sąlyga:

$$\frac{N_{Ed}}{A_{net}} + \frac{M_{Ed}}{I_y} \cdot z \leq f_{y,d} \cdot \gamma_c \quad (3.4.3.1)$$

čia:

z – skerspjūvio nagrinėjamo taško koordinatės svarbiausių ašių atžvilgiu, imamas pusei skerspjūvio aukščio;

I_y – apatinės juostos skerspjūvio inercijos momentas centro atžvilgiu.

A_{net} – elemento skerspjūvio plotas neto;

γ_c – darbo sąlygų koeficientas (STR 2.05.08:2008, 7.10 lentelė).

Pasirenkame karštai formuotą kvadratinio skerspjūvio profilį **150 x 150 x 8 mm**:

Lentelė 3.4.3.1 Nagrinėjamo profilio skerspjūvio parametrai

$A_{net} = 44,8 \text{ cm}^2$	$W = 199 \text{ cm}^3$	$I = 1491 \text{ cm}^4$
$M = 35,1 \text{ kg/m}$	$i = 5,77 \text{ cm}$	

Tikriname ekscentriškai tempiamo elemento skerspjūvio stiprumo sąlygą:

$$\frac{600,97 \cdot 10^{-3}}{44,8 \cdot 10^{-4}} + \frac{4,89 \cdot 10^{-3}}{1491 \cdot 10^{-8}} \cdot 0,075 = 220,16 \text{ MPa} \leq 250 \cdot 1,0 = 250 \text{ MPa} \quad (3.4.3.2)$$

Skerspjūvio stiprumo sąlyga tenkinama (išnaudojimas 88%). Atsarga netenkina ekonomiškumo sąlygos. Tokius elemento matmenis nulėmė santvaros mazgų projektavimas.

Tempiamo elemento liaunumas:

$$\lambda = \frac{l_{eff}}{i} = \frac{550}{5,77} = 95,32 \leq \lambda_u = 400 \quad (3.4.3.3)$$

čia:

λ_u – ribinis tempiamo elemento liaunis (STR 2.05.08:2005 [11] 7.19 lentelė).

Liaunumo sąlyga tenkinama.

3.4.4. Tinklelio elementų projektavimas

Spyriai 1 – 2 ir 13 – 14

Atraminis santvaros spyrius projektuojame kaip centriškai tempiamus elementus. Skaičiavimams naudosime maksimalią tempimo įrašą, kuri yra $N_{1-2} = 310,48 \text{ kN}$.

Pasirenkame karštai formuotą kvadratinio skerspjūvio profilį **80 x 80 x 5 mm**:

Lentelė 3.4.4.1 Nagrinėjamo profilio skerspjūvio parametrai

$A_{net} = 14,7 \text{ cm}^2$	$W = 34,2 \text{ cm}^3$	$I = 137 \text{ cm}^4$
$M = 11,6 \text{ kg/m}$	$i = 3,05 \text{ cm}$	

Randame skaičiuotinio ašinės jėgos veikiamo skerspjūvio stiprumo atspario pagal takumo ribą reikšmę:

$$N_{pl,Rd} = A_{net} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 14,7 \cdot 10^{-4} \cdot 250 \cdot 1,0 = 367,50 \text{ kN} \quad (3.4.4.1)$$

Tikriname centriškai tempiamo elemento skerspjūvio stiprumo sąlygą:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{310,148}{367,50} = 0,85 \leq 1,0 \quad (3.4.4.2)$$

Skerspjūvio stiprumo sąlyga tenkinama (išnaudojimas 85%). Atsarga netenkina ekonomiškumo sąlygos. Tokius elemento matmenis nulėmė santvaros mazgų projektavimas.

Tempiamo elemento liaunumas:

$$\lambda = \frac{l_{eff}}{i} = \frac{l}{i} = \frac{367,3}{3,05} = 120,43 \leq \lambda_u = 400 \quad (3.4.4.3)$$

Liaunumo sąlyga tenkinama.

Spyriai 3 – 4 ir 11 – 12

Šiuos santvaros spyrius projektuojame kaip centriškai tempiamus elementus. Skaičiavimams naudosime maksimalią tempimo įrašą, kuri yra $N_{3-4} = 136,49 \text{ kN}$.

Pasirenkame karštai formuotą kvadratinio skerspjūvio profilį **80 x 80 x 5 mm**:

Lentelė 3.4.4.2 Nagrinėjamo profilio skerspjūvio parametrai

$A_{net} = 14,7 \text{ cm}^2$	$W = 34,2 \text{ cm}^3$	$I = 137 \text{ cm}^4$
$M = 11,6 \text{ kg/m}$	$i = 3,05 \text{ cm}$	

Randame skaičiuotinio ašinės jėgos veikiamo skerspjūvio stiprumo atspario pagal takumo ribą reikšmę:

$$N_{pl,Rd} = A_{net} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 14,7 \cdot 10^{-4} \cdot 250 \cdot 1,0 = 367,50 \text{ kN} \quad (3.4.4.4)$$

Tikriname centriškai tempiamo elemento skerspjūvio stiprumo sąlygą:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{136,49}{367,50} = 0,37 \leq 1,0 \quad (3.4.4.5)$$

Skerspjūvio stiprumo sąlyga tenkinama (išnaudojimas 37%). Atsarga netenkina ekonomiškumo sąlygos. Tokius elemento matmenis nulėmė santvaros mazgų projektavimas.

Tempiamo elemento liaunumas:

$$\lambda = \frac{l_{eff}}{i} = \frac{0,9 \cdot l}{i} = \frac{0,9 \cdot 378,3}{3,05} = 111,63 \leq \lambda_u = 400 \quad (3.4.4.6)$$

Liaunumo sąlyga tenkinama.

Spyriai 5 – 6 ir 9 – 10

Šiuos santvaros spyrius projektuojame kaip centriškai tempiamus elementus. Skaičiavimams naudosime maksimalią tempimo įrašą, kuri yra $N_{5-6} = 8,79 \text{ kN}$.

Pasirenkame karštai formuotą kvadratinio skerspjūvio profilį **70 x 70 x 5 mm**:

Lentelė 3.4.4.3 Nagrinėjamo profilio skerspjūvio parametrai

$A_{net} = 12,7 \text{ cm}^2$	$W = 25,3 \text{ cm}^3$	$I = 88,5 \text{ cm}^4$
$M = 9,99 \text{ kg/m}$	$i = 2,64 \text{ cm}$	

Randame skaičiuotinio ašinės jėgos veikiamo skerspjūvio stiprumo atspario pagal takumo ribą reikšmę:

$$N_{pl,Rd} = A_{net} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 12,7 \cdot 10^{-4} \cdot 250 \cdot 1,0 = 317,50 \text{ kN} \quad (3.4.4.7)$$

Tikriname centriškai tempiamo elemento skerspjūvio stiprumo sąlygą:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{8,79}{317,50} = 0,03 \leq 1,0 \quad (3.4.4.8)$$

Skerspjūvio stiprumo sąlyga tenkinama (išnaudojimas 3%). Atsarga netenkina ekonomiškumo sąlygos. Tokius elemento matmenis nulėmė santvaros mazgų projektavimas.

Tempiamo elemento liaunumas:

$$\lambda = \frac{l_{eff}}{i} = \frac{0,9 \cdot l}{i} = \frac{0,9 \cdot 391,5}{2,64} = 133,47 \leq \lambda_u = 400 \quad (3.4.4.9)$$

Liaunumo sąlyga tenkinama.

Spyriai 2 – 3 ir 13 – 13

Šiuos santvaros spyrius projektuojame kaip centriškai gniuždomus elementus. Skaičiavimams naudosime maksimalią gniuždymo įrašą, kuri yra $N_{2-3} = -286,74 \text{ kN}$.

Pasirenkame karštai formuotą kvadratinio skerspjūvio profilį **90 x 90 x 8 mm**:

Lentelė 3.4.4.4 Nagrinėjamo profilio skerspjūvio parametrai

$A = 25,6 \text{ cm}^2$	$W = 62,6 \text{ cm}^3$	$I = 281 \text{ cm}^4$
$M = 20,1 \text{ kg/m}$	$i = 3,32 \text{ cm}$	

Randame skaičiuotinio ašinės jėgos veikiamo skerspjūvio pastovumo atspario reikšmę:

$$N_{c,Rd} = \varphi \cdot A \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 0,513 \cdot 25,6 \cdot 10^{-4} \cdot 250 \cdot 1,0 = 328,32 \text{ kN} \quad (3.4.4.10)$$

Tikriname centriškai gniuždomo elemento skerspjūvio pastovumo sąlygą:

$$\alpha = \frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{286,74}{328,32} = 0,87 \leq 1,0 \quad (3.4.4.11)$$

Skerspjūvio pastovumo sąlyga tenkinama (išnaudojimas 87%). Atsarga netenkina ekonomiškumo sąlygos. Tokius elemento matmenis nulėmė santvaros mazgų projektavimas.

Gniuždomo elemento liaunumas:

$$\lambda = \frac{l_{eff}}{i} = \frac{0,9 \cdot l}{i} = \frac{0,9 \cdot 378,3}{3,32} = 102,55 \leq \lambda_u = 210 - 60 \cdot \alpha = 157,59 \quad (3.4.4.12)$$

Liaunumo sąlyga tenkinama.

Spyriai 4 – 5 ir 10 – 11

Šiuos santvaros spyrius projektuojame kaip centriškai gniuždomus elementus. Skaičiavimams naudosime maksimalią gniuždymo įrašą, kuri yra $N_{4-5} = -124,02 \text{ kN}$.

Pasirenkame karštai formuotą kvadratinio skerspjūvio profilį **90 x 90 x 8 mm**:

Lentelė 3.4.4.5 Nagrinėjamo profilio skerspjūvio parametrai

$A = 25,6 \text{ cm}^2$	$W = 62,6 \text{ cm}^3$	$I = 281 \text{ cm}^4$
$M = 20,1 \text{ kg/m}$	$i = 3,32 \text{ cm}$	

Randame skaičiuotinio ašinės jėgos veikiamo skerspjūvio pastovumo atspario reikšmę:

$$N_{c,Rd} = \varphi \cdot A \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 0,490 \cdot 25,6 \cdot 10^{-4} \cdot 250 \cdot 1,0 = 313,60 \text{ kN} \quad (3.4.4.13)$$

Tikriname centriškai gniuždomo elemento skerspjūvio pastovumo sąlygą:

$$\alpha = \frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{124,02}{313,60} = 0,40 \leq 1,0 \quad (3.4.4.14)$$

Skerspjūvio pastovumo sąlyga tenkinama (išnaudojimas 40%). Atsarga netenkina ekonomiškumo sąlygos. Tokius elemento matmenis nulėmė santvaros mazgų projektavimas.

Gniuždomo elemento liaunumas:

$$\lambda = \frac{l_{eff}}{i} = \frac{0,9 \cdot l}{i} = \frac{0,9 \cdot 391,5}{3,32} = 106,13 \leq \lambda_u = 210 - 60 \cdot \alpha = 186,27 \quad (3.4.4.15)$$

Liaunumo sąlyga tenkinama.

Spyriai 6 – 8 ir 8 – 9

Šiuos santvaros spyrius projektuojame kaip centriškai gniuždomus elementus. Skaičiavimams naudosime maksimalią gniuždymo įrašą, kuri yra $N_{6-8} = -4,5 \text{ kN}$.

Pasirenkame karštai formuotą kvadratinio skerspjūvio profilį **70 x 70 x 5 mm**:

Lentelė 3.4.4.6 Nagrinėjamo profilio skerspjūvio parametrai

$A_{net} = 12,7 \text{ cm}^2$	$W = 25,3 \text{ cm}^3$	$I = 88,5 \text{ cm}^4$
$M = 9,99 \text{ kg/m}$	$i = 2,64 \text{ cm}$	

Randame skaičiuotinio ašinės jėgos veikiamo skerspjūvio pastovumo atspario reikšmę:

$$N_{c,Rd} = \varphi \cdot A \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 0,269 \cdot 12,7 \cdot 10^{-4} \cdot 250 \cdot 1,0 = 85,54 \text{ kN} \quad (3.4.4.16)$$

Tikriname centriškai gniuždomo elemento skerspjūvio pastovumo sąlygą:

$$\alpha = \frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{4,5}{85,54} = 0,05 \leq 1,0 \quad (3.4.4.17)$$

Skerspjūvio pastovumo sąlyga tenkinama (išnaudojimas 5%). Atsarga netenkina ekonomiško sąlygos. Tokius elemento matmenis nulėmė santvaros mazgų projektavimas.

Gniuždomo elemento liaunumas:

$$\lambda = \frac{l_{eff}}{i} = \frac{0,9 \cdot l}{i} = \frac{0,9 \cdot 406,9}{3,32} = 138,72 \leq \lambda_u = 210 - 60 \cdot \alpha = 209,65 \quad (3.4.4.18)$$

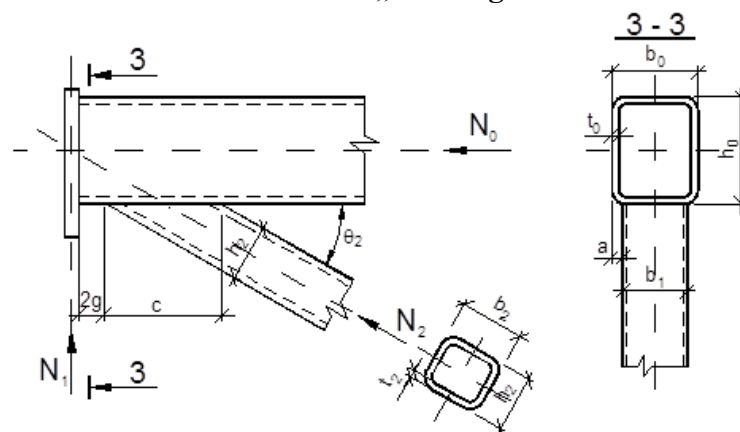
Liaunumo sąlyga tenkinama.

3.4.5. Mazgų projektavimas

Santvarų iš stačiakampių tuščiavidurių profiliuotųjų mazgų be mazginių lakštų, jungiančių juostą ir prie jos tvirtinamus tinklelio elementus, turi būti tikrinama:

- juostos sienutės, besiliečiančios su tinklelio elementu, atsparis praspaudimui (išplėsimui);
- juostos šoninės sienutės (lygiagrečios mazgo plokštumai) atsparis gniuždomojo elemento prijungimo vietoje;
- tinklelio elemento atsparis jungimo prie juostos srityje;
- virintinių siūlių, jungiančių tinklelio elementą prie juostos, atsparis.

Atraminis „1“ mazgas



Paveikslėlis 3.4.5.1 Atraminis santvaros mazgas ir jo žymenys [10]

Elementas	Viršutinė juosta 1 – 3	Atraminis spyris 1 – 2
Įrašas, kN	$N_{1-3} = -234,58$	$N_{1-2} = 310,48$
Skerspjūvio plotas, cm ²	$A_0 = 88,7$	$A_1 = 14,7$
Skerspjūvis, mm	200 x 200 x 12	80 x 80 x 5

Juostos išplėšimo atsparis

Tikriname sąlygas:

$$\frac{b_1}{b_0} = \frac{8}{20} = 0,4 < 0,9 \quad (3.4.5.1)$$

$$\frac{g}{c_1} = \frac{1,95}{11,48} = 0,169 < 0,25 \quad (3.4.5.2)$$

Sąlygoms tenkinant, juostos išplėšimo atsparis tinklelio elemento prijungimo vietoje, tikrinamas pagal formulę:

$$N_1 + \frac{1,5 \cdot M_1}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_0 \cdot f_{y,d} \cdot t_0^2 \cdot (b_0 + g + \sqrt{2 \cdot b_0 \cdot a})}{(0,4 + 1,8 \cdot \frac{g}{c_1}) \cdot a \cdot \sin \theta_1} \quad (3.4.5.3)$$

čia:

N_1 – ašinė jėga prijungiamajame elemente;

M_1 – lenkiamasis momentas prijungiamajame elemente mazgo plokštumoje, sutampančiame su juostos lentyna pjūvyje. Mūsų atveju lygus 0;

γ_c – darbo sąlygų koeficientas (STR 2.05.08:2005 [11] 7.1 lentelė);

γ_1 – įrašos ženklų prijungiamajame elemente įtakos koeficientas. Tempiamajam elementui imamas lygus 1,2;

γ_0 – juostoje veikiančios ašinės jėgos įtakos koeficientas. Gniuždomai juostai nustatomas iš sąlygos:

$$\gamma_0 = \frac{N_0}{A_0 \cdot f_{y,d}} = \frac{234,58 \cdot 10^{-3}}{88,7 \cdot 10^{-4} \cdot 250} = 0,106 > 0,5 \quad (3.4.5.4)$$

čia:

N_0 – skerspjūvio juostos ašinė jėga;

A_0 – santvaros juostos skerspjūvio plotas.

Sąlyga netenkinama, todėl $\gamma_0 = 1,0$.

Tikriname juostos išplėšimo atsparį tinklelio elemento prijungimo vietoje:

$$\frac{1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 250 \cdot 0,012^2 \cdot (0,20 + 0,0195 + \sqrt{2 \cdot 0,20 \cdot 0,06})}{(0,4 + 1,8 \cdot \frac{0,0195}{0,01148}) \cdot 0,06 \cdot 0,697} = 548,57 \text{ kN} \quad (3.4.5.5)$$

$$310,48 + \frac{1,5 \cdot 0}{0,08} = 310,148 \text{ kN} \leq 548,57 \text{ kN} \quad (3.4.5.6)$$

Sąlyga tenkinama (išnaudojimas 57%).

Tinklelio elemento atsparis jo prijungimo prie juostos srityje

Tinklelio elemento atsparis jo prijungimo prie juostos srityje turi būti tikrinamas kai kampas tarp tinklelio ir juostos $\alpha = 40 - 50^\circ$ pagal formulę:

$$N_1 + \frac{0,5 \cdot M_1}{h_1} \leq \frac{\gamma_c \cdot \gamma_1 \cdot k \cdot f_{y,d} \cdot A_1}{1 + 0,013 \cdot \frac{b_0}{t_0}} \quad (3.4.5.7)$$

čia:

k – plonasieniškumo koeficientas, lygus 1,0 kai tenkinama sąlyga:

$$\frac{b_1}{t_1} < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot f_{y,d}^2 - 0,2 \cdot f_{y,d} + 81,8 \rightarrow 16 < 47,113 \quad (3.4.5.8)$$

Tikriname tinklelio elemento jo prijungimo prie juostos srityje atsparį:

$$\frac{1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 250 \cdot 14,7 \cdot 10^{-4}}{1 + 0,013 \cdot \frac{0,20}{0,012}} = 362,47 \text{ kN} \quad (3.5.5.9)$$

$$310,48 + \frac{0,5 \cdot 0}{0,20} = 310,48 \text{ kN} \leq 362,47 \text{ kN} \quad (3.4.5.10)$$

Sąlyga tenkinama (išnaudojimas 86%).

Virintinės siulės, jungiančios tinklelio elementą prie juostos, atsparis

Virintinės siulės, jungiančios tinklelio elementą prie juostos, atsparis tikrinamas pagal formulę:

$$\left(N_1 + \frac{0,5 \cdot M_1}{h_1} \right) \cdot \frac{0,75 + 0,01 \cdot \frac{b_0}{t_0}}{\beta_{wf} \cdot k_f \cdot \left(\frac{2 \cdot b_1}{\sin \theta_1} + b_1 \right)} \leq \gamma_c \cdot f_{vw,f,d} \quad (3.4.5.11)$$

čia:

β_{wf} – koeficientas, priklausantis nuo siulės statinio aukščio, suvirinimo būdo ir siulės padėties;

k_f – virintinės siulės statinio aukštis.

Mazgo suvirinimui naudosime **G 35** elektrodinę vielą, kurios stipris $f_{vw,u} = 440 \text{ MPa}$. Suvirinimo būdas – pusiau automatinis, kai $d_w = 1,4 - 2 \text{ mm}$; siulės padėtis – gulsčioji stačioji. Tuomet $\beta_{wf} = 0,9$ (STR 2.05.08:2005 [11] 7.30 lentelė).

Skaičiuotinis kerpamasis stipris per siulės metalą, apskaičiuojamas taip:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \cdot \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \cdot \frac{440}{1,25} = 193,6 \text{ MPa} \quad (3.4.5.12)$$

čia:

γ_{Mw} – virintinės siulės metalo medžiagos patikimumo koeficientas.

Galimi siulės statinio aukščiai:

$$k_{f,min} = 5 \text{ mm} \leq k_f \leq k_{f,max} = 1,2 \cdot t_1 = 1,2 \cdot 5 = 6 \text{ mm} \quad (3.4.5.13)$$

čia:

$k_{f,min}$ – minimalus virintinės siulės statinis (STR 2.05.08:2005 [11] 7.29 lentelė);

$k_{f,max}$ – maksimalus virintinės siulės statinio aukštis, priklausantis nuo plonesniojo iš suvirinamųjų elementų storio t_1 .

Skaičiavimams naudosime maksimalų leistiną siulės statinio aukštį $k_{f,max} = 6 \text{ mm}$.

Tikriname virintinės siulės, jungiančios tinklelio elementą prie juostos, atsparį:

$$\left(310,48 + \frac{0,5 \cdot 0}{0,05}\right) \cdot \frac{0,75 + 0,01 \cdot \frac{0,20}{0,012}}{0,9 \cdot 0,006 \cdot \left(\frac{2 \cdot 0,08}{\sin 44^\circ} + 0,08\right)} = 174,27 \text{ MPa} \quad (3.4.5.14)$$

$$174,27 \text{ MPa} \leq \gamma_c \cdot f_{vw,f,d} = 193,6 \text{ MPa}$$

Sąlyga tenkinama (išnaudojimas 90%).

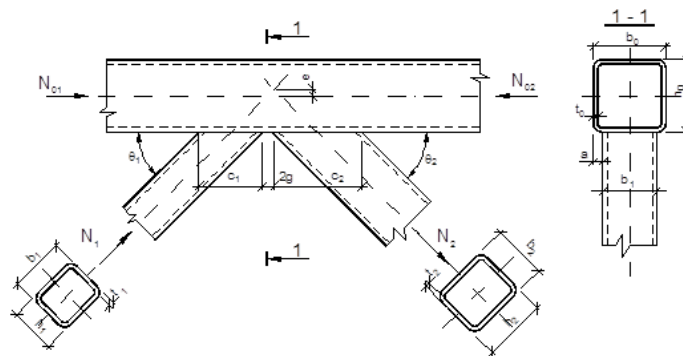
Juostos sienutės atsparis mazgo plokštumoje

Juostos sienutės atsparis mazgos plokštumoje, gniuždomo tinklelio elemento prijungimo vietoje tikrinamas, kai galioja sąlyga:

$$\frac{b_1}{b_0} = \frac{8}{20} = 0,4 > 0,9 \quad (3.4.5.15)$$

Sąlyga netenkinama, todėl juostos sienutės atspario tikrinti nereikia.

K tipo „2“ mazgas



Paveikslėlis 3.4.5.2 K pavidalo santvaros mazgas ir jo žymenys [10]

Lentelė 3.4.5.2 K tipo mazge besijungiantys elementai

Elementas	Apatinė juosta 2 – 4	Spyris 1 – 2	Spyris 2 – 3
Įrašas, kN	$N_{2-4} = 435,17$	$N_{2-2} = 310,48$	$N_{2-3} = -286,74$
Skerspjūvio plotas, cm ²	$A_0 = 44,8$	$A_1 = 14,7$	$A_2 = 25,6$
Skerspjūvis, mm	150 x 150 x 8	80 x 80 x 5	90 x 90 x 8

Juostos pradūrimo (išplėšimo) atsparis

Tikriname sąlygas:

$$\frac{b_1}{b_0} = \frac{8}{15} = 0,533 < 0,9 \quad (3.4.5.16)$$

$$\frac{g}{c_1} = \frac{1,9}{11,8} = 0,161 < 0,25 \quad (3.4.5.17)$$

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{9}{15} = 0,60 < 0,9 \quad (3.4.5.18)$$

$$\frac{g}{c_2} = \frac{1,9}{13,4} = 0,142 < 0,25 \quad (3.4.5.19)$$

Sąlygoms tenkinant juostos išplėšimo atsparis tinklelio elemento prijungimo vietoje tikrinamas pagal formulę:

$$N_{1(2)} + \frac{1,5 \cdot M_{1(2)}}{h_{1(2)}} \leq \frac{\gamma_c \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_0 \cdot f_{y,d} \cdot t_0^2 \cdot (b_0 + g + \sqrt{2 \cdot b_0 \cdot a})}{(0,4 + 1,8 \cdot \frac{g}{c_{1(2)}}) \cdot a_{1(2)} \cdot \sin \theta_{1(2)}} \quad (3.4.5.20)$$

čia:

N_1 – ašinė jėga prijungiamajame elemente;

M_1 – lenkiamasis momentas prijungiamajame elemente mazgo plokštumoje, sutampančiame su juostos lentyna pjūvyje. Mūsų atveju lygus 0;

γ_c – darbo sąlygų koeficientas (STR 2.05.08:2005 [11] 7.1 lentelė);

γ_1 – įrašos ženklų prijungiamajame elemente įtakos koeficientas. Tempiamajam elementui imamas lygus 1,2;

γ_0 – juostoje veikiančios ašinės jėgos įtakos koeficientas. Gniuždomai juostai nustatomas iš sąlygos:

$$\gamma_0 = \frac{N_0}{A_0 \cdot f_{y,d}} = \frac{435,17 \cdot 10^{-3}}{44,8 \cdot 10^{-4} \cdot 250} = 0,389 > 0,5 \quad (3.4.5.21)$$

čia:

N_0 – skerspjūvio juostos ašinė jėga;

A_0 – santvaros juostos skerspjūvio plotas.

Sąlyga netenkinama, todėl $\gamma_0 = 1,0$.

Tikriname juostos išplėšimo atsparį atraminio spyrio prijungimo vietoje:

$$\frac{1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 250 \cdot 0,01^2 \cdot (0,15 + 0,019 + \sqrt{2 \cdot 0,15 \cdot 0,035})}{\left(0,4 + 1,8 \cdot \frac{0,019}{0,118}\right) \cdot 0,03 \cdot 0,669} = \quad (3.4.5.22)$$

$$= 322,69 \text{ kN}$$

$$310,48 + \frac{1,5 \cdot 0}{0,08} = 310,48 \text{ kN} \leq 322,389 \text{ kN} \quad (3.4.5.23)$$

Sąlyga tenkinama (išnaudojimas 96%).

Tikriname juostos praspaudimo atsparį gniuždomo spyrio prijungimo vietoje:

$$\frac{1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 250 \cdot 0,01^2 \cdot (0,15 + 0,019 + \sqrt{2 \cdot 0,15 \cdot 0,03})}{\left(0,4 + 1,8 \cdot \frac{0,019}{0,134}\right) \cdot 0,03 \cdot 0,669} = \quad (3.4.5.24)$$

$$= 321,048 \text{ kN}$$

$$286,74 + \frac{1,5 \cdot 0}{0,09} = 286,74 \text{ kN} \leq 321,048 \text{ kN} \quad (3.4.5.25)$$

Sąlyga tenkinama (išnaudojimas 90%).

Tinklelio elemento atsparis jo prijungimo prie juostos srityje

Tinklelio elemento atsparis jo prijungimo prie juostos srityje turi būti tikrinamas kai kampas tarp tinklelio ir juostos $\alpha = 40 - 50^\circ$ pagal formulę:

$$N_{1(2)} + \frac{0,5 \cdot M_{1(2)}}{h_{1(2)}} \leq \frac{\gamma_c \cdot \gamma_1 \cdot k \cdot f_{y,d} \cdot A_{1(2)}}{1 + 0,013 \cdot \frac{b_0}{t_0}} \quad (3.4.5.26)$$

čia:

k – plonasieniškumo koeficientas, lygus 1,0 kai tenkinama sąlyga:

$$\frac{b_1}{t_1} < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot f_{y,d}^2 - 0,2 \cdot f_{y,d} + 81,8 \rightarrow 11,25 < 44,113 \quad (3.4.5.27)$$

$$\frac{b_2}{t_2} < 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot f_{y,d}^2 - 0,2 \cdot f_{y,d} + 81,8 \rightarrow 16 < 44,113 \quad (3.4.5.28)$$

Tikriname atraminio spyrio jo prijungimo prie juostos srityje atsparį:

$$\frac{1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 250 \cdot 14,7 \cdot 10^{-4}}{1 + 0,013 \cdot \frac{0,15}{0,01}} = 354,57 \text{ kN} \quad (3.4.5.29)$$

$$310,48 + \frac{0,5 \cdot 0}{0,08} = 310,48 \text{ kN} \leq 354,57 \text{ kN} \quad (3.4.5.30)$$

Sąlyga tenkinama (išnaudojimas 88%).

Tikriname gniuždomojo spyrio jo prijungimo prie juostos srityje atsparį:

$$\frac{1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 250 \cdot 25,6 \cdot 10^{-4}}{1 + 0,013 \cdot \frac{0,15}{0,01}} = 514,57 \text{ kN} \quad (3.4.5.31)$$

$$287,52 + \frac{0,5 \cdot 0}{0,09} = 287,52 \text{ kN} \leq 514,57 \text{ kN} \quad (3.4.5.32)$$

Sąlyga tenkinama (išnaudojimas 56%).

Virintinės siūlės, jungiančios tinklelio elementą prie juostos, atsparis

Virintinės siūlės, jungiančios tinklelio elementą prie juostos, atsparis tikrinamas pagal formulę:

$$\left(N_{1(2)} + \frac{0,5 \cdot M_{1(2)}}{h_{1(2)}} \right) \cdot \frac{0,75 + 0,01 \cdot \frac{b_0}{t_0}}{\beta_{wf} \cdot k_f \cdot \left(\frac{2 \cdot b_{1(2)}}{\sin \theta_{1(2)}} + b_{1(2)} \right)} \leq \gamma_c \cdot f_{vw,f,d} \quad (3.4.5.33)$$

čia:

β_{wf} – koeficientas, priklausantis nuo siūlės statinio aukščio, suvirinimo būdo ir siūlės padėties;

k_f – virintinės siūlės statinio aukštis.

Mazgo suvirinimui naudosime **G 35** elektrodinę vielą, kurios stipris $f_{vw,u} = 440 \text{ MPa}$. Suvirinimo būdas – pusiau automatinis, kai $d_w = 1,4 - 2 \text{ mm}$; siūlės padėtis – gulsčioji stačioji. Tuomet $\beta_{wf} = 0,9$ (STR 2.05.08:2005 [11] 7.30 lentelė).

Skaičiuotinis kerpamasis stipris per siūlės metalą, apskaičiuojamas taip:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \cdot \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \cdot \frac{440}{1,25} = 193,6 \text{ MPa} \quad (3.4.5.34)$$

čia:

γ_{Mw} – virintinės siūlės metalo medžiagos patikimumo koeficientas.

Galimi siūlės statinio aukščiai:

$$k_{f,min} = 4 \text{ mm} \leq k_f \leq k_{f,max} = 1,2 \cdot t_1 = 1,2 \cdot 5 = 6 \text{ mm} \quad (3.4.5.35)$$

čia:

$k_{f,min}$ – minimalus virintinės siūlės statinis (STR 2.05.08:2005 [11] 7.29 lentelė);

$k_{f,max}$ – maksimalus virintinės siūlės statinio aukštis, priklausantis nuo plonesniojo iš suvirinamųjų elementų storio t_1 .

Skaičiavimams naudosime maksimalų leistiną siūlės statinio aukštį $k_{f,max} = 6 \text{ mm}$.

Tikriname virintinės siūlės, jungiančios atraminį spyrį prie juostos, atsparį:

$$\left(310,48 + \frac{0,5 \cdot 0}{0,08}\right) \cdot \frac{0,75 + 0,01 \cdot \frac{0,15}{0,01}}{0,9 \cdot 0,006 \cdot \left(\frac{2 \cdot 0,08}{\sin 42^\circ} + 0,08\right)} = 169,18 \text{ MPa} \quad (3.4.5.36)$$

$$169,18 \text{ MPa} \leq \gamma_c \cdot f_{vw,f,d} = 193,6 \text{ MPa}$$

Sąlyga tenkinama (išnaudojimas 87%).

Tikriname virintinės siūlės, jungiančios gniuždomąjį spyrį prie juostos, atsparį:

$$\left(287,52 + \frac{0,5 \cdot 0}{0,07}\right) \cdot \frac{0,75 + 0,01 \cdot \frac{0,15}{0,01}}{0,9 \cdot 0,006 \cdot \left(\frac{2 \cdot 0,09}{\sin 42^\circ} + 0,09\right)} = 139,02 \text{ MPa} \quad (3.4.5.37)$$

$$139,02 \text{ MPa} \leq \gamma_c \cdot f_{vw,f,d} = 193,6 \text{ MPa}$$

Sąlyga tenkinama (išnaudojimas 72%).

Juostos sienutės atsparis mazgo plokštumoje

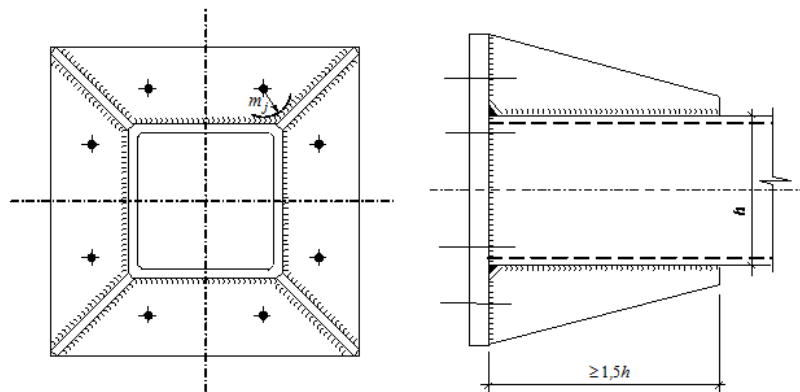
Juostos sienutės atsparis mazgos plokštumoje, gniuždomo tinklelio elemento prijungimo vietoje tikrinamas, kai galioja sąlyga:

$$\frac{b_1}{b_0} = \frac{8}{15} = 0,533 > 0,9 \quad (3.4.5.38)$$

$$\frac{b_2}{b_0} = \frac{9}{15} = 0,60 > 0,9 \quad (3.4.5.39)$$

Sąlygos abiem atvejais netenkinamos, todėl juostos sienutės atspario tikrinti nereikia.

Montažinis „8“ mazgas



Paveikslėlis 3.4.5.3 Flanšinė jungtis su uždaro skerspjūvio profiliuočiais [10]

Būtina skaičiuoti flanšinių jungčių:

- varžtų atsparį;
- jungties šlyties kerpamąjį atsparį;
- siūlių, jungiančių flanšą su profiliuočiu, atsparį.

Lentelė 3.4.5.3 Montażinėje jungtyje besijungiantys elementai

Elementas	Viršutinė j. 5 – 8	Spyris 6 – 8	Spyris 8 – 9
Įrašas, kN	$N_{5-8} = -605,86$	$N_{6-8} = -0,5$	$N_{8-9} = -0,5$
Skerspjūvio plotas, cm^2	$A_0 = 88,7$	$A_1 = 12,7$	$A_2 = 12,7$
Skerspjūvis, mm	200 x 200 x 12	70 x 70 x 5	70 x 70 x 5

Centriškai tempiamų (gniuždomų) flanšinių jungčių su uždaro profilio jungiamaisiais elementais stiprumas yra pakankamas, kai:

$$N_{Ed} \leq n \cdot k_2 \cdot F_{bt,Rd} \quad (3.4.5.40)$$

čia:

n – visas jungties varžtų skaičius;

k_2 – koeficientas, priklausantis nuo varžtų skersmens ir flanšo storio (STR 2.05.08:2005 [11] 8 priedas, 2.5 lentelė);

$F_{bt,Rd}$ – skaičiuotinis vieno varžto tempiamasis atsparis, apskaičiuojamas taip:

$$F_{b,t,Rd} = f_{bt,d} \cdot A_{b,net} \quad (3.4.5.41)$$

čia:

$f_{bt,d}$ – skaičiuotinis varžtų tempiamasis plieno stipris;

$A_{b,net}$ – varžto grynas skerspjūvio plotas.

Tempiamų flanšinių jungčių atsparis vietinei skersinei jėgai tikrinamas pagal formulę:

$$V_{ioc} \leq \mu_h \cdot \sum_1^n F_{bhf,Rd} \quad (3.4.5.42)$$

čia:

μ_h – trinties koeficientas, imamas iš STR 2.05.08:2005 [11] 7.34 lentelės;

$F_{bhf,Rd}$ – kontaktinė įrašas, kai prijungiamas uždarojo skerspjūvio elementas, apskaičiuojama:

$$F_{bhf,Rd} = 0,1 \cdot F_{b,t,Rd} \quad (3.4.5.43)$$

Kertinių siūlių, jungiančių flanšą su jungiamuoju elementu, stiprumas turi būti tikrinamas dviejuose pjūviuose: per siūlės metalo pjūvį ir per sulydimo srities metalo pjūvį, remiantis STR 2.05.08:2005 [11] XVII skirsniu „Suvirintinės jungtys“.

Tikriname varžtų laikomąją galią. Jungčiai naudosime A gaminio klasės 10.9 kokybės klasės M27 varžtus, kurių $b_u = 1000 \text{ MPa}$, o $A_{b,net} = 4,59 \text{ cm}^2$. Pagal flanšo storį ir varžtų skersmenį koeficientas $k_2 = 0,85$.

Skaičiuotinis vieno varžto tempiamasis stipris:

$$f_{bt,d} = 0,5 \cdot b_u = 0,5 \cdot 1000 = 500 \text{ MPa} \quad (3.4.5.44)$$

$$F_{b,t,Rd} = f_{bt,d} \cdot A_{b,net} = 500 \cdot 4,59 \cdot 10^{-4} = 229,5 \text{ kN} \quad (3.4.5.45)$$

Jungtyje reikalingas varžtų skaičius:

$$n \geq \frac{N_{Ed}}{F_{b,t,Rd} \cdot k_2} = \frac{605,86}{229,5 \cdot 0,85} = 3,106 \approx 4 \quad (3.4.5.46)$$

Jungties su 4 varžtais laikomoji galia:

$$n \cdot F_{b,t,Rd} \cdot k_2 = 4 \cdot 229,5 \cdot 0,85 = 780,3 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 605,86 \text{ kN} \quad (3.4.5.47)$$

Sąlyga tenkinama (išnaudojimas 78%).

Tikriname flanšinės jungties atsparį vietinei skersinei jėgai:

$$F_{bhf,Rd} = 0,1 \cdot F_{b,t,Rd} = 0,1 \cdot 229,5 = 22,95 \text{ kN} \quad (3.4.5.48)$$

$$\mu_h \cdot \sum_1^n F_{bhf,Rd} = 0,35 \cdot \sum_1^4 22,95 = 32,13 \text{ kN} \geq V_{ioc} = 29,18 \text{ kN} \quad (3.4.5.49)$$

Sąlyga tenkinama.

Jungties suvirinimui naudosime **G 35** elektrodinę vielą, kurios stipris $f_{vw,u} = 440 \text{ MPa}$.

Suvirinimo būdas – pusiau automatinis, kai $d_w = 1,4 - 2 \text{ mm}$; siūlės padėtis – gulsčioji stačioji. Tuomet $\beta_{wf} = 0,9$, o $\beta_{wz} = 1,05$ (STR 2.05.08:2005 [11] 7.30 lentelė).

Skaičiuotinis kerpamasis stipris per siūlės metalą, apskaičiuojamas taip:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \cdot \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \cdot \frac{440}{1,25} = 193,6 \text{ MPa} \quad (3.4.5.50)$$

Skaičiuotinis kerpamasis stipris per elemento metalą, apskaičiuojamas taip:

$$f_{vw,z,d} = 0,45 \cdot f_u = 0,45 \cdot 360 = 162,0 \text{ MPa} \quad (3.4.5.51)$$

Ieškome silpnesciojo iš dviejų pjūvių:

$$f_{vw,z,d} \cdot \beta_{wz} = 162,0 \cdot 1,05 = 170,1 \text{ MPa} \quad (3.4.5.52)$$

$$f_{vw,f,d} \cdot \beta_{wf} = 193,6 \cdot 0,9 = 174,24 \text{ MPa} \quad (3.4.5.53)$$

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

Galimi siūlės statinio aukščiai:

$$k_{f,min} = 7 \text{ mm} \leq k_f \leq k_{f,max} = 1,2 \cdot t_1 = 1,2 \cdot 12 = 14 \text{ mm} \quad (3.4.5.54)$$

Skaičiuotinis siūlės ilgis:

$$l_{w,eff} = 4 \cdot 0,20 - 0,01 = 0,79 \text{ m} \quad (3.4.5.55)$$

Tada:

$$\frac{N_{Ed}}{\beta_{wz} \cdot k_f \cdot l_{w,eff} \cdot f_{vw,z,d} \cdot \gamma_c} = \frac{605,86 \cdot 10^{-3}}{1,05 \cdot 0,007 \cdot 0,79 \cdot 170,1 \cdot 1,0} = 0,64 \leq 1,0 \quad (3.4.5.56)$$

Sąlyga tenkinama (išnaudojimas 64%). Skaičiavimai todo, kad šioje jungtyje pakanka virintinės siūlės santvaros viršutinės juostos profilio perimetru. Todėl skaičiavimuose siūlių, kurios naudojamos sąstandoms pritvirtinti, nevertiname.

Montažinis „7“ mazgas

Lentelė 3.4.5.4 Montažinėje jungtyje besijungiantys elementai

Elementas	Apatinė juosta 6 – 7 – 9
Įrašas, kN	$N_{6-7} = -600,97$
Skerspjūvio plotas, cm^2	$A_0 = 44,8$
Skerspjūvis, mm	150 x 150 x 8

Tikriname varžtų laikomąją galią. Jungčiai naudosime A gaminio klasės 10.9 kokybės klasės M27 varžtus, kurių $b_u = 1000 MPa$, o $A_{b,net} = 4,59 cm^2$. Pagal flanšo storį ir varžtų skersmenį koeficientas $k_2 = 0,85$.

Skaičiuotinis vieno varžto tempiamasis stipris:

$$f_{bt,d} = 0,5 \cdot b_u = 0,5 \cdot 1000 = 500 MPa \quad (3.4.5.57)$$

$$F_{b,t,Rd} = f_{bt,d} \cdot A_{b,net} = 500 \cdot 4,59 \cdot 10^{-4} = 229,5 kN \quad (3.4.5.58)$$

Jungtyje reikalingas varžtų skaičius:

$$n \geq \frac{N_{Ed}}{F_{b,t,Rd} \cdot k_2} = \frac{600,97}{229,5 \cdot 0,85} = 2,661 \approx 4 \quad (3.4.5.59)$$

Jungties su 4 varžtais laikomoji galia:

$$n \cdot F_{b,t,Rd} \cdot k_2 = 4 \cdot 229,5 \cdot 0,85 = 780,3 kN \geq N_{Ed} = 600,97 kN \quad (3.4.5.60)$$

Sąlyga tenkinama (išnaudojimas 78%).

Tikriname flanšinės jungties atsparį vietinei skersinei jėgai:

$$F_{bhf,Rd} = 0,1 \cdot F_{b,t,Rd} = 0,1 \cdot 229,5 = 22,95 kN \quad (3.4.5.61)$$

$$\mu_h \cdot \sum_1^n F_{bhf,Rd} = 0,35 \cdot \sum_1^4 22,95 = 32,13 kN \geq V_{ioc} = 1,59 kN \quad (3.4.5.62)$$

Sąlyga tenkinama.

Jungties suvirinimui naudosime **G 35** elektrodinę vielą, kurios stipris $f_{vw,u} = 440 MPa$. Suvirinimo būdas – pusiau automatinis, kai $d_w = 1,4 - 2 mm$; siūlės padėtis – gulsčioji stačioji. Tuomet $\beta_{wf} = 0,9$, o $\beta_{wz} = 1,05$ (STR 2.05.08:2005 [11] 7.30 lentelė).

Skaičiuotinis kerpamasis stipris per siūlės metalą, apskaičiuojamas taip:

$$f_{vw,f,d} = 0,55 \cdot \frac{f_{vw,u}}{\gamma_{Mw}} = 0,55 \cdot \frac{440}{1,25} = 193,6 MPa \quad (3.4.5.63)$$

Skaičiuotinis kerpamasis stipris per elemento metalą, apskaičiuojamas taip:

$$f_{vw,z,d} = 0,45 \cdot f_u = 0,45 \cdot 360 = 162,0 MPa \quad (3.4.5.64)$$

Ieškome silpniausio iš dviejų pjūvių:

$$f_{vw,z,d} \cdot \beta_{wz} = 162,0 \cdot 1,05 = 170,1 MPa \quad (3.4.5.65)$$

$$f_{vw,f,d} \cdot \beta_{wf} = 193,6 \cdot 0,9 = 174,24 MPa \quad (3.4.5.66)$$

Nustatėme, jog jungtyje silpnėsnis pjūvis yra per suvirinamo elemento metalą, todėl tolesnius skaičiavimus atliksime šiam pjūviui.

Galimi siūlės statinio aukščiai:

$$k_{f,min} = 7 \text{ mm} \leq k_f \leq k_{f,max} = 1,2 \cdot t_1 = 1,2 \cdot 8 = 9 \text{ mm} \quad (3.4.5.67)$$

Skaičiuotinis siūlės ilgis:

$$l_{w,eff} = 4 \cdot 0,15 - 0,01 = 0,59 \text{ m} \quad (3.4.5.68)$$

Tada:

$$\frac{N_{Ed}}{\beta_{wz} \cdot k_f \cdot l_{w,eff} \cdot f_{vw,z,d} \cdot \gamma_c} = \frac{600,97 \cdot 10^{-3}}{1,05 \cdot 0,006 \cdot 0,59 \cdot 170,1 \cdot 1,0} = 0,87 \leq 1,0 \quad (3.4.5.69)$$

Sąlyga tenkinama (išnaudojimas 87%).

Dėl konstrukcinių sumetimų apatinės juostos flanšinėje jungtyje įrengiamos sąstandos. Jų įtakos skaičiavimuose nevertiname, nes visos sąlygos tenkinamos ir be jų.

Atraminė briauna

Laikoma, kad visa atraminė santvaros reakcija yra perduodama per atramines sąstandas. Kontaktiniai atraminių sąstandų paviršiai yra nubrožiami, o pačios sąstandos privirinamos prie santvaros profilio. Atraminės sąstandos reikiamas skerspjūvio plotas yra apskaičiuojamas pagal šią sąlygą:

$$A_s \geq \frac{V_{Ed}}{f_{p,d} \cdot \gamma_c} \quad (3.4.5.70)$$

čia:

$f_{p,d}$ – skaičiuotinis glemžiamasis plieno stipris, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$f_{p,d} = \frac{f_u}{\gamma_M} = \frac{410}{1,1} = 372,727 \text{ MPa} \quad (3.4.5.71)$$

Tada reikiamas skerspjūvio plotas bus:

$$A_s \geq \frac{V_{Ed}}{f_{p,d} \cdot \gamma_c} = \frac{279,10 \cdot 10^{-3}}{372,727 \cdot 1,0} = 7,49 \text{ cm}^2 \quad (3.4.5.72)$$

Iš čia briaunos storį gauname:

$$t_{s,p} \geq \frac{A_s}{b_s} = \frac{7,49}{30} = 2,5 \text{ mm} \quad (3.4.5.73)$$

Iš glemžimo sąlygos minimalus atraminės briaunos storis yra $2,5 \text{ mm}$, tačiau dėl konstrukcinių sumetimų, briaunos storį priimame $t_{s,p} = 20 \text{ mm}$.

Atraminės sąstandos turi būti patikrintos pastovumui iš sijos plokštumos kaip centriškai gniuždomas sąlyginis strypas pagal tokią formulę:

$$V_{Ed} \leq \varphi \cdot A_{s, fic} \cdot f_{y, d} \cdot \gamma_c \quad (3.4.5.74)$$

čia:

φ – sąlyginio strypo klumpumo koeficientas;

$A_{s, fic}$ – sąlyginio strypo skerspjūvio plotas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$A_{s, fic} = A_s + 0,65 \cdot t_w^2 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_{y, d}}} = 60 \cdot 10^{-4} + 0,65 \cdot 0,02^2 \cdot \sqrt{\frac{210000}{250}} = 135,4 \text{ cm}^2 \quad (3.4.5.75)$$

Tikriname atraminės sąstandos pastovumo sąlygą:

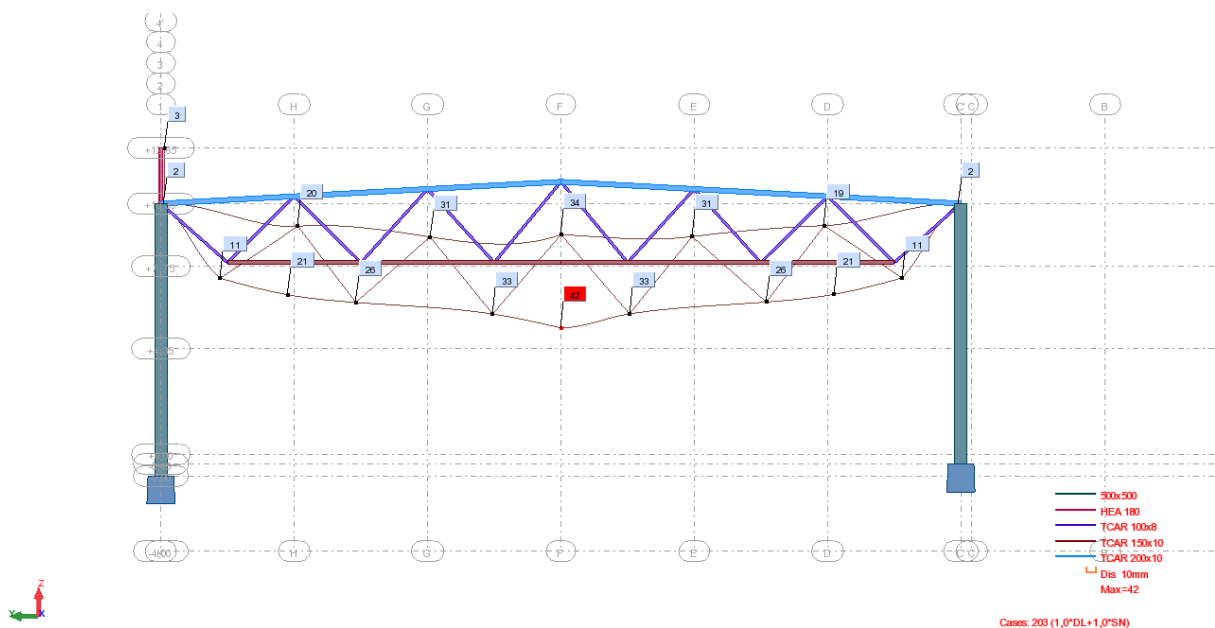
$$\varphi \cdot A_{s, fic} \cdot f_{y, d} \cdot \gamma_c = 0,626 \cdot 135,4 \cdot 10^{-4} \cdot 250 \cdot 1,0 = 2119,01 \text{ kN} \quad (3.4.5.76)$$

$$V_{Ed} = 279,10 \text{ kN} \leq 2119,01 \text{ kN} \quad (3.4.5.77)$$

Sąlyga tenkinama (išnaudojimas 13%).

3.4.6. Statybinės pakyls projektavimas

Pagal STR 2.05.08:2005 „Plieninių konstrukcijų projektavimas“ [11] XXXII skirsnio 236 punktą: kai stogo santvarų tarpatramis viršija 36 m, būtina numatyti statybinę pakylą, lygią įlinkiui nuo tariamai nuolatinio derinio apkrovų. Kai yra plokštieji stogai, statybinė pakyla turi būti numatyta nepaisant tarpatramio dydžio, laikant ją lygia įlinkiui nuo charakteristinio derinio apkrovų, pridedant 1/200 tarpatramio dydžio.



Paveikslėlis 3.4.6.1 Projektuojamos santvaros įlinkių schema nuo charakteristinio derinio apkrovų

Statybinės pakyls aukštis:

$$h = \frac{l}{200} + u_k = \frac{3300}{200} + 4,2 = 20,7 \text{ cm} \quad (3.4.6.1)$$

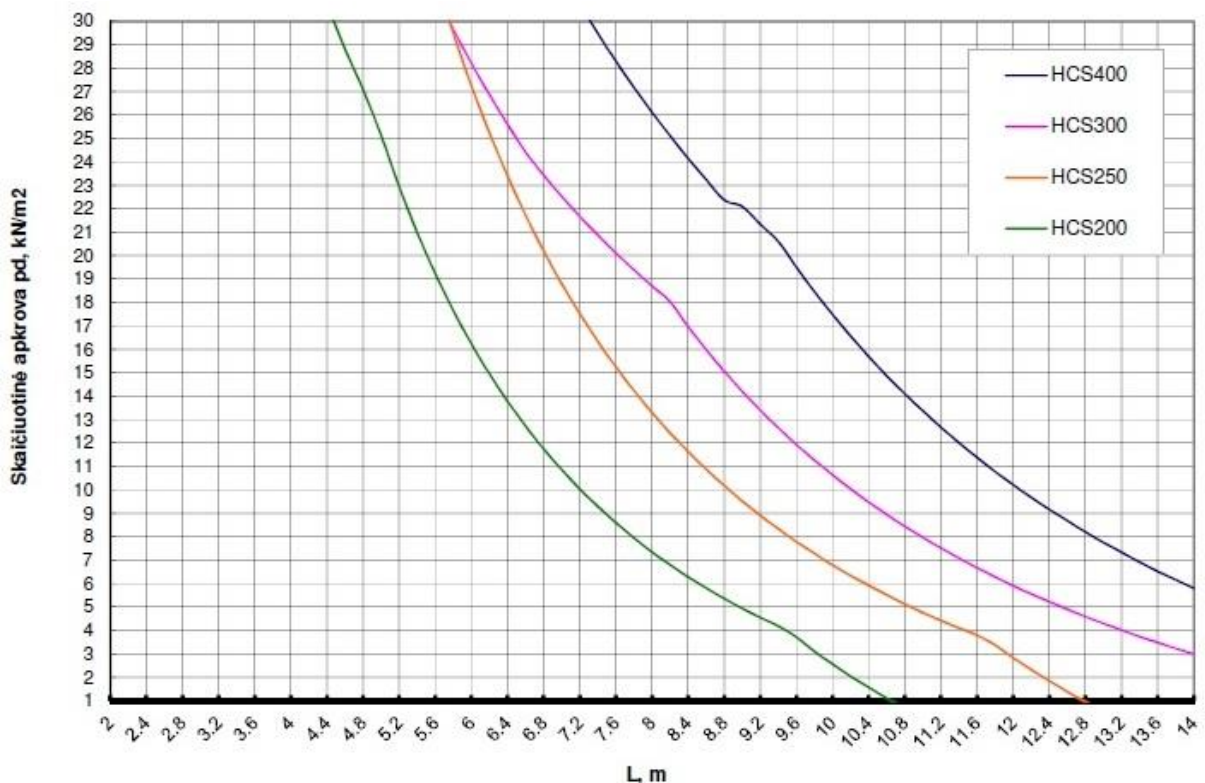
Projektuojamos santvaros gamybos metu apatinei juostai turi būti suteikiama $h = 25,0 \text{ cm}$ aukščio statybinė pakyla.

3.5. Gelžbetoninės perdangos projektavimas

3.5.1. Surenkamo gelžbetonio perdangos plokščių parinkimas

Pastate tarpaukštinės perdangų laikančiosios konstrukcijos numatytos surenkamo gelžbetonio, kas yra detaliau aprašyta 3.1. skyriuje „Konstrukciniai sprendimai“. Grindų nuolatinę bei naudojimo apkrovas laiko ir perduoda gelžbetoniniams rygeliams surenkamos kiaurymėtos perdangos plokštės.

Perdangos plokštės šiame darbe neprojektuojamos. Pasinaudojus gamintojų teikiama informacija apie gaminius, tokia kaip laikomosios galios priklausomybės nuo perdengiamos angos ilgio grafiku (žiūrėti paveikslėlį 3.5.1.1), galima parinkti reikiamo tipo bei charakteristikų plokštės projektuojamo pastato perdengimams.



Paveikslėlis 3.5.1.1 Gamintojo „Betonika“ teikiamas laikančiosios galios grafikas [9]

Šiame grafike vaizduojama keturių skirtingų tipų kiaurymėtujų perdangų plokščių laikomosios galios ir perdengiamos angos ilgio priklausomybė. Pagal šį grafiką parenkame mums tinkantį plokštės tipą.

Projektuojamame pastate numatytos dviejų tipų grindų detalės (G-1 ir G-2), suteikiančios perdangoms nuolatinę apkrovą bei, remiantis STR 2.05.04:2003 „Poveikiai ir apkrovos“ [10], nustatyta naudojimo apkrova (priklausanti C4 kategorijai).

Lentelė 3.5.1.1 Perdangoms tenkančių apkrovų skaičiuotinės reikšmės

	grindų tipas G-1	grindų tipas G-2
Nuolatinė apkrova, kN/m^2	3,401	2,874
Naudojimo apkrova, kN/m^2	5,0	5,0
Suminė apkrova, kN/m^2	8,401	7,874
Maksimalus angos ilgis, m	6,79	5,5

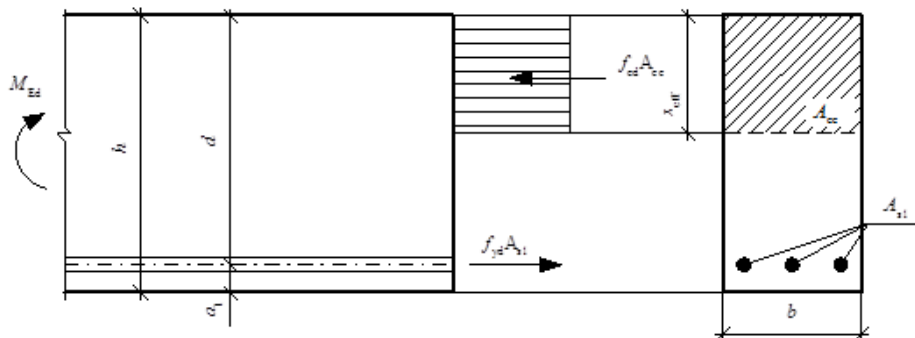
Pagal lentelės duomenis matome, jog pavojingiausias apkrovos ir perdengiamos angos ilgio derinys susidaro prie $8,401 kN/m^2$ apkrovos ir $6,79 m$ ilgio angos.

Pagal 3.5.1.1. paveikslėlį matome, jog HCS 200 tipo perdangos plokštė $7,0 m$ ilgio angą gali perdengti veikiamą apie $10,5 kN/m^2$ skaičiuotinės apkrovos, galiojant sąlygai $p_d = g_d(45\%) + q_d(55\%)$. Iš šios sąlygos gauname, jog mūsų apkrova negali viršyti $g_d = 0,45 \cdot 10,5 = 4,73 kN/m^2$, o kintamoji naudojimo - $q_d = 0,55 \cdot 10,5 = 5,78 kN/m^2$. Abi sąlygos tenkinamos, todėl galima teigti, kad perdangos plokštės tipas parinktas teisingai.

3.5.2. RT tipo gelžbetoninio rygelio projektavimas

Projektuojama pirmo aukšto perdangos laikančioji konstrukcija - RT skerspjūvio gelžbetoninis rygelis. Projektuojamas elementas ašyse C5/D5. Rygelio ir kolonos jungties altitudė $+4.050$. Rygelis projektuojamas iš C30/37 XC1 klasės betono ir S500 klasės išilginės bei skersinės armatūros.

Skaičiavimai paremti STR 2.05.05:2005 „Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“ [12] bei šio reglamento priedu „Praktinio taikymo vadovas“. Remiantis šiais šaltiniais gelžbetoninis rygelis projektuojamas kaip vienpusiai armuotas lenkiamas elementas. Projektuojant parenkamas reikiamas apatinis armavimas, skaičiuojama skersinė armatūra bei patikrinamas įstrižojo pjūvio stiprumas.



Paveikslėlis 3.5.2.1 Stačiakampio skerspjūvio lenkiamojo elemento statmeną pūvio stiprio skaičiuotinė schema [12]

Pradiniai duomenys skaičiavimams

Skaičiuotinis betono gniuždomasis stipris:

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,9 \cdot 1,0 \cdot \frac{30}{1,5} = 18 \text{ MPa} \quad (3.5.2.1)$$

čia:

f_{ck} – charakteristinis betono gniuždomasis stipris;

α – koeficientas, įvertinantis stačiakampio formos įtempių pasiskirstymo diagramą, lygus 0,9 C30/37 klasės betonui;

α_{cc} – koeficientas, imamas lygus 1,0;

γ_c – patikimumo koeficientas, gelžbetoninėms konstrukcijoms lygus 1,5.

Skaičiuotinis S500 plieno klasės darbo armatūros skaičiuojamasis stipris pagal takumo ribą yra $f_{yd} = 450 \text{ MPa}$ (STR 2.05.05:2005 [12] 3-čio priedo 3 lentelė).

Armatūros plieno tamprumo modulis $E_s = 205 \text{ GPa}$.

Betono tamprumo modulis $E_{cm} = 32 \text{ MPa}$.

Naudojantis baigtinių elementų skaičiavimo programa Autodesk „Robot Structural Analysis Professional“ gaunamos ekstreminės lenkimo momento ir skersinių jėgų įrašos nuo pavojingiausio derinio (102: 1,35·DL+1,3·LL).

Lentelė 3.5.2.1 Ekstreminės projektuojamo rygelio RT-1 įrašos

102 derinys (1,35·DL+1,3·LL)	
Lenkimo momentas, kNm	$M_{Ed} = 348,64 \text{ kNm}$
Skersinė jėga, kN	$V_{Ed} = 260,66 \text{ kN}$

Reikiamo išilginio armavimo skaičiavimas

Pagal priimtus kolonos gembės gabaritus $g_1 = g_2 = g = 200 \text{ mm}$ randame skaičiuotinį projektuojamos sijos ilgį l_{eff} :

$$l_{eff} = l_0 - b - 2 \cdot \frac{g}{2} = l_0 - b - g = 5,95 - 0,4 - 0,2 = 5,35 \text{ m} \quad (3.5.2.2)$$

Remiantis reglamento [12] 30 lentelė „mažiausias leistinas apsauginio betono sluoksnio storis (mm)“ konstrukcijai, projektuojamai XC1 agresyvumo klasėje mažiausias reikalaujamas apsauginis betono sluoksnis $a_1 = a_2 = 25 \text{ mm}$. Skaičiavimuose priimame $a_1 = a_2 = 30 \text{ mm}$.

Nustatome lenkiamo elemento skerspjūvio darbo aukštį:

$$d = h - a_1 - \frac{\emptyset}{2} = 500 - 30 - \frac{32}{2} = 454 \text{ mm} \quad (3.5.2.3)$$

Skaičiuojama betono gniuždomosios zonos charakteristika:

$$\omega = 0,85 - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 18 = 0,706 \quad (3.5.2.4)$$

Ribinis santykinis gniuždomosios zonos aukštis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\delta_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,706}{1 + \frac{450}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,706}{1,1}\right)} = 0,534 \quad (3.5.2.5)$$

čia:

$\sigma_{s,lim}$ – armatūros įtempiai, atsižvelgiant į armatūros takumo ribą;

$\sigma_{sc,lim}$ – gniuždomosios zonos armatūros ribiniai įtempiai. Konstrukcijoms iš sunkiojo betono, įtempiai lygūs 500 MPa.

Toliau ieškome reikiamo armatūros skerspjūvio ploto. Skaičiavimams įsivedame keitinį:

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot d^2 \cdot b} = \frac{348,64 \cdot 10^{-3}}{18 \cdot 0,454^2 \cdot 0,4} = 0,235 \quad (3.5.2.6)$$

Tuomet santykinis gniuždomosios zonos aukštis bus lygus:

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_{Eds}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,235} = 0,272 < \xi_{lim} = 0,534 \quad (3.5.2.7)$$

Randame elemento skerspjūvio gniuždomosios zonos aukštį:

$$x_{eff} = \xi \cdot d = 0,272 \cdot 0,454 = 0,1235 \text{ m} = 12,35 \text{ cm} \quad (3.5.2.8)$$

Apskaičiuojame reikiamą armatūros skerspjūvio plotą:

$$A_{s,req} = \frac{f_{cd} \cdot b \cdot x_{eff}}{f_{yd}} = \frac{18 \cdot 0,4 \cdot 0,1235}{450} = 19,75 \text{ cm}^2 \quad (3.5.2.9)$$

Gautą armatūros kiekį padidiname 5%:

$$A_{s,req} = A_{s1} \cdot 1,05 = 19,75 \cdot 1,05 = 20,74 \text{ cm}^2 \quad (3.5.2.10)$$

Elementui suarmuoti parenkame 2 vnt. Ø 32mm + 2 vnt. Ø 20mm armatūros strypus.

Tuomet $A_{s1} = 22,36 \text{ cm}^2 > A_{s,req} = 20,74 \text{ cm}^2$. Elemento viršutiniam armavimui pagal konstrukcinius reikalavimus parenkame 2 vnt. Ø 20mm armatūros strypus. Tuomet $A_{s2} = 6,28 \text{ cm}^2$.

Elemento normalinio pjūvio stiprumo tikrinimas

Vienpusiai armuoto lenkiamojo gelžbetoninio elemento stiprumas turi tenkinti sąlygą:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = f_{cd} \cdot b \cdot x_{eff} \cdot (d - 0,5 \cdot x_{eff}) \quad (3.5.2.11)$$

Elemento skerspjūvio gniuždomos zonos aukštis bus:

$$x_{eff} = \frac{f_{yd} \cdot A_{s1}}{f_{cd} \cdot b} = \frac{450 \cdot 22,36 \cdot 10^{-4}}{18 \cdot 0,4} = 0,1398m = 13,98 \text{ cm} \quad (3.5.2.12)$$

Skaičiuojame santykinį gniuždomos zonos aukštį:

$$\xi = \frac{x_{eff}}{d} = \frac{0,1398}{0,454} = 0,308 < \xi_{lim} = 0,534 \quad (3.5.2.13)$$

Skaičiuojame elemento stiprumą:

$$M_{Rd} = 18 \cdot 0,4 \cdot 0,1398 \cdot (0,454 - 0,5 \cdot 0,1398) = 386,62 \text{ kNm} > M_{Ed} \quad (3.5.2.14) \\ = 348,64 \text{ kNm}$$

Lenkiamo elemento stiprumo sąlyga tenkinama (išnaudojimas 90%).

Elemento įstrižojo pjūvio be skersinio armavimo stiprumo tikrinimas

Pirmiausia patikrinsime ar elementas atlaikys skersines įrašas be skersinio armavimo. Tai atliksime pagal STR 2.05.05:2005 [12] VI skirsnyje pateiktą metodiką.

Gelžbetoninių elementų be skersinės armatūros skaičiuotinis atsparumas skersinėms jėgoms apskaičiuojamas pagal formulę:

$$V_{Rd,ct} = \frac{\varphi_{c4} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d^2}{c} \geq V_{Ed} \quad (3.5.2.15)$$

čia:

φ_{c4} – koeficientas, priklausantis nuo betono tipo (STR 2.05.05:2005 [12] 15 lentelė);

c – pavojingiausio įstrižojo pjūvio projekcijos į elemento išilginę ašį ilgis, mūsų atveju priimame $c = c_{max}/2 = 2,5 \cdot d/2 = 2,5 \cdot 0,454/2 = 0,5675 \text{ m}$;

φ_n – koeficientas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\varphi_n = 0,1 \cdot \frac{N_{Ed}}{f_{ctd} \cdot b \cdot d} = 0,1 \cdot \frac{0 \cdot 10^{-3}}{1,2 \cdot 0,4 \cdot 0,454} = 0 \leq 0,5 \quad (3.5.2.16)$$

čia:

f_{ctd} – skaičiuotinis betono tempiamasis stipris apskaičiuojamas pagal formulę:

$$f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = 0,9 \cdot 1,0 \cdot \frac{2,0}{1,5} = 1,2 \text{ MPa} \quad (3.5.2.17)$$

Skaičiuojame elemento atsparumą skersinėms jėgoms:

$$V_{Rd,ct} = \frac{\varphi_{c4} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d^2}{c} = \frac{1,5 \cdot (1 + 0) \cdot 1,2 \cdot 0,4 \cdot 0,454^2}{0,5675} = 261,50 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 260,66 \text{ kN} \quad (3.5.2.18)$$

Apibrėžiamos tokios kitimo ribos:

$$2,5 \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d \geq V_{Rd,ct} \geq \varphi_{c3} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d \rightarrow 2,5 \cdot 1,2 \cdot 0,4 \cdot 0,454 = 544,80 \text{ kN} \geq V_{Rd,ct} \geq 0,6 \cdot (1 + 0) \cdot 1,2 \cdot 0,4 \cdot 0,454 = 130,75 \text{ kN} \quad (3.5.2.19)$$

Gauta reikšmė atitinka sąlygas, elemento įstrižojo pjūvio betono laikomoji galia pakankama, tačiau jos išnaudojimas 99,7%, todėl būtina įvesti elemento skersinį armavimą.

Reikiamo skersinio armavimo skaičiavimas

Elementų su skersine armatūra skaičiuotinis atsparumas skersinėms jėgoms apskaičiuojamas pagal formulę:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,sy} = V_{Rd,c} + V_{Rd,sw} \quad (3.5.2.20)$$

čia:

$V_{Rd,c}$ – skersinė jėga, kurią atlaiko betonas. Iš praeito skyriaus skaičiavimų $V_{Rd,c} = 261,50 \text{ kN}$;

$V_{Rd,sw}$ – sankabų atlaikoma skersinė jėga, apskaičiuojama pagal formulę:

$$V_{Rd,sw} = v_{sw} \cdot c_0 \quad (3.5.2.21)$$

čia:

v_{sw} – sankabų elemento ilgio vienetė atlaikoma jėga, apskaičiuojama pagal formulę:

$$v_{sw} = \frac{f_{ywd} \cdot A_{sw}}{s_w} = \frac{450 \cdot 1,57 \cdot 10^{-4}}{0,2} = 0,35325 \text{ MN} = 353,3 \text{ kN} \quad (3.5.2.22)$$

čia:

A_{sw} – skersinio armavimo kiekis, priimta $\varnothing 10$ sankabos, išdėstytos kas 200mm atraminiame elemento ruože ir kas 400mm tarpatramyje;

c_0 – skaičiuojamojo įstrižo pjūvio projekcijos dalis, kurioje esančių sankabų stiprumas yra panaudojamas ir apskaičiuojamas pagal formulę:

$$c_0 = \sqrt{\frac{\varphi_{c2} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d^2}{v_{sw}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (1 + 0) \cdot 1,2 \cdot 0,4 \cdot 0,454^2}{0,35325}} = 0,7484 \text{ m} \quad (3.5.2.23)$$

Tuomet sankabų atlaikoma skersinė jėga bus lygi:

$$V_{Rd,sw} = v_{sw} \cdot c_0 = 0,35325 \cdot 0,7484 = 264,38 \text{ kN} \quad (3.5.2.24)$$

Suminė elemento įstrižojo pjūvio laikomoji galia skersinių jėgų atžvilgiu bus lygi:

$$V_{Rd,sy} = V_{Rd,c} + V_{Rd,sw} = 261,50 + 264,38 = 525,88 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 260,66 \text{ kN} \quad (3.5.2.25)$$

Sąlyga tenkinama (išnaudojimas 49,6%).

Reikiamo lentynos armavimo skaičiavimas

Rygelio lentyna skaičiuojama kaip vienpusiai armuotas lenkiamas gelžbetoninis elementas. Išilginį armavimą lentynoje atstoja apatinės sankabos. Skaičiuojamas reikalingas šių sankabų skaičius vienam tiesiniam lentynos metrui.

Pagal 3.5.1.1 lentelės duomenis, projektuojamo rygelio nuolatinę apkrovą sudaro G-1 tipo grindų konstrukcija, savasis svoris ir C4 kategorijos naudojimo apkrova.

Lentelė 3.5.2.2 Rygelio lentynai tenkančių apkrovų skaičiuotinės reikšmės

	grindų tipas G-1	grindų tipas G-2
Nuolatinė apkrova, kN/m ²	3,401	2,874
Naudojimo apkrova, kN/m ²	5,0	5,0
Suminė apkrova, kN/m ²	8,401	7,874
Maksimalus angos ilgis, m	2,75	5,5

Apskaičiuotus perdangos konstrukcijos išskirstytus krūvius (kN/m²) perskaičiuojame į tiesinį lentynos metrą:

$$q_d = \sum g_d \cdot l_1 = (3,401 \cdot 1,35 + 5,0 \cdot 1,3) \cdot 2,75 = 30,50 \text{ kN/m} \quad (3.5.2.26)$$

Tuomet lenkimo momentas lentynoje (vienam tiesiniam metrui):

$$M_{Ed} = q_d \cdot (b_f - a_{eff}) = 30,50 \cdot (0,2 - 0,05) = 4,575 \text{ kNm} \quad (3.5.2.27)$$

Nustatome lenkiamo elemento skerspjūvio darbo aukštį:

$$d = h - a_1 - \frac{\emptyset}{2} = 250 - 30 - \frac{8}{2} = 216 \text{ mm} \quad (3.5.2.28)$$

Skaičiuojama betono gniuždomosios zonos charakteristika:

$$\omega = 0,85 - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 18 = 0,706 \quad (3.5.2.29)$$

Ribinis santykinis gniuždomosios zonos aukštis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\delta_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,706}{1 + \frac{450}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,706}{1,1}\right)} = 0,534 \quad (3.5.2.30)$$

čia:

$\sigma_{s,lim}$ – armatūros įtempiai, atsižvelgiant į armatūros takumo ribą;

$\sigma_{sc,lim}$ – gniuždomosios zonos armatūros ribiniai įtempiai. Konstrukcijoms iš sunkiojo betono, įtempiai lygūs 500 Mpa.

Toliau ieškome reikiamo armatūros skerspjūvio ploto. Skaičiavimams įsivedame keitinį:

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot d^2 \cdot b} = \frac{4,575 \cdot 10^{-3}}{18 \cdot 0,216^2 \cdot 1} = 0,00545 \quad (3.5.2.31)$$

Tuomet santykinis gniuždomos zonos aukštis bus lygus:

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_{Eds}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,00545} = 0,00546 < \xi_{lim} = 0,534 \quad (3.5.2.32)$$

Randame elemento skerspjūvio gniuždomos zonos aukštį:

$$x_{eff} = \xi \cdot d = 0,00546 \cdot 0,216 = 0,00118 \text{ m} = 0,118 \text{ cm} \quad (3.5.2.33)$$

Apskaičiuojame reikiamą armatūros skerspjūvio plotą:

$$A_{s.reik} = \frac{f_{cd} \cdot b \cdot x_{eff}}{f_{yd}} = \frac{18 \cdot 1 \cdot 0,00118}{450} = 0,472 \text{ cm}^2 \quad (3.5.2.34)$$

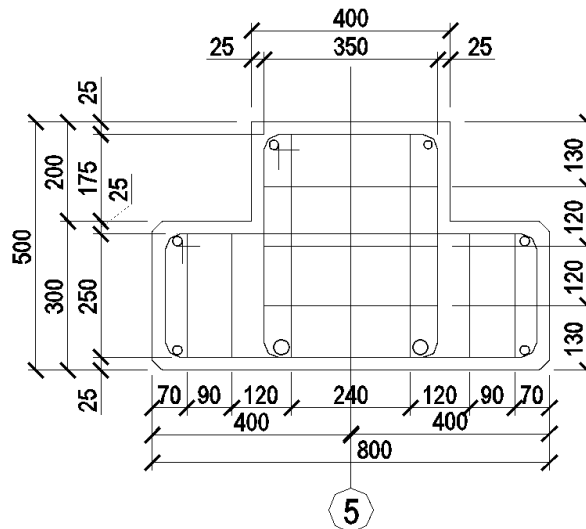
Gautą armatūros kiekį padidiname 5%:

$$A_{s.reik} = A_{s1} \cdot 1,05 = 0,472 \cdot 1,05 = 0,496 \text{ cm}^2 \quad (3.5.2.35)$$

Remiantis STR 2.05.05:2005 „Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“ [12] VI skirsnio 253 ir 254 punktais, kurie nurodo:

- Sijose, kurių skerspjūvio aukštis didesnis nei 150 mm, taip pat kiaurymėtose plokštėse (arba analogiškosose tankiabriaunėse konstrukcijose), kurių skerspjūvio aukštis didesnis nei 300 mm, turi būti dedama skersinė armatūra.
- Sijų ir plokščių skersinė armatūra, išdėstoma atraminiuose ruožuose, kurių ilgis lygus 1/4 konstrukcijos tarpatramio, kai apkrova tolygiai paskirstytoji, ir lygus atstumui nuo atramos iki artimiausios sutelktosios apkrovos, bet ne mažesniau kaip 1/4 tarpatramio, žingsniu:
 - kai $h > 450$ mm – ne daugiau kaip $h/3$ ir ne daugiau kaip 300 mm;
 - kitoje konstrukcijos tarpatramio dalyje, kai skerspjūvio aukštis $h > 300$ mm, skersinės armatūros žingsnis $\leq 3/4h$ ir ≤ 500 mm.

Elemento lentynai suarmuoti parenkame $\varnothing 8$ mm sankabas 200mm žingsniu elemento atraminiame ruože, kuris yra $l_{atr} = l_0/4 = 5,95/4 = 1,48 \text{ m} \approx 1,6 \text{ m}$, o elemento tarpatramyje $\varnothing 8$ mm sankabas 260mm žingsniu. Tuomet $A_{s1} = 2,515(1,935) \text{ cm}^2/\text{m} > A_{s.reik} = 0,472 \text{ cm}^2/\text{m}$.



Paveikslėlis 3.5.2.2 Projektuojamo rygelio RT-1 skerspjūvio geometrinė schema

Kėlimo kilpos projektavimas

Projektuojant kėlimo kilpą parenkamas armatūros lankstinio skersmuo bei jo inkaravimo betone ilgis. Kilpa projektuojama apkrovai, lygiai visam konstrukcijos svoriui $g_d = l_0 \cdot A_{rygelio} \cdot \gamma_{concr} \cdot \gamma_G = 5,95 \cdot 0,3 \cdot 25 \cdot 1,35 = 60,24 \text{ kN}$

Nustatome reikiamą kėlimo kilpos armatūros skerspjūvio plotą:

$$A_{s, reik} = \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{60,24 \cdot 10^{-3}}{450} = 1,34 \text{ cm}^2 \quad (3.5.2.36)$$

čia:

N_{Ed} – kėlimo kilpos tempimo jėga prilyginta rygelio svoriui g_d ;

f_{yd} – skaičiuotinis armatūrinio plieno stiprumas pagal takumo ribą;

Kėlimo kilpai parenkamas $\varnothing 16 \text{ mm}$ armatūrinis strypas $A_s = 2,01 \text{ cm}^2$. Tuomet įtempiai skerspjūvyje nuo tempimo jėgos:

$$\sigma_t = \frac{N_{Ed}}{A_s} = \frac{60,24 \cdot 10^{-3}}{2,01 \cdot 10^{-4}} = 299,7 \text{ MPa} < f_{yd} = 450 \text{ MPa} \quad (3.5.2.37)$$

Sąlyga tenkinama (išnaudojimas 67%).

Pagal šiuos įtempius skaičiuojamas armatūros inkaravimo ilgis. Armatūros inkaravimo ilgio skaičiavimas pateikiamas Remiantis STR 2.05.05:2005 „Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“ [12] IV skirsnyje. Pagal šio skirsnio 237 punktą: išilginiai tempiamosios ir gniuždomosios armatūros strypai turi būti užleisti už elemento normalinio pjūvio, kuriame jų skaičiuotinis stipris visiškai išnaudojamas ilgiu, ne mažesniu už l_{bd} , apskaičiuojamu pagal formulę:

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_b \geq l_{b, min} \quad (3.5.2.38)$$

čia:

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$ – koeficientai, aprašantys strypo inkaravimo sąlygas ir imami iš reglamento [12] 31-os lentelės. Skaičiavimams naudosime tokias koeficientų reikšmes: $\alpha_1 = 1,0$; $\alpha_2 = 1,0$; $\alpha_3 = 1,0$; $\alpha_4 = 0,7$; $\alpha_5 = 1,0$;

Bazinis inkaravimo ilgis l_b apskaičiuojamas taip:

$$l_b = \frac{d}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{16}{4} \cdot \frac{299,7}{1,89} = 634,29 \text{ mm} \quad (3.5.2.39)$$

čia:

d – inkaruojamo strypo skersmuo, mm;

$\sigma_{sd} = \sigma_t$ – skaičiuotiniai armatūros įtempiai, MPa;

f_{bd} – armatūros ir betono sąlyčio sankibos ribiniai įtempiai, nustatomi pagal formulę:

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 1,89 \text{ MPa} \quad (3.5.2.40)$$

Mažiausias inkaravimo ilgis tempiamiems strypams $l_{b,min}$ imamas:

$$l_{b,min} > \max\{0,6 \cdot l_b; 15 \cdot d; 100\text{mm}\} \rightarrow \max\{380; 240; 100\} \rightarrow 380 \text{ mm} \quad (3.5.2.41)$$

Tuomet skaičiuotinis kilpos strypo inkaravimo ilgis:

$$l_{bd} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 634,29 = 444,0 \geq l_{b,min} = 380 \text{ mm} \quad (3.5.2.42)$$

Strypo inkaravimo ilgis priimamas $l_{bd} = 500 \text{ mm}$.

Sijos įlinkio skaičiavimas

Gelžbetoninių konstrukcijų tinkamumo ribinių būvių apskaičiavimas atliekamas pagal STR 2.05.05:2005 „Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“ [12] XIV skyriaus nurodymus. Siekiant apskaičiuoti projektuojamos RT skerspjūvio formos sijos įlinkį, pirmiausia turime patikrinti elemento atsparumą normalinių plyšių tempiamoje zonoje atsivėrimui. Jei plyšiai atsiveria, apskaičiuoti jų plotį ir palyginti su leistinomis reikšmėmis pagal aplinkos agresyvumo klasę. Tuomet apskaičiuoti skerspjūvio kreivius ir nustačius įlinkį, palyginti rezultata su leistina reikšme.

Lenkiamųjų elementų plyšių atsiradimas tikrinamas pagal sąlygą:

$$M_r < M_{cr} \quad (3.5.2.43)$$

čia:

M_r – išorinių jėgų sukeltas lenkimo momentas nuo pavojingiausio charakteristinio derinio (202: 1,0·DL+1,0·LL), $M_r = M_{Ek} = 262,3 \text{ kNm}$;

M_{cr} – pleišėjimo momentas, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$M_{cr} = f_{ctk} \cdot W_{pl} \quad (3.5.2.44)$$

čia:

f_{ctk} – charakteristinis betono tempiamasis atsparis, imamas iš [12] 5 lentelės;

W_{pl} – ekvivalentinio skerspjūvio atsparumo momentas labiausiai tempiamo sluoksnio atžvilgiu (įvertinant plastines tempiamo betono deformacijas).

Pagal 2016-BMP-SK-05 brėžinyje pavaizduotą projektuojamo rygelio RT-1 geometriją ir armavimą, apskaičiuojame elemento skerspjūvio geometrines charakteristikas

Lentelė 3.5.2.3 Pradiniai projektuojamo rygelio RT-1 skerspjūvio rodikliai

Rodiklio pavadinimas	Žymėjimas	Matavimo vnt.	Reikšmė
Elemento aukštis	h	m	0,5
Sienuelės plotis	b_w	m	0,4
Lentynos plotis	b_f	m	0,8
Lentynos aukštis	h_f	m	0,3
Tempiamos armatūros plotas	A_{s1}	m^2	$22,36 \cdot 10^{-4}$
Gniuždomos armatūros plotas	A_{s2}	m^2	$6,28 \cdot 10^{-4}$
Temp. armatūros apsauginis betono sluoksnis	a_1	m	0,03
Gniužd. armatūros apsauginis betono sluoksnis	a_2	m	0,03

Lentelė 3.5.2.4 Projektuojamo rygelio RT-1 skerspjūvio geometriniai rodikliai

Rodiklio pavadinimas	Žymėjimas	Matavimo vnt.	Reikšmė
Skerspjūvio plotas	A_{eff}	m^2	0,338
Statinis momentas apatinio sluoksnio atžvilgiu	S_{eff}	m^3	0,0685
Ekvivalentiško skerspjūvio svorio centro atstumas nuo sijos apatinio sluoksnio	y_{sc}	m	0,2028
Ekvivalentiško skerspjūvio inercijos momentas	I_{eff}	m^4	0,0063813
Skerspjūvio atsparumo momentas sijos apatinio sluoksnio atžvilgiu	W_{eff}	m^3	0,031461
Atstumas tarp ekvivalentinio skerspjūvio sunkio centro ir branduolio viršūnės	r	m	0,093107
Ekvivalentinio skerspjūvio atsparumo momentas (įvertinant plastines tempiamo betono deformacijas).	W_{pl}	m^3	0,047191

Tuomet elemento pleišėjimo momentas lygus:

$$M_{cr} = f_{ctk} \cdot W_{pl} = 2,0 \cdot 0,047191 = 0,09438 \text{ MNm} = 94,38 \text{ kNm} < M_{Ek} \quad (3.5.2.45)$$

Pleišėjimo momentas $M_{cr} = 94,38 \text{ kNm}$ yra mažesnis nei išorinių jėgų lenkimo momentas nuo pavojingiausio charakteristinio derinio $M_{Ek} = 262,3 \text{ kNm}$. Tai reiškia, jog eksploatacijos metu konstrukcijos tempiamoje zonoje atsivers normaliniai plyšiai.

Nustačius, jog konstrukcija supleišės, turime patikrinti plyšių plotį. Tai atliekame pagal [12] XIV skyriaus II skirsnį „Gelžbetoninių elementų plyšių atsivėrimo apskaičiavimas“. Normalinių elemento išilginiai ašiai plyšių atsivėrimo plotis w_k apskaičiuojamas pagal formulę:

$$w_k = \delta \cdot \varphi_1 \cdot \eta \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot 20 \cdot (3,5 - 100 \cdot \rho_1) \cdot \sqrt[3]{\emptyset} \quad (3.5.2.46)$$

čia:

δ – koeficientas, lygus 1,0 kai apskaičiuojami lenkiamieji elementai;

η – koeficientas, lygus 1,0 kai naudojama rombuotoji strypinė armatūra;

ρ_1 – elemento skerspjūvio armavimo koeficientas, mūsų atveju $\rho_1 = 0,00791$;

φ_1 – koeficientas, apskaičiuojamas pagal [12] 23 lentelės nurodymus, mūsų atveju $\varphi_1 = 1,481$;

\emptyset – tempiamosios armatūros skersmuo, mūsų atveju $\emptyset = 32 \text{ mm}$;

σ_s – tempiamosios armatūros strypų įtempiai, apskaičiuojami pagal formulę:

$$\sigma_s = \frac{M_{Ek}}{A_{s1} \cdot z} = \frac{0,2623}{22,36 \cdot 10^{-4} \cdot 0,9 \cdot 0,454} = 287,09 \text{ MPa} \quad (3.5.2.47)$$

čia:

z – atstumas nuo tempiamosios armatūros skerspjūvio centro iki gniuždomosios zonos atstojamosios virš plyšio, supaprastintai apskaičiuojamas $z = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 0,545 = 0,409 \text{ m}$.

Remiantis [12] 24 lentelės duomenimis, trumpalaikio plyšių atsivėrimo ribinė leistina pločio reikšmė konstrukcijai, su iš anksto neįtempta armatūra, eksploatuojamai XC1 agresyvumo klasės aplinkoje yra $w_{lim1} = 0,4 \text{ mm}$.

Projektuojamo RT-1 rygelio normalinių išilginiai ašiai plyšių atsivėrimo plotis yra:

$$w_k = 1,0 \cdot 1,481 \cdot 1,0 \cdot \frac{287,09}{200 \cdot 10^3} \cdot 20 \cdot (3,5 - 100 \cdot 0,00791) \cdot \sqrt[3]{32} = 0,3658 \text{ mm} < w_{lim1} = 0,4 \text{ mm} \quad (3.5.2.48)$$

Tinkamumo ribinio būvio sąlyga tenkinama, normalinių plyšių plotis neviršija leistinųjų verčių.

Kadangi sija yra supleišėjusi ($M_{Ek} > M_{cr}$), tai sijos ašies kreivis apskaičiuojamas:

$$\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 - \left(\frac{1}{r}\right)_2 + \left(\frac{1}{r}\right)_3 \quad (3.5.2.49)$$

čia:

$\left(\frac{1}{r}\right)_1$ – kreivis nuo visos apkrovos poveikio, esant trumpalaikiai skaičiuotinei situacijai;

$\left(\frac{1}{r}\right)_2$ – kreivis nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių apkrovų poveikio, esant trumpalaikiai situacijai;

$\left(\frac{1}{r}\right)_3$ – kreivis nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių apkrovų poveikio, esant nuolatinei skaičiuotinei situacijai.

Visos apkrovos poveikio sukeltas kreivis:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M_{Ek}}{d \cdot z} \cdot \left[\frac{\Psi_s}{E_s \cdot A_{s1}} + \frac{\Psi_c}{(\varphi_f + \xi) \cdot b_w \cdot d \cdot E_{cm} \cdot \nu} \right] \quad (3.5.2.50)$$

čia:

M_{Ek} – išorinių jėgų sukeltas lenkimo momentas nuo pavojingiausio charakteristinio derinio (202: 1,0·DL+1,0·LL), $M_{Ek} = 262,3 \text{ kNm}$;

z – atstumas nuo tempiamosios armatūros skerspjūvio centro iki gniuždomosios zonos atstojamosios virš plyšio;

Ψ_s – koeficientas, įvertinantis tempiamojo betono darbą ruožuose su plyšiais;

Ψ_c – koeficientas, įvertinantis kraštinio gniuždomojo betono sluoksnio deformacijų netolygumą, mūsų atveju $\Psi_c = 0,9$;

ξ – sąlyginis gniuždomos zonos aukštis;

ν – koeficientas, apibūdinantis elastingai tamprią betono gniuždomosios zonos savybę, parenkamas pagal [12] 26 lentelę. $\left(\frac{1}{r}\right)_1$ ir $\left(\frac{1}{r}\right)_2$ kreiviams imamas 0,45. $\left(\frac{1}{r}\right)_3$ kreiviui imamas 0,15.

Skaičiuojame reikiamų koeficientų reikšmes:

$$\varphi_f = \frac{\alpha_e \cdot A_{s2}}{2 \cdot \nu \cdot b_w \cdot d} = \frac{6,25}{2 \cdot 0,45} \cdot 6,28 \cdot 10^{-4}}{0,4 \cdot 0,545} = 0,024 \quad (3.5.2.51)$$

$$\delta = \frac{M_{Ek}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{ck}} = \frac{0,2623}{0,4 \cdot 0,545^2 \cdot 30} = 0,106 \quad (3.5.2.52)$$

$$\lambda = \varphi_f \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot a_2}{2 \cdot d}\right) = 0,024 \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot 0,03}{2 \cdot 0,545}\right) = 0,022 \quad (3.5.2.53)$$

$$\rho = \frac{A_{s1}}{b_w \cdot d} = \frac{22,36 \cdot 10^{-4}}{0,4 \cdot 0,545} = 0,012 \quad (3.5.2.54)$$

Skaičiuojame santykinę gniuždomos zonos aukštį:

$$\xi = \frac{1}{\beta + \frac{1 + 5 \cdot (\delta + \lambda)}{10 \cdot \rho \cdot \alpha_e}} = \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5 \cdot (0,106 + 0,022)}{10 \cdot 0,012 \cdot 6,25}} = 0,254 \quad (3.5.2.55)$$

Apskaičiuojame atstumą nuo tempiamosios armatūros skerspjūvio centro iki gniuždomosios zonos atstojamosios virš plyšio:

$$z = d \cdot \left[1 - \frac{\frac{2 \cdot a_2 \cdot \varphi_f + \xi^2}{d}}{2 \cdot (\varphi_f + \xi)} \right] = 0,545 \cdot \left[1 - \frac{\frac{2 \cdot 0,03}{0,545} \cdot 0,024 + 0,254^2}{2 \cdot (0,024 + 0,254)} \right] = \quad (3.5.2.56)$$

$$= 0,399$$

$$\varphi_m = \frac{W_{pl} \cdot f_{ctk}}{M_{Ek}} = \frac{0,047191 \cdot 2,0}{0,2623} = 0,36 \quad (3.5.2.57)$$

$$\Psi_s = 1,25 - \varphi_{ls} \cdot \varphi_m = 1,25 - 1,1 \cdot 0,36 = 0,854 \quad (3.5.2.58)$$

Apskaičiuojame kreivį nuo visos apkrovos poveikio, esant trumpalaikiai skaičiuotinei situacijai:

$$\left(\frac{1}{r} \right)_1 = \frac{0,2623}{0,545 \cdot 0,399} \cdot \left[\frac{0,854}{200 \cdot 10^3 \cdot 22,36 \cdot 10^{-4}} + \frac{0,9}{(0,024 + 0,254) \cdot 0,4 \cdot 0,545 \cdot 32 \cdot 10^3 \cdot 0,45} \right] = \quad (3.5.2.59)$$

$$= 4,561 \cdot 10^{-6} \frac{1}{mm}$$

Perskaičiuojame reikiamus koeficientus:

$$\delta = \frac{0,7 \cdot M_{Ek}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{ck}} = \frac{0,1836}{0,4 \cdot 0,545^2 \cdot 30} = 0,074 \quad (3.5.2.60)$$

$$\xi = \frac{1}{\beta + \frac{1 + 5 \cdot (\delta + \lambda)}{10 \cdot \rho \cdot \alpha_e}} = \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5 \cdot (0,074 + 0,022)}{10 \cdot 0,012 \cdot 6,25}} = 0,268 \quad (3.5.2.61)$$

$$\varphi_m = \frac{W_{pl} \cdot f_{ctk}}{0,7 \cdot M_{Ek}} = \frac{0,047191 \cdot 2,0}{0,1836} = 0,514 \quad (3.5.2.62)$$

$$\Psi_s = 1,25 - \varphi_{ls} \cdot \varphi_m = 1,25 - 1,1 \cdot 0,514 = 0,685 \quad (3.5.2.63)$$

$$z = d \cdot \left[1 - \frac{\frac{2 \cdot a_2 \cdot \varphi_f + \xi^2}{d}}{2 \cdot (\varphi_f + \xi)} \right] = 0,545 \cdot \left[1 - \frac{\frac{2 \cdot 0,03}{0,545} \cdot 0,024 + 0,268^2}{2 \cdot (0,024 + 0,268)} \right] = \quad (3.5.2.64)$$

$$= 0,396$$

Apskaičiuojame kreivį nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių apkrovų poveikio, esant trumpalaikiai situacijai:

$$\left(\frac{1}{r} \right)_2 = \frac{0,1836}{0,545 \cdot 0,396} \cdot \left[\frac{0,685}{200 \cdot 10^3 \cdot 22,36 \cdot 10^{-4}} + \frac{0,9}{(0,024 + 0,268) \cdot 0,4 \cdot 0,545 \cdot 32 \cdot 10^3 \cdot 0,45} \right] = \quad (3.5.2.65)$$

$$= 2,768 \cdot 10^{-6} \frac{1}{mm}$$

Perskaičiuojame reikiamus koeficientus:

$$\varphi_f = \frac{\frac{\alpha_e}{2 \cdot \nu} \cdot A_{s2}}{b_w \cdot d} = \frac{\frac{6,25}{2 \cdot 0,15} \cdot 6,28 \cdot 10^{-4}}{0,4 \cdot 0,545} = 0,072 \quad (3.5.2.66)$$

$$\lambda = \varphi_f \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot a_2}{2 \cdot d}\right) = 0,072 \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot 0,03}{2 \cdot 0,545}\right) = 0,067 \quad (3.5.2.67)$$

$$\xi = \frac{1}{\beta + \frac{1 + 5 \cdot (\delta + \lambda)}{10 \cdot \rho \cdot \alpha_e}} = \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5 \cdot (0,074 + 0,067)}{10 \cdot 0,012 \cdot 6,25}} = 0,249 \quad (3.5.2.68)$$

$$z = d \cdot \left[1 - \frac{\frac{2 \cdot a_2}{d} \cdot \varphi_f + \xi^2}{2 \cdot (\varphi_f + \xi)}\right] = 0,545 \cdot \left[1 - \frac{\frac{2 \cdot 0,03}{0,545} \cdot 0,072 + 0,249^2}{2 \cdot (0,072 + 0,249)}\right] = \quad (3.5.2.69)$$

$$= 0,403$$

$$\Psi_s = 1,25 - \varphi_{ls} \cdot \varphi_m = 1,25 - 0,8 \cdot 0,514 = 0,839 \quad (3.5.2.70)$$

Apskaičiuojame kreivį nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių apkrovų poveikio, esant nuolatinei skaičiuotinei situacijai:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 = \frac{0,1836}{0,545 \cdot 0,403} \cdot \left[\frac{0,839}{200 \cdot 10^3 \cdot 22,36 \cdot 10^{-4}} + \frac{0,9}{(0,072 + 0,249) \cdot 0,4 \cdot 0,545 \cdot 32 \cdot 10^3 \cdot 0,15} \right] = \quad (3.5.2.71)$$

$$= 5,106 \cdot 10^{-6} \frac{1}{mm}$$

Randame bendrą sijos ašies kreivį:

$$\frac{1}{r} = 4,561 \cdot 10^{-6} - 2,768 \cdot 10^{-6} + 5,106 \cdot 10^{-6} = 6,898 \cdot 10^{-6} \frac{1}{mm} \quad (3.5.2.72)$$

Kadangi sija yra dviatramė ir apkrauta tolygiai paskirstyta apkrova, įlinkis apskaičiuojamas:

$$d = \frac{1}{r} \cdot \frac{5}{48} \cdot l^2 = 6,898 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{5}{48} \cdot 5510 = 21,82 \text{ mm} < d_{lim} = \frac{l}{200} \quad (3.5.2.73)$$

$$= \frac{5510}{200} = 27,55 \text{ mm}$$

Tinkamumo ribinio būvio sąlyga tenkinama, sijos įlinkis neviršija leistinos vertės.

3.5.3. Jungiamieji mazgai

Tarp plokščių esančias montažines siūles ir plokščių galus ties atramomis reikia užtaisyti smulkiagrūdžiu C30/37 XC1 klasės betonu. Maksimalus naudojamų užpildų skersmuo 8 mm. Betonas sutankinamas giluminiu vibratoriumi (galvutės diametras 20 mm).

Prieš siūlių ir inkarinių ryšių betonavimą būtina įsitikinti, kad siūlėse nebūtų šiukšlių ar pašalinių daiktų. Jei tarpelis tarp plokščių didesnis nei 5 mm, rekomenduojama apatinę siūlės dalį užsandarinti montажinėmis putomis. Vykdamas apdailos darbus, iš apačios siūlė užsandarinama silikoniniu arba akriliniu hermetiku.

Ypatingą dėmesį reikia atkreipti betonuojant plokščių galus ties atramomis. Betonas, kuriuo užpilamos perdangos plokščių kiaurymės, neturi subėgti giliau, nei plokštės atramos ilgis. Tai reiškia, kad plokščių kiaurymės, esančios galuose, prieš betonavimą turi būti užsandarintos ne giliau, kaip ties atrėmimo pabaiga. Tam tikslui, kartu su plokštėmis, yra patiekiami ir plastikiniai kiaurymių dangteliai. Be specialių dangtelių, kiaurymių užsandarinimui, rekomenduojama naudoti putų polistirolą arba akmens vatą.

Reikia neužmiršti, kad siūlėje, kur susiduria sveika ir išilgai pjauta plokštė, prieš užpilant turi būti uždėtas klojinys, leidžiantis suformuoti apatinę siūlę, nesiskiriančią nuo kitų, sveikų plokščių siūlių. Siūlių betonavimui rekomenduojama naudoti specialų karutį.

Sijos prie kolonos jungiamos inkariniais varžtais, jungtį užbetonuojant smulkiagrūdžiu C30/37 XC1 klasės betonu. Darbe naudojami B gaminio klasės 4.8 kokybės klasės M20 inkariniai varžtai. Jungties projektavimas atliekamas remiantis gelžbetoninių sijų gamintojo rekomendacijomis. Projektuojant jungtį patikrinama inkarinio varžto laikomoji galia kerpant, šlyties jėgą imant lygią 20% atraminės sijos reakcijos dydžiui:

$$V_{Ed} = 0,2 \cdot R_v = 0,2 \cdot 217,09 = 43,42 \text{ kN} \quad (3.5.3.1)$$

Remiantis STR 2.05.08:2005 „Plieninių konstrukcijų betonavimas“ [11] apskaičiuojame vieno inkarinio varžto atsparumą šlyčiai:

$$f_{bs,d} = 0,4 \cdot f_{bu} = 0,4 \cdot 400 = 160 \text{ MPa} \quad (3.5.3.2)$$

čia:

f_{bu} – charakteristinis varžto plieno stipris pagal [11].

Tuomet vieno varžto skaičiuotinis kerpamasis atsparys yra lygus:

$$F_{b,v,Rd} = f_{bs,d} \cdot \gamma_b \cdot A_b \cdot n_s = 160 \cdot 1,0 \cdot 3,14 \cdot 10^{-4} \cdot 1 = 50,26 \text{ kN} > V_{Ed} \quad (3.5.3.3)$$

čia:

γ_b – varžtinės jungties darbo sąlygų koeficientas, mūsų atveju lygus 1,0;

A_b – varžto skerspjūvio plotas (bruto);

n_s – varžto kirpimo plokštumų skaičius.

Sąlyga tenkinama (išnaudojimas 86%).

3.6. Klijuotos medienos pusrėmio projektavimas

Klijuotos medienos pusrėmis projektuojamas pastato baseino korpuse ašyse E1/E4. Korpuso karkasą sudaro skersiniai rėmai išdėstyti $B = 5,5 \text{ m}$ žingsniu. Skersinį rėmą sudaro klijuotinės medienos arkinis pusrėmis šarnyriškai sujungtas su gelžbetoninėmis kolonomis. Pusrėmio perdengiama anga yra $L = 17,5 \text{ m}$ ilgio. Bendras pastato dalies aukštis $H = 7,34 \text{ m}$.

Pusrėmis projektuojamas iš klijuotos GL24h klasės medienos. Medinis elementas prieš naudojimą turi būti tinkamai padengtas antiseptikais bei antipirenais, siekiant užtikrinti ilgaamžiškumą eksploataavimo laikotarpiu. Gelžbetoninės kolonos gaminamos gamykloje naudojant C30/37 XC1 klasės betoną. Objekte kolonos inkariniais varžtais tvirtinamos prie pamato. Pusrėmio atraminiai mazgai projektuojami iš S355J2 klasės cinkuoto lakštinio plieno ir A, 5.6 klasės M16 varžtų. Mazgų konstrukcijos statybos aikštelėje virinamos prie įdėtinių detalių kolonų viršūnėse ir varžtais tvirtinamos prie medinio pusrėmio.

Medinis pusrėmis projektuojamas stačiakampio formos naudojant klijuotą GL24h klasės medieną. Elementas projektuojamas remiantis STR 2.05.07:2005 „Medinių konstrukcijų projektavimas“ [13] nurodymais.

Pradiniai duomenys skaičiavimams

Lentelė 3.6.1 Naudojamos klijuotos medienos charakteristikos

Stiprumo klasės		GL24h
Lenkimas	$f_{m,g,k}$	24,0
Tempimas išilgai pluoštų	$f_{t,0,g,k}$	16,5
Tempimas skersai pluoštų	$f_{t,90,g,k}$	0,4
Gniuždymas išilgai pluoštų	$f_{c,0,g,k}$	24,0
Gniuždymas skersai pluoštų	$f_{c,90,g,k}$	2,7
Šlytis (kirpimas) išilgai pluoštų	$f_{v,g,k}$	2,7
Vidutinis tamprumo modulis išilgai pluošto	$E_{0,g,mean}$	11,6
5 % tamprumo išilgai pluošto modulis	$E_{0,g,0,5}$	9,4
Vidutinis tamprumo skersai pluošto modulis	$E_{90,g,mean}$	0,39
Vidutinis šlyties modulis	$G_{g,mean}$	0,72
Tankis	$\rho_{g,k}$	380

$$f_{m,g,d} = \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,25} \cdot 0,8 = 15,36 \text{ MPa} \quad (3.6.1)$$

$$f_{c,0,g,d} = \frac{f_{c,0,g,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,25} \cdot 0,8 = 15,36 \text{ MPa} \quad (3.6.2)$$

čia:

$f_{m,g,k}$ – medienos charakteristinis stipris lenkiant;

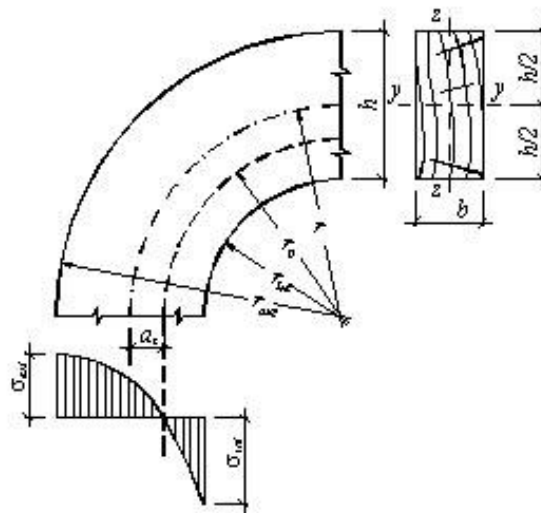
γ_M – medžiagos savybių dalinis koeficientas;

k_{mod} - modifikacijos koeficientas, įvertinantis apkrovos veikimo pobūdį ir eksploatacines (drėgmės) sąlygas. Mūsų atvejų eksploatacines sąlygas priskiriamos III kategorijai.

3.6.1. Skerspjūvio parinkimas ir normalinio pjūvio stiprumo patikrinimas

Pusrėmis skaičiuojamas kaip ekscentriškai gniuždomas medinis elementas. Skerspjūvio gabaritai parenkami pagal didžiausią elemente veikiančią lenkimo momento reikšmę. Tuomet šis skerspjūvis papildomai patikrinamas karnizo mazge normaliniams įtempiams vidinėje ir išorinėje lanko dalyse. Rėmo lenktajame karnizo mazge dėl išlinkio toje vietoje medienos stiprumas yra mažiausias. Kituose elementų pjūviuose normaliniai įtempiai netikrinami, jei sijos elemento skerspjūvio aukštis atramoje $h_1 \geq 0,3 \text{ m}$, o statramsčio atramoje $h_1 \geq 0,4 \text{ m}$.

Klijuoto skerspjūvio lenktųjų rėmų išlenktojo ruožo, kai santykis $h/r \geq 1/7$ (h – pjūvio aukštis, r – išlenktojo tarpo skerspjūvio centrinės ašies kreivumo spindulys) stiprumas apskaičiuojamas kaip ekscentriškai gniuždomas elementas, taikant deformuotą skaičiuojamąją schemą, kuri pavaizduota 3.6.1.1 paveikslėlyje.



Paveikslėlis 3.6.1.1 Skaičiuojamoji schema klijuotų rėmų lenktoje dalyje įtempiams nustatyti [13]

Naudojantis baigtinių elementų skaičiavimo programa Autodesk „Robot Structural Analysis Professional“ gaunamos ekstreminės lenkimo momento ir ašinių jėgų įrašos nuo pavojingiausio derinio (115: 1,35·DL+1,3·LL+0,78·W2).

Lentelė 3.6.1.1 Ekstreminės projektuojamo pusrėmio PSR-1 sijos įrašos

115derinys (1,35·DL+1,3·LL+0,78·W2).	
Lenkimo momentas, kNm	$M_{Ed} = 768,52 \text{ kNm}$
Ašinė jėga, kN	$N_{Ed} = 12,02 \text{ kN}$

Elemento skaičiuojamasis ilgis yra $l_{eff} = 14,27 \text{ m}$.

Skaičiavimuose naudojame 32x200 mm dvigubo pjovimo lentas. Šiuos matmenis sumažiname iki 27x190 mm dėl lentos nuobliavimo iš visų pusių.

Pasirenkame pusrėmio skerspjūvį nagrinėjamame ruože. $n = 55 \text{ vnt. tuomet.}$

$$b = 0,2 - 0,01 = 0,19 \text{ m} \quad (3.6.1.1)$$

$$h = n \cdot t = 55 \cdot (0,032 - 0,005) = 1,485 \text{ m} \quad (3.6.1.2)$$

Ekscentriškai gniuždomo elemento skerspjūvio plotas:

$$A = b \cdot h = 0,19 \cdot 1,485 = 0,282 \text{ m}^2 \quad (3.6.1.3)$$

Atsižvelgiant į [13] rekomendacijas lenktos pusrėmio dalies spindulį priimame $r = 2,36 \text{ m}$. Tuomet koeficientai normalinių įtempių lenktame ruože tikrinimui bus:

$$k_{int} = \frac{1 - 0,5 \cdot h/r}{1 - 0,17 \cdot h/r} = \frac{1 - 0,5 \cdot 1,485/2,36}{1 - 0,17 \cdot 1,485/2,36} = 0,767 \quad (3.6.1.4)$$

$$k_{ext} = \frac{1 + 0,5 \cdot h/r}{1 + 0,17 \cdot h/r} = \frac{1 + 0,5 \cdot 1,485/2,36}{1 + 0,17 \cdot 1,485/2,36} = 1,188 \quad (3.6.1.5)$$

Kaip matome koeficientas $k_{int} = 0,767 < 1,0$ todėl įtempius ir skerspjūvio laikomąją galią tikrinsime vidinėje lanko dalyje, nes čia ji bus mažesnė.

Skerspjūvio geometrinės charakteristikos įvertinus koeficientą $k_{int} = 0,767$:

$$W_{x,int} = \frac{b \cdot h^2}{6} \cdot k_{int} = \frac{0,19 \cdot 1,485^2}{6} \cdot 0,767 = 53594,677 \text{ cm}^3 \quad (3.6.1.6)$$

$$I_x = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0,19 \cdot 1,485^3}{12} = 5185035,281 \text{ cm}^4 \quad (3.6.1.7)$$

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{5185035,281}{2820}} = 42,87 \text{ cm} \quad (3.6.1.8)$$

Apskaičiuojame elemento liaunį:

$$\lambda = \frac{l_{eff}}{i_x} = \frac{1427}{42,87} = 33,28 < 70 \quad (3.6.1.9)$$

Elemento klupumo koeficientas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\varphi = 1 - 0,8 \cdot \left(\frac{\lambda}{100}\right)^2 = 1 - 0,8 \cdot \left(\frac{33,28}{100}\right)^2 = 0,911 \quad (3.6.1.10)$$

Apskaičiuojame koeficientą, įvertinantį papildomą lenkiamąjį momentą nuo ašinės jėgos poveikio dėl elemento išlinkio:

$$k_{def} = 1 - \frac{N_{Ed}}{\varphi \cdot f_{c,0,g,d} \cdot A} = 1 - \frac{0,01202}{0,911 \cdot 15,36 \cdot 0,282} = 0,997 \quad (3.6.1.11)$$

skaičiuotinis modifikuotas lenkiamasis momentas lanksčiai atremtų ir gembinių elementų, kurių simetrinės lenkiamojo momento diagramos yra sinusoidės, parabolės ar joms artimų formų, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$M_{d,mod} = \frac{M_{Ed}}{k_{def}} = \frac{0,76852}{0,997} = 770,87 \text{ kNm} \quad (3.6.1.12)$$

Tikriname ekscentriškai gniuždomo elemento stiprumą:

$$\frac{N_{Ed}}{A} + \frac{M_{d,mod}}{W_{x,int}} = \frac{0,01202}{0,282} + \frac{0,77087}{0,05359468} = 14,43 \text{ MPa} \leq f_{c,0,g,d} \quad (3.6.1.13)$$

Stiprumo sąlyga tenkinama (išnaudojimas 94%).

Taip pat būtina patikrinti ekscentriškai gniuždomo elemento plokščios formos pastovumą pagal [13] (7.38) formulę. Skaičiavime nagrinėsime statramsčio elementą, t.y. vertikalųjį ir lenktąjį ruožus. Todėl skaičiuojamasis elemento ilgis bus lygus $l_d = 7,13 \text{ m}$. Šiame ruože didžiausias skerspjūvio aukštis yra $h = 1,485 \text{ m}$.

Lentelė 3.6.1.2 Ekstreminės projektuojamo pusrėmio PSR-1 statramsčio įrąžos

115derinys (1,35·DL+1,3·LL+0,78·W2)	
Lenkimo momentas, kNm	$M_{Ed} = 142,49 \text{ kNm}$
Ašinė jėga, kN	$N_{Ed} = 158,55 \text{ kN}$

Apskaičiuojame elemento liaunumą:

$$\lambda = \frac{l_d}{i_x} = \frac{7133}{42,87} = 16,64 < 70 \quad (3.6.1.14)$$

Elemento klupumo koeficientas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\varphi = 1 - 0,8 \cdot \left(\frac{\lambda}{100}\right)^2 = 1 - 0,8 \cdot \left(\frac{16,64}{100}\right)^2 = 0,978 \quad (3.6.1.15)$$

Apskaičiuojame koeficientą, įvertinantį papildomą lenkiamąjį momentą nuo ašinės jėgos poveikio dėl elemento išlinkio:

$$k_{def} = 1 - \frac{N_{Ed}}{\varphi \cdot f_{c,0,g,d} \cdot A} = 1 - \frac{0,15855}{0,978 \cdot 15,36 \cdot 0,282} = 0,945 \quad (3.6.1.16)$$

Skaičiuotinis modifikuotas lenkiamasis momentas lanksčiai atremtų ir gembinių elementų, kurių simetrinės lenkiamojo momento diagramos yra sinusoidės, parabolės ar joms artimų formų, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$M_{d,mod} = \frac{M_{Ed}}{k_{def}} = \frac{142,49}{0,945} = 150,84 \text{ kNm} \quad (3.6.1.17)$$

Stačiakampio skerspjūvio lenkiamiesiems elementams, lanksčiai įtvirtintiems nuo slinkties iš lenkimo plokštumos ir įtvirtintiems atraminiuose pjūviuose nuo posūkio aplink išilginę ašį, koeficientas nustatomas taip:

$$\varphi_M = 140 \cdot \frac{b^2}{l_d \cdot h} \cdot k_M = 140 \cdot \frac{0,19^2}{7,13 \cdot 1,485} \cdot 2,54 = 1,216 \quad (3.6.1.18)$$

čia:

k_M – koeficientas, priklausantis nuo elemento lenkiamųjų momentų diagramos formos ruožė, nustatomas pagal Reglamento [13] 1 priedo 2 lentelę.

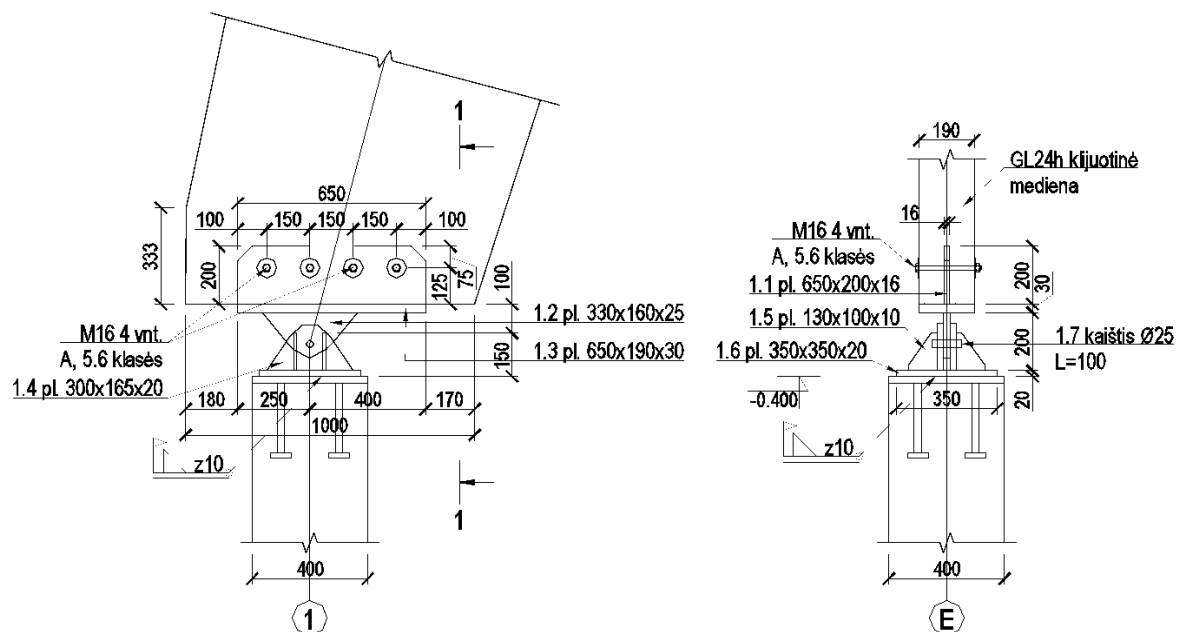
Ekscentriškai gniuždomųjų elementų plokščiosios formos pastovumas tikrinamas taip:

$$\frac{N_{Ed}}{\varphi \cdot A \cdot f_{c,0,g,d}} + \left(\frac{M_{d,mod}}{\varphi_M \cdot W_x \cdot f_{m,g,d}} \right)^n = \quad (3.6.1.19)$$

$$= \frac{0,15855}{0,978 \cdot 0,282 \cdot 13,56} + \left(\frac{0,14249}{1,216 \cdot 0,06983 \cdot 13,56} \right)^1 = 0,166 \leq 1,0$$

Rezultatas rodo, jog pusrėmio skerspjūvis yra pastovus lenkimo momento plokštumoje ir papildomų ryšių įrenginėti nereikia.

3.6.2. Atraminio mazgo „1“ projektavimas



Paveikslėlis 3.6.2.1 Atraminis mazgas „1“

Atraminiam mazge elementai projektuojami pagal [11] naudojant S355J2 klasės lakštinį cinkotą plieną ir A, 5.6 klasės M16 įtempiamuosius varžtus. Mazgas konstruojamas pagal

minimalius konstrukcinius reikalavimus. Skaičiavimais patikrinsime medienos glemžimą išilgai pluošto, parinksime atraminės plokštelės storį bei kerpamo kaiščio diametrą.

Skaičiuotinis plieno stiprumas pagal takumo ribą randamas pagal formulę:

$$f_{y,d} = \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} = \frac{345}{1,1} = 313,64 \text{ MPa} \quad (3.6.2.1)$$

Pasirenkame tokius atraminės plokštelės matmenis $b = 0,19 \text{ m}$; $l = 0,65 \text{ m}$; $t = 0,03 \text{ m}$.

Plokštele skaičiuojame kaip gembinį elementą. Ieškome pavojingiausio pjūvio, kuriame susidaro didžiausias lenkimo momentas ir reikalaujamas didžiausias plokštelės storis. Gembė apkraunama išskirstytu krūviu perskaičiuotu ir atraminės pusrėmio reakcijos:

$$q = \frac{N_{Ed}}{l} = \frac{211,98}{0,65} = 326,12 \text{ kN/m} \quad (3.6.2.2)$$

$$M_{Ed} = \frac{q \cdot l_1^2}{2} = \frac{326,12 \cdot 0,229^2}{2} = 8,55 \text{ kNm} \quad (3.6.2.3)$$

čia:

l – atraminės plokštelės ilgis;

l_1 – sąlyginės gembės ilgis.

Skaičiuojame atraminės plokštelės atsparumo momentą:

$$W_y = \frac{b \cdot t^2}{6} = \frac{0,19 \cdot 0,03^2}{6} = 2,85 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \quad (3.6.2.4)$$

Tikriname įtempius plokštelėje:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{Ed}}{W_y} = \frac{0,00855}{2,85 \cdot 10^{-5}} = 300,04 \text{ MPa} < f_{y,d} = 313,64 \text{ MPa} \quad (3.6.2.5)$$

Sąlyga tenkinama, t.y. plokštelės storis pakankamas (išnaudojimas 96%).

Toliau tikrinamas medienos glemžiamasis stiprumas:

$$f_{c,0,g,d} = \frac{f_{c,0,g,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{24}{1,25} \cdot 0,8 = 15,36 \text{ MPa} \quad (3.6.2.6)$$

Glemžiamas medienos plotas išilgai pluoštos yra lygus atraminės plokštelės plotui $b = 0,19 \text{ m}$; $l = 0,65 \text{ m}$:

$$A_c = b \cdot h = 0,19 \cdot 0,65 = 0,124 \text{ m}^2 \quad (3.6.2.7)$$

Tikriname medienos glemžimo sąlygą:

$$\frac{N_{Ed}}{R_{c,d}} = \frac{N_{Ed}}{f_{c,0,g,d} \cdot A_c} = \frac{0,21198}{15,36 \cdot 0,124} = 0,112 < 1,0 \quad (3.6.2.8)$$

Sąlyga tenkinama (išnaudojimas 11%).

Taip pat skaičiavimais pagrįsime kerpamojo kaiščio diametro parinkimą. Kaištis projektuojamas iš S355J2 klasės cinkuoto plieno. Kerpamasis šios klasės plieno stiprumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$f_{s,d} = 0,58 \cdot \frac{f_{y,k}}{\gamma_M} = 0,58 \cdot \frac{345}{1,1} = 181,91 \text{ MPa} \quad (3.6.2.9)$$

Kerpamąją jėgą prilyginame pusrėmio atraminei reakcijai $N_{Ed} = 211,98 \text{ kN}$. Kerpamieji pjūviai mūsų atvejų yra $n = 4$. Pasirenkame pradinį kaiščio skersmenį $d = 0,025 \text{ m}$. Tuomet kaiščio skerspjuvio plotas bus:

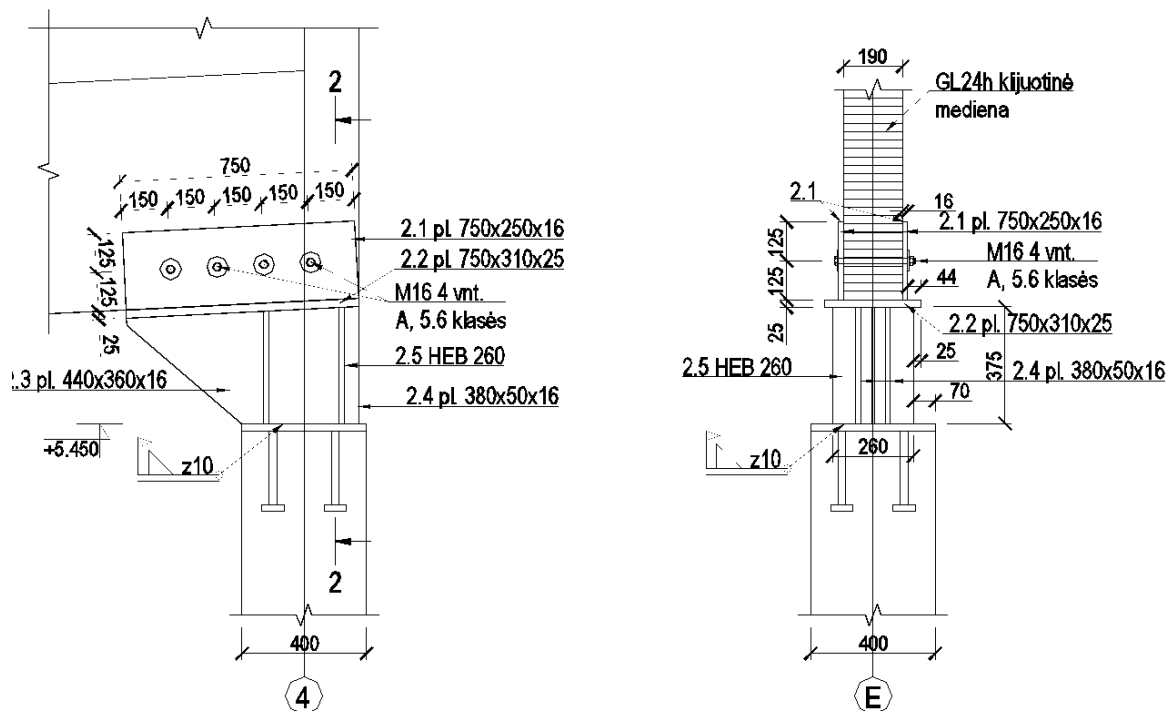
$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,025^2}{4} = 4,91 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \quad (3.6.2.10)$$

Tikriname tangentinis įtempius kerpamajame kaištyje:

$$\tau = \frac{N_{Ed}}{n \cdot A} = \frac{0,21198}{4 \cdot 4,91 \cdot 10^{-4}} = 107,96 \text{ MPa} < f_{s,d} = 181,91 \text{ MPa} \quad (3.6.2.11)$$

Sąlygą tenkinama (išnaudojimas 59%).

3.6.3. Atraminio mazgo „2“ projektavimas



Paveikslėlis 3.6.3.1 Atraminis mazgas „2“

Atraminiam mazgą elementai projektuojami pagal [11] naudojant S355J2 klasės lakštinį cinkuotą plieną ir A, 5.6 klasės M16 įtempiamuosius varžtus. Mazgas konstruojamas pagal minimalius konstrukcinius reikalavimus. Skaičiavimais patikrinsime medienos glemžimą statmenai pluošto.

Medienos glemžiamasis stiprumas:

$$f_{c,90,g,d} = \frac{f_{c,90,g,k}}{\gamma_M} \cdot k_{mod} = \frac{2,7}{1,25} \cdot 0,8 = 1,728 \text{ MPa} \quad (3.6.3.1)$$

Glemžiamąją jėgą prilyginame pusrėmio atraminei reakcijai $V_{Ed} = 232,98 \text{ kN}$. Glemžiamas medienos plotas išilgai pluoštos yra lygus atraminės plokštelės plotui $b = 0,19 \text{ m}$; $l = 0,75 \text{ m}$:

$$A_c = b \cdot h = 0,19 \cdot 0,75 = 0,133 \text{ m}^2 \quad (3.6.3.2)$$

Tikriname medienos glemžimo sąlygą:

$$\frac{N_{Ed}}{R_{c,d}} = \frac{N_{Ed}}{f_{c,90,g,d} \cdot A_c} = \frac{0,23298}{1,728 \cdot 0,133} = 0,946 < 1,0 \quad (3.6.3.3)$$

Sąlyga tenkinama (išnaudojimas 95%).

3.7. Gelžbetoninės kolonos projektavimas

Projektuojamame pastate vyrauja dviejų skerspjūvių surenkamo gelžbetonio kolonos, t.y. $400 \times 400 \text{ mm}$ ir $500 \times 500 \text{ mm}$. Pastarosios numatomos sporto salės korpuse, visur kitur – $400 \times 400 \text{ mm}$. Kolonų ilgis kintamas (nuo $9,25 \text{ m}$ iki $12,15 \text{ m}$). Kolona projektuojama C/5 ašių sankirtoje. Kolonos viršaus santykinė altitudė $+10,350$, apačios santykinė altitudė $-0,500$. Su pamatu kolona jungiama standžiai, naudojant inkarinius varžtus bei jungtį užbetonuojant smulkiagrūdžiu betono skiediniu. Kolonos viršūnėje, prie suprojektuotos metalinės plokštelės, per antkolonį, lanksčiai tvirtinama denginio laikinčioji konstrukcija – metalinė dvitėjo profilio sija. Kolonai, išilgai 5-tai ašiai, projektuojamos trumposios gembės, perdangų sijoms atremti. Gelžbetoninės sijos prie kolonų jungiamos $+4,350$ ir $+7,750$ aukštyje pagal santykinę altitudę. Papildomai, tame pačiame aukštyje, projektuojamos įdėtinės detalės kolonų sienose, atraminiam staliukui privirinti, ant kurio dalinai remsis surenkamos UCS200 gelžbetoninės perdangos plokštės. Kolonai armuoti naudojamas S400 klasės armatūrinis plienas, skersiniam ir papildomam armavimams – S240 klasės armatūrinis plienas. Kolona projektuojama iš C30/37 XC1 klasės betono.

Skaičiavimai paremti STR 2.05.05:2005 „Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“ [12] bei šio reglamento 6-tu priedu „Praktinio taikymo vadovas“. Remiantis minėtaisiais šaltiniais gelžbetoninė kolona projektuojama kaip ekscentriškai gniuždomas elementas. Elementui parenkamas reikiamas išilginės armatūros skerspjūvio plotas, patikrinama kolonos laikomoji galia, parenkamas skersinis armavimas (sankabos), suprojektuojamos kolonos gembės bei įdėtinės detalės.

Skaičiuojant ekscentriškai gniuždomus gelžbetonio elementus turi būti įvertintas atsitiktinis ekscentricitetas e_a , kuris turi būti:

$$e_a \geq \frac{l}{600} = \frac{1075}{600} = 1,79 \text{ cm} \quad (3.7.1.4)$$

$$e_a \geq \frac{h}{30} = \frac{40}{30} = 1,33 \text{ cm} \quad (3.7.1.5)$$

Atsitiktinį ekscentricitetą priimame lygų 2,0 cm.

Tuomet koeficientas δ_e bus lygus:

$$\begin{aligned} \delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{2}{40} = 0,05 < \delta_{e,min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{h} - 0,01 \cdot f_{cd} = \\ = 0,5 - 0,01 \frac{10750}{400} - 0,01 \cdot 18 = 0,051 \end{aligned} \quad (3.7.1.6)$$

Pirmam priartėjimui elemento armavimo koeficientą priimame $\rho_1 = 0,01$.

Plieno ir betono tamprumo modulių santykis:

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{32} = 6,25 \quad (3.7.1.7)$$

Kolonos betono skerspjūvio inercijos momentas elemento viso skerspjūvio centro atžvilgiu apskaičiuojamas pagal formulę:

$$I_c = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{40 \cdot 40^3}{12} = 213333,33 \text{ cm}^4 \quad (3.7.1.8)$$

Armatūros skerspjūvio ploto inercijos momentas elemento viso skerspjūvio centro atžvilgiu apskaičiuojamas pagal formulę:

$$I_s = \rho_1 \cdot b \cdot d \cdot \left(\frac{d - a_2}{2} \right)^2 = 0,01 \cdot 40 \cdot 36,2 \cdot \left(\frac{36,2 - 3}{2} \right)^2 = 3990,1 \text{ cm}^4 \quad (3.7.1.9)$$

Tada kritinė ašinė jėga lygi:

$$\begin{aligned} N_{crit} = \frac{6,4 \cdot E_{cm}}{l_0^2} \cdot \left(\frac{I_c}{\varphi_l} \cdot \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha_e \cdot I_s \right) = \\ = \frac{6,4 \cdot 32}{10,75^2} \cdot \left(\frac{2,13 \cdot 10^{-3}}{1,7} \cdot \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,051} + 0,1 \right) + 6,25 \cdot 3,990 \cdot 10^{-5} \right) = \\ = 2281,55 \text{ kN} \end{aligned} \quad (3.7.1.10)$$

Koeficientas, įvertinantis ašinės jėgos ekscentriciteto e_0 padidėjimą dėl įlinkio:

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{crit}}} = \frac{1}{1 - \frac{1124,07}{2281,55}} = 1,97 \quad (3.7.1.11)$$

Skaičiuojamasis ekscentricitetas:

$$e_e = e_0 \cdot \eta + \frac{d - a_2}{2} = 2,0 \cdot 1,97 + \frac{36,2 - 3}{2} = 20,54 \text{ cm} \quad (3.7.1.12)$$

Apskaičiuojamos reikšmės:

$$\alpha_n = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d} = \frac{1124,07 \cdot 10^{-3}}{18 \cdot 0,4 \cdot 0,362} = 0,4313 \quad (3.7.1.13)$$

$$\alpha_m = \frac{N_{Ed} \cdot e_e}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{1124,07 \cdot 10^{-3} \cdot 0,2054}{18 \cdot 0,4 \cdot 0,362^2} = 0,245 \quad (3.7.1.14)$$

Skaičiuojama betono gniuždomosios zonos charakteristika:

$$\omega = 0,85 - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 18 = 0,706 \quad (3.7.1.15)$$

Ribinis santykinis gniuždomosios zonos aukštis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\delta_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,706}{1 + \frac{365}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,706}{1,1}\right)} = 0,559 \quad (3.7.1.16)$$

čia:

$\sigma_{s,lim}$ – armatūros įtempiai, atsižvelgiant į armatūros takumo ribą;

$\sigma_{sc,lim}$ – gniuždomosios zonos armatūros ribiniai įtempiai. Konstrukcijoms iš sunkiojo betono $\sigma_{sc,lim} = 500 \text{ MPa}$.

Kadangi $\alpha_n = 0,4313 < \xi_{lim} = 0,559$, reikiamą armatūros skerspjūvio plotą apskaičiuosime tokią pagal formulę:

$$A_{s1} = A_{s2} = \frac{f_{cd} \cdot b \cdot d}{f_{yd}} \cdot \frac{\alpha_m - \alpha_n \cdot (1 - 0,5 \cdot \alpha_n)}{1 - \frac{a_2}{d}} = \quad (3.7.1.17)$$

$$= \frac{18 \cdot 0,4 \cdot 0,362}{365} \cdot \frac{0,245 - 0,4313 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,4313)}{1 - \frac{0,03}{0,362}} = -7,26 \text{ cm}^2$$

Skaičiavimo rezultatai rodo jog, esamoms įrašoms atlaikyti kolonai armatūra nereikalinga, tačiau privalome laikytis bendrųjų konstrukcinių reikalavimų:

- Kai gelžbetoninių elementų liaunumas > 83 , mažiausias gelžbetoninių elementų išilginės armatūros kiekis turi būti nemažesnis kaip 0,25% betono ploto ([12] 32 lentelė);
- Ekscentriškai gniuždomų gelžbetonio konstrukcijų elementų išilginių strypų skersmuo turi būti $\geq 12 \text{ mm}$ ([12] 244 p.);
- Ekscentriškai gniuždomų elementų atstumas tarp išilginės armatūros strypų ašių statmena lenkimo plokštumai linkme turi būti ne didesnis kaip 400 mm, o lenkimo plokštumos linkme – 500 mm ([12] 245 p.).

Taigi, atsižvelgiant į reglamento konstrukcinius reikalavimus, projektuojamos kolonos išilginę darbo armatūrą priimame 4 vnt. Ø16 mm S400 plieno klasės armatūros strypus, tuomet $A_{s1} = A_{s2} = 4,02 \text{ cm}^2$.

3.7.2. Normalinio pjūvio stiprumo tikrinimas

Išilginės armatūros skerspjūvio plotas yra $A_s = A_{s1} + A_{s2} = 4,02 + 4,02 = 8,04 \text{ cm}^2$.

Armatūros skerspjūvio ploto inercijos momentas elemento viso skerspjūvio centro atžvilgiu apskaičiuojamas pagal formulę:

$$I_s = (A_{s1} + A_{s2}) \cdot \left(\frac{d - a_2}{2}\right)^2 = 8,04 \cdot \left(\frac{36,2 - 3}{2}\right)^2 = 2215,50 \text{ cm}^4 \quad (3.7.2.1)$$

Tada kritinė ašinė jėga lygi:

$$\begin{aligned} N_{crit} &= \frac{6,4 \cdot E_{cm}}{l_0^2} \cdot \left(\frac{I_c}{\varphi_l} \cdot \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1\right) + \alpha_e \cdot I_s\right) = \\ &= \frac{6,4 \cdot 32}{10,75^2} \cdot \left(\frac{2,13 \cdot 10^{-3}}{1,7} \cdot \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,051} + 0,1\right) + 6,25 \cdot 2,215 \cdot 10^{-5}\right) = \\ &= 2084,94 \text{ kN} \end{aligned} \quad (3.7.2.2)$$

Koeficientas, įvertinantis ašinės jėgos ekscentriciteto e_0 padidėjimą dėl elemento įlinkio:

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{crit}}} = \frac{1}{1 - \frac{1124,07}{2084,94}} = 2,17 \quad (3.7.2.3)$$

Skaičiuojamasis ekscentricitetas:

$$e_e = e_0 \cdot \eta + \frac{d - a_2}{2} = 2,0 \cdot 2,17 + \frac{36,2 - 3}{2} = 20,94 \text{ cm} \quad (3.7.2.4)$$

Skaičiuojama betono gniuždomosios zonos charakteristika:

$$\omega = 0,85 - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 12 = 0,706 \quad (3.7.2.5)$$

Ribinis santykinis gniuždomosios zonos aukštis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\delta_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,706}{1 + \frac{365}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,706}{1,1}\right)} = 0,559 \quad (3.7.2.6)$$

Gniuždomasis zonos aukštis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\begin{aligned} x_{eff} &= \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot b} = \frac{1124,07 \cdot 10^{-3}}{18 \cdot 0,4} = 0,156 \text{ m} = 15,61 \text{ cm} < \xi_{lim} \cdot d \\ &= 20,24 \text{ cm} \end{aligned} \quad (3.7.2.7)$$

Tikriname kolonos skerspjūvio laikomosios galios sąlygą:

$$\begin{aligned} M_{Rd} &= f_{cd} \cdot b \cdot x_{eff} \cdot (d - 0,5 \cdot x_{eff}) + f_{scd} \cdot A_{s2} \cdot (d - a_2) = \\ 18 \cdot 0,4 \cdot 0,156 \cdot (0,362 - 0,5 \cdot 0,156) + 365 \cdot 4,02 \cdot 10^{-4} \cdot (0,362 - 0,03) &= \\ = 367,70 \text{ kNm} > N_{Ed} \cdot e_e = 1124,07 \cdot 0,2094 &= 235,38 \text{ kNm} \end{aligned} \quad (3.7.2.8)$$

Sąlyga tenkinama (išnaudojimas 64%).

3.7.3. Įstrižojo pjūvio stiprumo tikrinimas

Tikrinant elemento įstrižojo pjūvio stiprumą, pirmieji skaičiavimai atliekami kaip elemento be skersinio armavimo, t.y. visa skersinė jėga atlaikoma betono. Skaičiavimai atliekami pagal [12] VI skirsnyje pateiktą metodiką.

Gelžbetoninių elementų be skersinės armatūros skaičiuotinis atsparumas skersinėms jėgoms apskaičiuojamas pagal formulę:

$$V_{Rd,ct} = \frac{\varphi_{c4} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d^2}{c} \geq V_{Ed} \quad (3.7.3.1)$$

čia:

φ_{c4} – koeficientas, priklausantis nuo betono tipo ([12] 15 lentelė);

c – pavojingiausio įstrižojo pjūvio projekcijos į elemento išilginę ašį ilgis, mūsų atveju priimame $c = c_{max}/2 = 2,5 \cdot d/2 = 2,5 \cdot 0,362/2 = 0,453 \text{ m}$;

φ_n – koeficientas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\varphi_n = 0,1 \cdot \frac{N_{Ed}}{f_{ctd} \cdot b \cdot d} = 0,1 \cdot \frac{1124,07 \cdot 10^{-3}}{1,2 \cdot 0,4 \cdot 0,362} = 0,647 \leq 0,5 \rightarrow \varphi_n = 0,5 \quad (3.7.3.2)$$

čia:

f_{ctd} – skaičiuotinis betono tempiamasis stipris apskaičiuojamas pagal formulę:

$$f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = 0,9 \cdot 1,0 \cdot \frac{2,0}{1,5} = 1,2 \text{ MPa} \quad (3.7.3.3)$$

Skaičiuojame elemento atsparumą skersinėms jėgoms:

$$\begin{aligned} V_{Rd,ct} &= \frac{\varphi_{c4} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d^2}{c} = \frac{1,5 \cdot (1 + 0,5) \cdot 1,2 \cdot 0,4 \cdot 0,362^2}{0,453} = \\ &= 312,42 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 0,72 \text{ kN} \end{aligned} \quad (3.7.3.4)$$

Apibrėžiamos tokios kitimo ribos:

$$\begin{aligned} 2,5 \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d &\geq V_{Rd,ct} \geq \varphi_{c3} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d \rightarrow \\ 2,5 \cdot 1,2 \cdot 0,4 \cdot 0,362 &= 434,4 \text{ kN} \geq V_{Rd,ct} \geq 0,6 \cdot (1 + 0,5) \cdot 0,4 \cdot 0,362 = \\ &= 195,48 \text{ kN} \end{aligned} \quad (3.7.3.5)$$

Gauta reikšmė patenka į apskaičiuotą intervalą, elemento įstrižojo pjūvio be skersinio armavimo laikomoji galia pakankama.

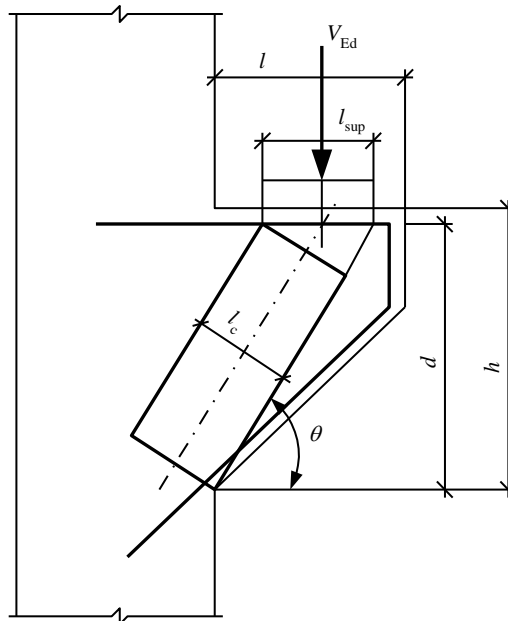
Iš gautų rezultatų matome, jog elementą veikiančioms skersinėms jėgoms atlaikyti skersinis armavimas nereikalingas, todėl sankabas kolonai parenkame laikantis bendrųjų konstrukcinių reikalavimų:

- Atstumas tarp skersinės armatūros strypų ties kiekviena elemento briauna turi būti $\leq 500 \text{ mm}$ ir ne didesnis už dvigubą elemento plotį ([12] 249 p.);

- Kai armatūros takumo įtempiai $f_{yd} \leq 400 \text{ MPa}$ – atstumas tarp strypų $\leq 500 \text{ mm}$ ir ne didesnis kaip $20 \varnothing$, t.y. 320 mm kai strypynai virintiniai ([12] 249.1 p.);
- Ekscentriškai gniuždomų elementų su virintiniais strypynais skersinės armatūros skersmuo imamas ne didesnis kaip 14 mm ([12] 252 p.).

Atsižvelgdami į konstrukcinius reikalavimus, taip pat ir suvirinimo reikalavimus parenkame $\varnothing 8 \text{ mm}$ skersinę S240 plieno klasės skersinę armatūrą, išdėstomą žingsniu $s_w = 20 \text{ cm}$.

3.7.4. Trumposios gembės projektavimas



Paveikslėlis 3.7.4.1 Trumposios gembės atsparumo skersinėms jėgoms skaičiuotinė schema [12]

Gelžbetoninės sijos prie kolonų jungiamos $+4,350$ ir $+7,750$ aukštyje pagal santykinę altitudę (aukštis ties rėmsijų ašimis). Gembių santykinės v.a. $+4,090$ ir $+7,490$. Ant trumposios gembės įrengiamas $350 \times 130 \times 10 \text{ mm}$ neopreno padas, skirtas atremti sijai ir tolygiai paskirstyti atraminę jėga kolonos gembei. Trumposios gelžbetoninių kolonų gembės projektuojamos ir konstruojamos pagal [12] VIII skyriaus VI skirsnio 93 punktą, bei papildomus konstrukcinius reikalavimus, aprašytus reglamento XVII skyriaus V ir VI skirsniuose.

Trumpųjų ($l \leq 0,9 d$) gelžbetoninių gembių atsparumas skersinių jėgų veikimui apskaičiuojamas atsižvelgiant į betono juostos tarp krūvio ir atramos atsparumą gniuždant (žiūrėti 3.7.4.1 paveikslėli) pagal formulę:

$$V_{Rd.cc} = 0,8 \cdot \varphi_{w2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot l_c \cdot \sin\varphi \quad (3.7.4.1)$$

čia:

f_{cd} – skaičiuotinis betono gniuždomasis stipris;

b – kolonos gembės plotis;

l_c – įstrižos gniuždomosios juostos plotis, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$l_c = l_{sup} \cdot \sin\varphi = 0,13 \cdot \sin(54,76^\circ) = 0,106 \text{ m} \quad (3.7.4.2)$$

φ – kampas tarp skaičiuotinės gniuždomosios juostos ir horizontalės

φ_{w2} – koeficientas, kuriuo atsižvelgiama į sankabas, išdėstytas gembės aukštyje, kuris apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\varphi_{w2} = 1 + 5 \cdot \alpha_e \cdot \rho_{w1} = 1 + 5 \cdot 6,25 \cdot 0,00285 = 1,089 \quad (3.7.4.3)$$

čia:

ρ_{w1} – skersinio armavimo koeficientas, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\rho_{w1} = \frac{A_{sw}}{b \cdot s_w} = \frac{0,57 \cdot 10^{-4}}{0,4 \cdot 0,05} = 0,00285 \quad (3.7.4.4)$$

Pagal [12] VII skyriaus VI skirsnį kolonų trumpųjų gembių skersinis armavimas atliekamas horizontaliosiomis arba 45° kampu pasvirusiomis sankabomis. Šių sankabų žingsnis turi būti ne didesnis kaip $h/4$ (čia h – gembės aukštis), ne didesnis $12\emptyset$ (čia \emptyset – gembės tempiamosios armatūros skersmuo) ir ne didesnis kaip 150 mm . Remiantis konstrukciniais reikalavimais priimame $\emptyset 6 \text{ mm}$ armatūros sankabas, išdėstytas 50 mm žingsniu. Tuomet $A_{sw}/s_w = 0,57 \text{ cm}^2/5 \text{ cm} = 0,114$.

Skaičiuojame trumposios gembės atsparumą skersinių jėgų veikimui:

$$V_{Rd.cc} = 0,8 \cdot 1,089 \cdot 18 \cdot 0,4 \cdot 0,106 \cdot 0,817 = 543,92 \text{ kN} \quad (3.7.4.5)$$

Tikriname sąlygas:

$$\varphi_{c3} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d = 0,6 \cdot (1 + 0) \cdot 1,2 \cdot 0,4 \cdot 0,212 = 61,06 \text{ kN} \quad (3.7.4.6)$$

$$3,5 \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d = 3,5 \cdot 1,2 \cdot 0,4 \cdot 0,212 = 356,16 \text{ kN} \quad (3.7.4.7)$$

$$61,06 \text{ kN} \leq V_{Rd.cc} = 543,92 \text{ kN} \leq 356,16 \text{ kN}$$

Apskaičiuotas projektuojamos trumposios gembės atsparumas skersinėms jėgoms netenkina intervalų sąlygų, todėl priimame maksimalią leistiną reikšmę $V_{Rd.cc} = 356,16 \text{ kN}$.

$$V_{Rd.cc} = 356,16 \text{ kN} > V_{Ed} = 269,9 \text{ kN} \quad (3.7.4.8)$$

Sąlyga tenkinama (išnaudojimas 76%)

Apskaičiuojame reikiamą išilginę tempiamąją trumposios gembės armatūrą:

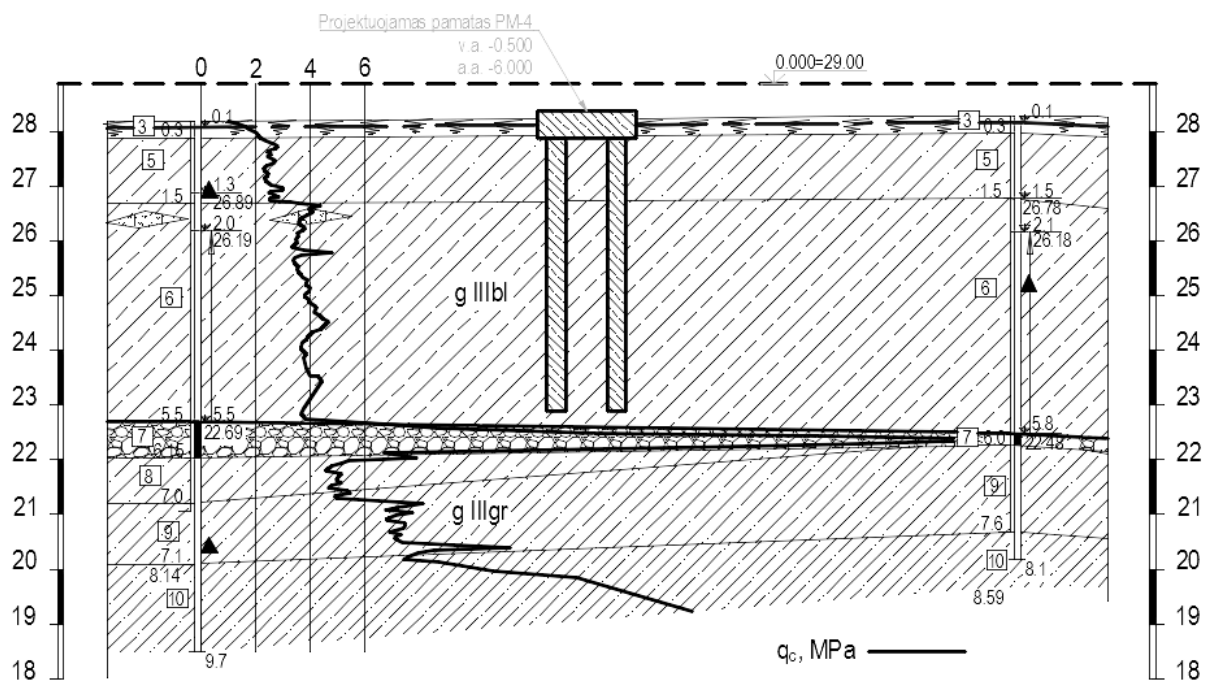
$$A_{s1.reik} = \frac{V_{Ed} \cdot l_1}{d \cdot f_{yd}} = \frac{0,2699 \cdot 0,175}{0,212 \cdot 365} = 6,104 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \quad (3.7.4.9)$$

Gembei suarmuoti parenkame 4 vnt. $\emptyset 16 \text{ mm}$ armatūros strypus. Tuomet $A_{s1} = 8,04 \text{ cm}^2 > A_{s1.reik} = 6,104 \text{ cm}^2$.

3.8. Polinio pamato PM-4 projektavimas

Projektuojamas PM-4 polinis pamatas C/5 ašių sankirtoje IGS-5 ir IGS-6 sluoksniuose. Pamatą sudaro trys 5,0m ilgio Ø 350 mm sprausstiniai poliai ir juos apjungianti gelžbetoninė galvena. Projektuojama galvenos santykinė viršaus altitudė -0,500, kadangi polinių pamatų gilinti žemiau įšalo gylio nereikia. Poliams naudojamas C25/30 XC2 klasės betonas, pagal LST EN 206:2014/P:2015 [14]. Pamatas armuojamas S500 plieno klasės išilgine ir S240 plieno klasės skersine armatūra, pagal LST EN ISO 15630-1:2011 [15].

Polių diametras, skaičius bei ilgis parenkamas atsižvelgiant į pamatą veikiančias apkrovas bei vietines geologines sąlygas. Skaičiavimai atliekami remiantis STR 2.05.21:2016 Geotechninis projektavimas. Bendrieji reikalavimai [16] nurodymais. Polio bei galvenos kaip gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas atliekamas remiantis STR 2.05.05:2005 „Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“ [12] ir reglamento priedu „Praktinio taikymo vadovas“. Remiantis pastaraisiais techniniais dokumentais polis skaičiuojamas kaip simetriškai armuotas apvalaus skerspjūvio ekscentriškai gniuždomas elementas. Galvena projektuojama kaip vienpusiai armuotas lenkiamasis elementas, o viršutinis tinklas parenkamas pagal pagrindinius konstrukcinius reikalavimus.



Paveikslėlis 3.7.4.1 Inžinerinis geologinis pjūvis tarp gręžinių Nr. 5 ir Nr. 6

3.8.1. Pagrindo laikomosios galios skaičiavimas

Polinis pamatas turi atitikti saugos (STR) ir tinkamumo (GEO) ribinius būvius. Polio netenkina saugos ribinio būvio:

- kai pagrindas prie polio praranda laikomąją galią polį gniuždant, raunant, apkrovus horizontaliaja apkrova;
- kai polio kamienas suyra nuo gniuždymo, tempimo ar skersinių jėgų poveikio;
- kai polis suklumpa, jis nukerpamas ar nulaužiamas. [16] 111p.

STR 2.05.21:2016 „Geotechninis projektavimas. Bendrieji nurodymai“ [16] 8-tame priede pateikiamas metodas, skirtas pagal CPT (statinio zondavimo) tyrimo rezultatus nustatyti pavienio polio didžiausiąją laikomąją galią, remiantis išmatuotomis q_c vertėmis:

$$R_{max} = R_{max,b} + R_{max,s} \quad (3.8.1.1)$$

čia:

$$R_{max,b} = A_b \cdot q_{max,b} \quad (3.8.1.2)$$

$$R_{max,s} = C_p \int_0^{\Delta L} q_{max,s;z} dz \quad (3.8.1.3)$$

čia:

R_{max} – polio pagrindo maksimali laikomoji galia gniuždymui;

$R_{max,b}$ – polio pado pagrindo maksimali laikomoji galia gniuždymui;

$R_{max,s}$ – pagrindo prie polio kamieno šoninio paviršiaus maksimali laikomoji galia;

A_b – polio pado skerspjūvio plotas;

$q_{max,b}$ – didžiausias polio pado pagrindo stipris;

C_p – polio kamieno perimetras;

$q_{max,s;z}$ – didžiausias pagrindo prie polio kamieno stipris gylyje z ;

ΔL – atstumas nuo polio pado iki pirmojo grunto sluoksnio, esančio virš pado, kurio

$q_c < 2 \text{ MPa}$;

z – gylis arba vertikali kryptis (teigiama, einanti žemyn).

Didžiausias pagrindo prie polio kamieno stipris apskaičiuojamas taip:

$$q_{max,s;z} = \alpha_s \cdot q_{c;z;a} \quad (3.8.1.4)$$

čia:

α_s – rodiklis, parenkamas iš [16] 8-to priedo 1 ir 2 lentelių;

$q_{c;z;a}$ – q_c vertė z gylyje, MPa.

Jeigu 1m arba didesniame gylyje $q_{c;z} \geq 12 \text{ MPa}$, tuomet šiame intervale $q_{c;z;a} \leq 15 \text{ MPa}$. Jeigu $q_{c;z} > 12 \text{ MPa}$ vertė gauta mažesniame negu 1m gylyje, tuomet šiame intervale $q_c \leq 12 \text{ MPa}$.

Didžiausias pado stipris $q_{max,b}$ apskaičiuojamas pagal formulę:

$$q_{max,b} = 0,5 \cdot \alpha_b \cdot \beta \cdot s \cdot \left(\frac{q_{c;I;mean} + q_{c;II;mean}}{2} + q_{c;III;mean} \right) \leq 15 \text{ MPa} \quad (3.8.1.5)$$

čia:

α_b – polio klasės rodiklis, [16] 8-to priedo 1 lentelė;

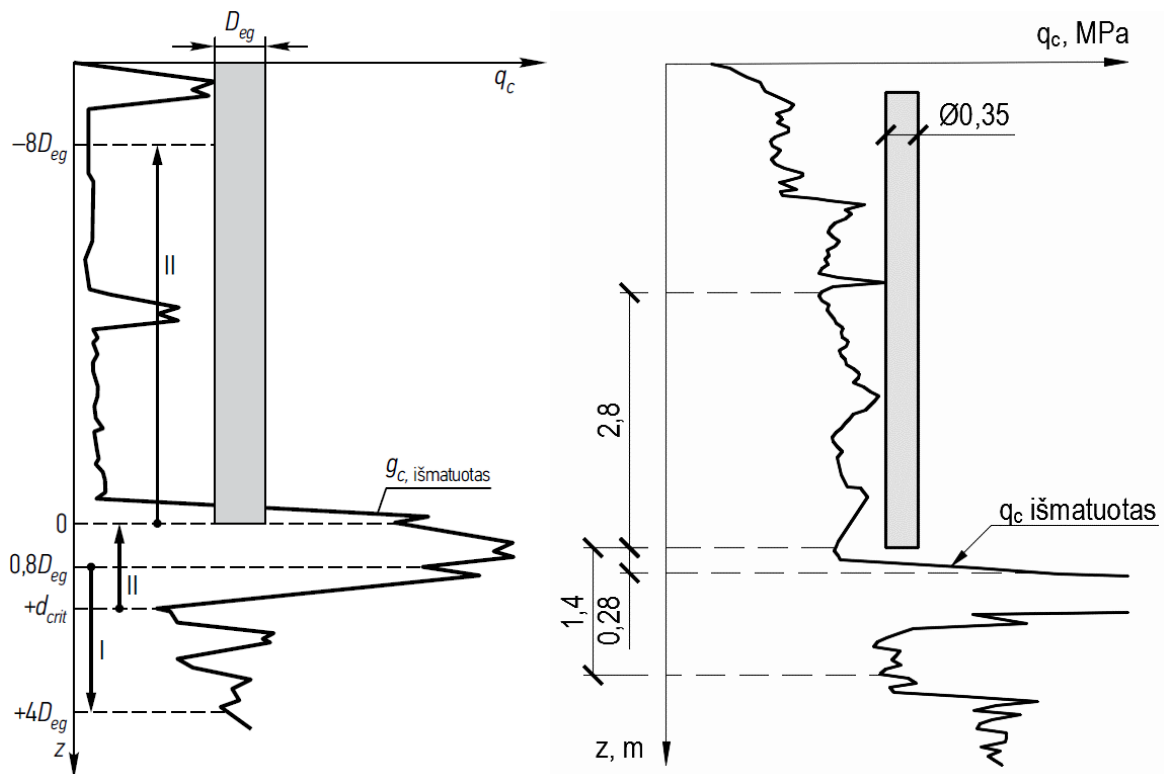
β – rodiklis, kuriuo įvertinama polio pado forma, [16] 8-to priedo 2 pav.;

s – rodiklis, kuriuo atsižvelgiama į polio pado formą, mūsų atveju $s = 1,0$;

$q_{c;I;mean}$ – vidutinės $q_{c;I}$ vertės, skaičiuojant nuo polio pado lygio iki gylio, kuris sudaro nuo 0,8 iki 4 polio pado skersmens D (žiūrėti 3.8.1.1 pav.);

$q_{c;II;mean}$ – mažiausiųjų $q_{c;II}$ verčių, pradedant nuo kritinio gylio ir baigiant polio pado gyliu, aritmetinis vidurkis (žiūrėti 3.8.1.1 pav.);

$q_{c;III;mean}$ – $q_{c;III}$ verčių, pradedant nuo polio pado gylio ir kylant į viršų iki aukščio, lygaus 8 polio pado skersmenims vidutinė vertė (žiūrėti 3.8.1.1 pav.).



Paveikslėlis 3.8.1.1 $q_{c;I}$, $q_{c;II}$ ir $q_{c;III}$ verčių apskaičiavimo paaiškinimas

Vidutinės $q_{c;I}$, $q_{c;II}$ ir $q_{c;III}$ vertės apskaičiuojamos pagal minėtą metodiką ir atsižvelgiant į apribojimus, $q_{c;z}$ vertes imant ne iš CPT grafiko, o vidutines kiekvienam inžineriniam geologiniam sluoksniui. Jei skaičiuojamame intervale yra daugiau nei vienas IGS, apskaičiuojamas šių sluoksnių $q_{c;z}$ verčių pasvertasis vidurkis, t.y. kiekvienam dėmeniui priskiriamas tam tikras „svoris“.

Lentelė 3.8.1.1 Apskaičiuotosios $q_{c,I}$, $q_{c,II}$ ir $q_{c,III}$ vertės

$q_{c,i}$ vertė	Intervalas, m	Inžinerinis geologinis sluoksnis	Sluoksnio storis, m	Sluoksnio $q_{c,vid}$, MPa	$q_{c,i;mean}$, MPa
$q_{c,I}$	[0; 1,4]	IGS-6	4,0	3,9	6,5
		IGS-7	0,65	23,6	
		IGS-8	0,85	5,2	
		IGS-9	1,1	7,3	
$q_{c,II}$	[x; 0]	IGS-6	4,0	3,9	3,9
$q_{c,III}$	[0; -2,8]	IGS-6	4,0	3,9	3,9

Kaip matome iš 3.8.1.1 paveikslėlio į intervalą [0; d_{crit}], kur 0 žymi polio pado lygį, patenka kelių tipų gruntas, t.y. IGS-6 (molis) ir IGS-7 (žvyras). Esant sluoksniuotam gruntui, kūginio stiprumo grafiką reikia pakeisti grunto stiprumo grafiku, kuriame įvertinamas grunto tipo pasikeitimas ([16] 116p.):

$$q_{max,b} = 0,5 \cdot \alpha_b \cdot \beta \cdot s \cdot q_{c,z} = 0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 3900 = 1950 \text{ kPa} \quad (3.8.1.6)$$

Tuomet polio pado pagrindo maksimali laikomoji galia gniuždymui bus lygi:

$$R_{max,b} = A_b \cdot q_{max,b} = \frac{\pi \cdot 0,35^2}{4} \cdot 1950 = 187,61 \text{ kN} \quad (3.8.1.7)$$

Polio laikomąją galią šonine trintimi skaičiuojame neįvertindami pirmojo 1m polio kamieno ilgio. Tuomet didžiausias pagrindo prie polio kamieno stipris bus lygus:

$$\begin{aligned} R_{max,s} &= C_p \int_0^{\Delta L} q_{max,si} = C_p \cdot (\alpha_{s,5} \cdot q_{c,5} \cdot \Delta L_5 + \alpha_{s,6} \cdot q_{c,6} \cdot \Delta L_6) \\ &= 1,1 \cdot (0,025 \cdot 2600 \cdot 0,31 + 0,03 \cdot 3900 \cdot 3,69) = \\ &= 497,07 \text{ kN} \end{aligned} \quad (3.8.1.8)$$

Pavienio polio didžiausią laikomoji galia, remiantis išmatuotomis q_c vertėmis:

$$R_{max} = 187,61 + 497,07 = 684,68 \text{ kN} \quad (3.8.1.9)$$

Apskaičiuojame charakteristinę polio laikomąją galią:

$$\begin{aligned} R_{c,k} &= \frac{R_{max,b}}{\xi_3} + \frac{R_{max,s}}{\xi_3} = \frac{187,61}{1,4} + \frac{497,07}{1,4} = 134,01 + 355,05 = \\ &= 489,06 \text{ kN} \end{aligned} \quad (3.8.1.10)$$

čia:

ξ_3 – koreliacijos koeficientas charakterinėms vertėms gauti, remiantis pagrindo tyrimo rezultatais, imamas iš [16] 1 priedo 10 lentelės.

Tuomet randame skaičiuojamąją polio laikomosios galios reikšmę pagal formulę:

$$\begin{aligned} R_{c,d} &= \frac{R_{c,k,b}}{\gamma_b} + \frac{R_{c,k,s}}{\gamma_s} = \frac{134,01}{1,1} + \frac{355,05}{1,1} = 121,83 + 322,77 = 444,6 \text{ kN} \\ &> N_{Ed} = 374,69 \text{ kN} \end{aligned} \quad (3.8.1.11)$$

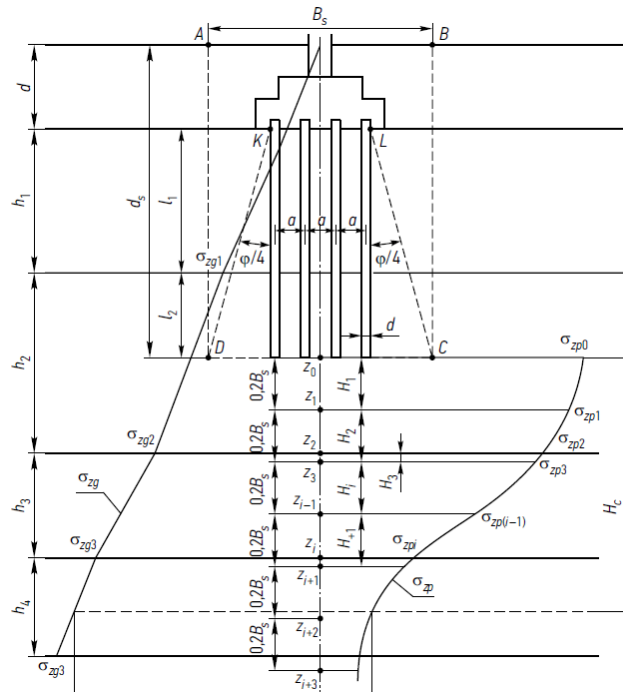
čia:

γ_b ir γ_s – daliniai koeficientai laikomajai galiai, atitinkamai polio pado ir polio kamieno. Imami iš [16] 1 priedo 6 lentelės.

Sąlyga tenkinama (išnaudojimas 85%).

3.8.2. Pagrindo nuosėdžių skaičiavimas

Polinio pamato nusėdimas skaičiuojamas tarus, kad deformuojasi tik gruntas, esantis žemiau polių pado, o poliai ir gruntas tarp jų nesideformuoja. Skaičiuojant polinio pamato nuosėdį, laikoma, kad poliai ir tarp jų esantis gruntas sudaro standų masyvą, vadinamą sąlyginiu pamatu, kuris pastato apkrovą perduoda ir paskirsto žemiau polių pado slūgsančiam gruntui. polinio pamato, pakeisto sąlyginio masyviu pamatu, nuosėdis dažniausiai skaičiuojamas sumavimo metodu. ([16] 142p.)



Paveikslėlis 3.8.2.1 Polinio pamato sėdimų sumavimo metodu skaičiuojamoji schema [17]

Sąlyginio pamato gylis apskaičiuojamas taip:

$$d_s = d + l = 0,5 + 5,0 = 5,5 \text{ m} \quad (3.8.2.1)$$

čia:

d – galvenos aukštis;

l – polio skaičiuojamasis ilgis.

Sąlyginio pamato ilgis (plotis) apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\begin{aligned} L_s = B_s &= (m - 1) \cdot a + D + 2 \cdot l \cdot tg \frac{\varphi'}{4} \\ &= (2 - 1) \cdot 1,1 + 0,35 + 2 \cdot 5,0 \cdot tg 7,25^\circ = 2,72 \text{ m} \end{aligned} \quad (3.8.2.2)$$

čia:

m – polių eilių skaičius pamate;

a – atstumas tarp polių ašių;

D – polio skersmuo;

φ'_{dm} – grunto sluoksnių, visame polių ilgyje, vidinės trinties kampo svertinis

vidurkis.

Tuomet sąlyginio pamato pado plotas bus lygus:

$$A_s = L_s \cdot B_s = 2,72^2 = 7,39 \text{ m}^2 \quad (3.8.2.3)$$

Sąlyginio pamato svoris pakankamu tikslumu apskaičiuojamas pagal formulę:

$$G_s = A_s \cdot d_s \cdot \gamma_{d,m} + n \cdot G_{d,p} = 7,39 \cdot 5,5 \cdot 22,5 + 3 \cdot 12 = 71,39 \text{ kN} \quad (3.8.2.4)$$

čia:

$\gamma_{d,m}$ – grunto sluoksnių, visame polių ilgyje, tūrinio svorio svertinis vidurkis;

n – polių skaičius pamate;

$G_{d,p}$ – vieno polio tūrinis svoris.

Pagrindo deformacijų zonai nustatyti, kaip ir sekliajam pamatui, sudaromos dvi grunto įtempių diagramos – nuo grunto svorio σ_{zg} ir papildomų įtempių, atsirandančių nuo pastato apkrovos σ_{zp} . Įtempių nuo grunto svorio diagramos ordinatės skaičiuojamos kiekvieno sluoksnio apačioje pagal formulę:

$$\sigma_{zgn} = \sigma_{zg(n-1)} + \gamma_{d,n} \cdot h_n \quad (3.8.2.5)$$

čia:

$\sigma_{zg(n-1)}$ – įtempiai nuo grunto savojo svorio $n - 1$ sluoksnio apačioje;

$\gamma_{d,n}$ – n -tojo sluoksnio grunto skaičiuojamasis tūrinis svoris;

h_n – n -tojo sluoksnio storis.

Papildomas įtempis nuo pastato apkrovos sąlyginio pamato pado lygyje σ_{zp0} skaičiuojamas pagal formulę:

$$\sigma_{zp0} = \frac{V_{d,0}}{A_s} \quad (3.8.2.6)$$

čia:

$V_{d,0}$ – didžiausia iš visų apkrovimo variantų ašinė jėga pamato pado lygyje įvertinus sąlyginio pamato svorį. 208 derinys: $V_{d,0} = 845,53 + G_s = 845,53 + 71,39 = 916,92 \text{ kN}$.

Papildomų įtempių epiūrai sudaryti gruntas po pamatu dalijamas į $0,2B = 0,2 \cdot 2,72 \approx 0,5 \text{ m}$ storio sluoksnelius. Kiekvieno jų apačioje, gylyje z_i žemiau sąlyginio pamato pado, skaičiuojami papildomi įtempiai pagal formulę:

$$\sigma_{zp} = \sigma_{zp0} \frac{2}{\pi} \left(\frac{L_1 \cdot B_1 \cdot z \cdot (L_1^2 + B_1^2 + 2 \cdot z^2)}{D \cdot (D^2 \cdot z^2 + L_1^2 \cdot B_1^2)} + \arcsin \frac{L_1 \cdot B_1}{\sqrt{L_1^2 + z^2} \cdot \sqrt{B_1^2 + z^2}} \right) \quad (3.8.2.7)$$

čia:

L_1, B_1 – sąlyginio pamato pado matmenys, atitinkamai $L_1 = 0,5 \cdot L$ ir $B_1 = 0,5 \cdot B$;

D – geometrinis koeficientas, apskaičiuojamas pagal formulę:

$$D^2 = L_1^2 + B_1^2 + z^2 \quad (3.8.2.8)$$

Kiekvieno sluoksnelio suspaudimas skaičiuojamas pagal vidutinius papildomus įtempius sluoksnyje:

$$s_i = \frac{(\sigma_{zp(i-1)} + \sigma_{zp})}{2} \cdot \frac{H_i}{E_i} \quad (3.8.2.9)$$

čia:

$\sigma_{zp(i-1)}, \sigma_{zp}$ – papildomi grunto įtempiai nuo pastato apkrovos sluoksnio viršuje ir apačioje;

H_i – sluoksnio storis;

E_i – sluoksnio tamprumo modulis.

Pagal apžvelgtą seką atliekame skaičiavimus ir rezultatus pateikiame 3.8.2.1 lentelėje.

Lentelė 3.8.2.1 Sėdimų skaičiavimo rezultatų suvestinė

z_i, m	H_i, m	σ_{zp}, kPa	IGS – n	E, MPa	s_i, m
0	0	123,93	IGS-6	28,3	0
0,5	0,5	96,73	IGS-7	73,6	$7,5 \cdot 10^{-4}$
1,0	0,5	87,72	IGS-8	36,0	$1,28 \cdot 10^{-3}$
1,5	0,5	70,59	IGS-8	36,0	$1,09 \cdot 10^{-3}$
2,0	0,5	54,38	IGS-9	73,0	$4,28 \cdot 10^{-4}$
2,5	0,5	41,73	IGS-9	73,0	$3,29 \cdot 10^{-4}$
3,0	0,5	32,44	IGS-10	120,0	$1,03 \cdot 10^{-4}$
3,5	0,5	25,67	IGS-10	120,0	$8,07 \cdot 10^{-5}$
4,0	0,5	20,71	IGS-10	120,0	$6,44 \cdot 10^{-5}$
4,5	0,5	16,96	IGS-10	120,0	$5,23 \cdot 10^{-5}$
Viso:					$4,18 \cdot 10^{-3}$

Visas pamato nusėdimas gaunamas susumavus sluoksnelių suspaudimus per visą pagrindo deformacijų zonos storį:

$$s = 0,8 \cdot \sum_{i=1}^n s_i = 0,8 \cdot 4,18 \cdot 10^{-3} = 3,34 \text{ mm} < s_{lim} = 10,5 \text{ mm} \quad (3.8.2.10)$$

Sąlyga tenkinama.

3.8.3. Polio normalinio pjūvio stiprumo tikrinimas

Pamatas PM-4 projektuojamas pagal pavojingiausią poveikių derinį. Kadangi projektuojamas pamatas yra po viena iš vidinių kolonų, skersinių jėgų ir lenkimo momentų poveikiai minimalūs ir esminės įtakos įrašų poliuose pasiskirstymui neturės. Su šia prielaida poliai SP-1 projektuojami nuo 108 poveikių derinio apkrovų ir 10 cm ekscentriciteto.

Lentelė 3.8.3.1 Pavojingiausi gelžbetoninės kolonos virš pamatu PM-4 įrašų deriniai

108 derinys: $1,35 \cdot DL + 1,3 \cdot LL + 0,91 \cdot SN$	138 derinys: $1,35 \cdot DL + 1,3 \cdot LL + 0,91 \cdot SN + 0,78 \cdot W3$
$N_{Ed,max} = -1124,07 \text{ kN}$	$N_{Ed} = -479,00 \text{ kN}$
$M_{Ed} = 0,71 \text{ kNm}$	$M_{Ed} = 35,45 \text{ kNm}$

Tuomet maksimali ašinė įraša projektuojamame polyje SP-1, kai pamatas po kolona išcentruotas (visi trys poliai apkrauti vienodai), bus:

$$N_{Ed} = \frac{N_{Ed,max}}{n} = \frac{1124,07}{3} = 374,69 \text{ kN} \quad (3.8.3.1)$$

čia:

n – pamato polių skaičius.

Maksimalus lenkimo momentas polyje bus iki: $M_{Ed} = 0,1 \cdot N_{Ed} = 0,1 \cdot 374,69 = 37,47 \text{ kNm}$.

Kadangi, polių veikia tik ašinė apkrova (ir minimalūs lenkimo momentai su skersinėmis jėgomis) polio armavimą parenkame pagal minimalius LST EN 12699:2015 „Specialiųjų geotechnikos darbų atlikimas. Spraustiniai poliai“ [7] 7.8.2 skyriaus „Monolitinių polių armavimas“ reikalavimus:

- Monolitinių polių armatūros strypynas turi būti suprojektuotas taip, kad būtų pakankamai stiprus ir standus ne tik įrengtame polyje, bet ir tuo metu, kai yra kilojamas, taip pat ir polio įrengimo metu. Jis turi būti toks, kad šviežias betonas galėtų lengvai aptekėti apie kiekvieną komponentą, [7] 7.8.2.1 punktas;
- Kad būtų apsaugota nuo atsitiktinių apkrovų (t. y. atsirandančių statybvietyje dėl statybos darbų, dėl polio ekscentriškumo,...), mažiausias armatūros kiekis turi atitikti 7.8.2.9 reikalavimus ir laikantieji poliai turi būti armuojami bent jau 4 m pradedant nuo jų viršaus, [7] 7.8.2.6 punktas;
- Jeigu reikia armuoti ir projekte nenurodyta kitaip, didžiausias išilginės armatūros kiekis turi būti: 0,5% nuo polio didžiausio skerspjūvio ploto ir ne mažiau kaip keturi 12 mm vardinio skerspjūvio strypai, [7] 7.8.2.9 punktas;
- Prošvaisa tarp išilginių strypyno strypų turi būti ne mažesnė kaip 100 mm, [7] 7.8.2.10 punktas.

Atsižvelgiant į [7] nurodymus poliui suarmuoti priimame 6 vnt. Ø12 mm S500 plieno klasės armatūros strypus, tuomet $A_s = 6,79 \text{ cm}^2$. Karkaso ilgis 4,5m nuo polio viršaus. Karkaso ilgis virš polio viršaus – 0,5m (polio inkaravimui su galvena). Nuo 4,5m iki polio pado nuleidžiami 2 iš 6 vnt. Ø12 armatūros strypai („ūšai“).

Polio normalinio pjūvio stiprumas tikrinamas pagal STR 2.05.05:2005 „Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“ [12] bei šio reglamento 6-to priedo „Praktinio taikymo vadovas“ nurodymus. Polis skaičiuojamas kaip apvalaus skerspjūvio Ø350 mm skersmens gelžbetoninė kolona.

Pirmiausia apskaičiuojamas polio liaunumas:

$$\lambda = \frac{l_0}{i} = \frac{500}{\frac{\emptyset}{4}} = \frac{500}{35/4} = 57,14 > 14 \quad (3.8.3.2)$$

čia:

l_0 – skaičiuojamasis polio ilgis;

\emptyset – polio skersmuo.

Dėl apskaičiuotos liaunio vertės turime įvertinti elemento išlinkį. Tam pradžioje apskaičiuojame reikiamus skerspjūvio geometrinius rodiklius:

$$A_c = \frac{\pi \cdot \emptyset^2}{4} = \frac{\pi \cdot 35^2}{4} = 962,1 \text{ cm}^2 \quad (3.8.3.3)$$

$$I_c = \frac{\pi \cdot \emptyset^4}{64} = \frac{\pi \cdot 35^4}{64} = 73661,76 \text{ cm}^4 \quad (3.8.3.4)$$

$$I_s = \frac{A_{s,tot} \cdot r_s^2}{2} = \frac{6,79 \cdot 11,9^2}{2} = 480,77 \text{ cm}^4 \quad (3.8.3.5)$$

čia:

$A_{s,tot}$ – polio išilginės armatūros skerspjūvio plotas $A_{s,tot} = A_s = 6,79 \text{ cm}^2$;

r_s – atstumas nuo polio centro iki darbinės armatūros centro.

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{31} = 6,45 \quad (3.8.3.6)$$

čia:

E_{cm} – C25/30 betono klasės tamprumo modulis, imamas iš [12] 5 lentelės.

Skaičiuojame reikiamus koeficientus:

$$\delta_e = \frac{e_0}{\emptyset} = \frac{10}{35} = 0,286 > \delta_{e,min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{\emptyset} - 0,01 \cdot f_{cd} = 0,207 \quad (3.8.3.7)$$

Sąlyga tenkinama. Skaičiuojame koeficientą, įvertinantį ilgalaikių poveikių įtaką elemento įlinkiui ribiniame būvyje:

$$\varphi_l = 1 + \beta \cdot \frac{M_{Ed,sl}}{M_{Ed}} = 1 + 1 \cdot 0,7 = 1,7 \quad (3.8.3.8)$$

Tada kritinė ašinė jėga lygi:

$$N_{crit} = \frac{6,4 \cdot E_{cm}}{l_0^2} \cdot \left(\frac{I_c}{\varphi_l} \cdot \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha_e \cdot I_s \right) = \quad (3.8.3.9)$$

$$= \frac{6,4 \cdot 31}{5,0^2} \cdot \left(\frac{7,37 \cdot 10^{-4}}{1,7} \cdot \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,286} + 0,1 \right) + 6,45 \cdot 4,81 \cdot 10^{-6} \right) =$$

$$= 1570,71 \text{ kN}$$

Tuomet koeficientas, įvertinantis ašinės jėgos ekscentriciteto e_0 padidėjimą dėl įlinkio:

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{crit}}} = \frac{1}{1 - \frac{374,67}{1570,71}} = 1,313 \quad (3.8.3.10)$$

Ekscentricitetas, įvertinus elemento išlinkį apskaičiuojamas pagal formulę:

$$e = e_0 \cdot \eta = 10 \cdot 1,313 = 13,1 \text{ cm} \quad (3.8.3.11)$$

Skerspjūvio koeficientai:

$$\beta_c = 1 - 0,32 \cdot \sqrt{\frac{e}{r_s}} = 1 - 0,32 \cdot \sqrt{\frac{13,1}{11,9}} = 0,664 \quad (3.8.3.12)$$

$$\beta_s = 1 - 0,33 \cdot \frac{e}{r_s} = 1 - 0,33 \cdot \frac{13,1}{11,9} = 0,637 \quad (3.8.3.13)$$

Polio laikomoji galia tikrinama pagal sąlygą:

$$N_{Ed} \cdot (e + r_s) \leq (f_{cd} \cdot A_c \cdot \beta_c + f_{yd} \cdot A_{s,tot} \cdot \beta_s) \cdot r_s \rightarrow \quad (3.8.3.14)$$

$$374,67 \cdot (0,131 + 0,119)$$

$$\leq (15 \cdot 0,0962 \cdot 0,664 + 450 \cdot 6,79 \cdot 10^{-4} \cdot 0,637) \cdot 0,119 \rightarrow$$

$$93,67 \text{ kNm} \leq 137,18 \text{ kNm}$$

Sąlyga tenkinama (išnaudojimas 68%).

3.8.4. Polio įstrižojo pjūvio stiprumo tikrinimas

Tikrinant elemento įstrižojo pjūvio stiprumą, pirmieji skaičiavimai atliekami kaip elemento be skersinio armavimo, t.y. visa skersinė jėga atlaikoma betono. Skaičiavimai atliekami pagal [12] VI skirsnyje pateiktą metodiką. Apvalus polio skerspjūvis redukuojamas į stačiakampį, siekiant suvienodinti skaičiavimus.

Gelžbetoninių elementų be skersinės armatūros skaičiuotinis atsparumas skersinėms jėgoms apskaičiuojamas pagal formulę:

$$V_{Rd,ct} = \frac{\varphi_{c4} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d^2}{c} \geq V_{Ed} \quad (3.8.4.1)$$

čia:

φ_{c4} – koeficientas, priklausantis nuo betono tipo ([12] 15 lentelė);

c – pavojingiausio įstrižojo pjūvio projekcijos į elemento išilginę ašį ilgis, mūsų atveju priimame $c = c_{max}/2 = 2,5 \cdot d/2 = 2,5 \cdot 0,26/2 = 0,325 \text{ m}$;

φ_n – koeficientas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\varphi_n = 0,1 \cdot \frac{N_{Ed}}{f_{ctd} \cdot b \cdot d} = 0,1 \cdot \frac{374,67 \cdot 10^{-3}}{1,08 \cdot 0,31 \cdot 0,26} = 0,43 \leq 0,5 \rightarrow \varphi_n = 0,5 \quad (3.8.4.2)$$

čia:

f_{ctd} – skaičiuotinis betono tempiamasis stipris apskaičiuojamas pagal formulę:

$$f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = 0,9 \cdot 1,0 \cdot \frac{1,8}{1,5} = 1,08 \text{ MPa} \quad (3.8.4.3)$$

Skaičiuojame elemento atsparumą skersinėms jėgoms:

$$V_{Rd,ct} = \frac{\varphi_{c4} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d^2}{c} = \frac{1,5 \cdot (1 + 0,5) \cdot 1,08 \cdot 0,31 \cdot 0,26^2}{0,325} = 156,69 \text{ kN} \quad (3.8.4.4)$$

Apibrėžiamos tokios kitimo ribos:

$$\begin{aligned} 2,5 \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d &\geq V_{Rd,ct} \geq \varphi_{c3} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d \rightarrow \\ 2,5 \cdot 1,08 \cdot 0,31 \cdot 0,26 &= 217,62 \text{ kN} \geq V_{Rd,ct} \\ &\geq 0,6 \cdot (1 + 0,5) \cdot 1,08 \cdot 0,31 \cdot 0,26 = 78,34 \text{ kN} \end{aligned} \quad (3.8.4.5)$$

Gauta reikšmė patenka į apskaičiuotą intervalą, elemento įstrižojo pjūvio be skersinio armavimo laikomoji galia pakankama.

Iš gautų rezultatų matome, jog elementą veikiančioms skersinėms jėgoms atlaikyti skersinis armavimas nereikalingas, todėl sankabas poliui parenkame laikantis LST EN 12699:2015 [7] reikalavimų:

- Skersinė armatūra turi atitikti tokias vertes: didžiausias strypų skerspjūvis – 5 mm, mažiausias atstumas tarp strypų - toks pat, kaip ir tarp išilginių strypų, [7] 7.8.2.11 punktas.

Atsižvelgiant į [7] nurodymus poliui suarmuoti priimame Ø6 mm S240 plieno klasės armatūros strypus išdėstyti 150 mm žingsniu, tuomet $\rho_{sw} = A_{sw}/s_w = 0,57/15 = 0,038$.

3.8.5. Galvenos reikiamo išilginio armavimo skaičiavimas

Pamato PM-4 galvenai (v.a. –0,500; a.a +1,000) iš C25/30 XC2 klasės betono, projektuojamas apatinis armatūros tinklas iš S500 klasės darbinės ir S240 klasės pagalbinės armatūros strypų. Apatinis tinklas projektuojamas dvejomis kryptimis atskirai, dėl nevienodų galvenos kraštinių ilgių ir darbinio skerspjūvio aukščio (3.8.5.1 paveikslėlis). Skaičiavimai atliekami pagal STR 2.05.05:2005 „Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“ [12] VIII skyriaus III skirsnio nurodymus, skaičiuojant galveną kaip vienpusiai armuotą lenkiamą gelžbetoninį elementą.

Apskaičiuojame lenkimo momentus abejomis kryptimis:

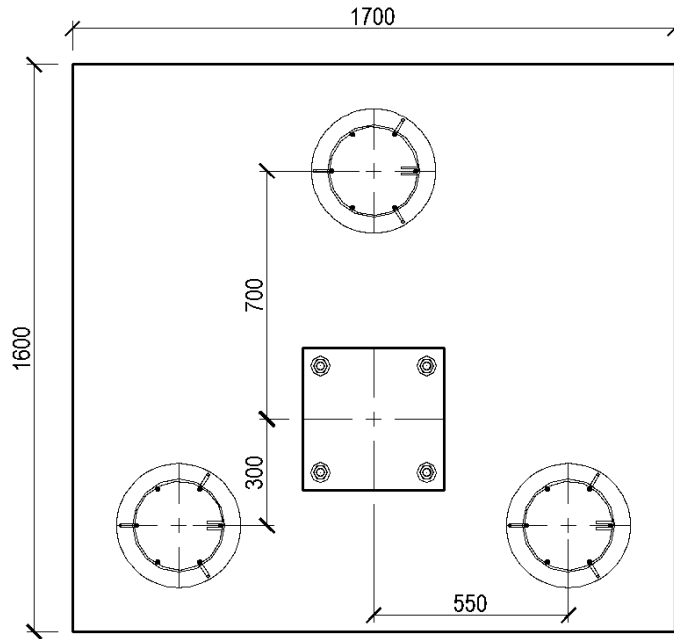
$$M_{Ed.1} = N_{Ed} \cdot l_1 = 374,69 \cdot 0,7 = 262,28 \text{ kNm} \quad (3.8.5.1)$$

$$M_{Ed.2} = N_{Ed} \cdot l_2 = 374,69 \cdot 0,55 = 206,08 \text{ kNm} \quad (3.8.5.2)$$

čia:

N_{Ed} – maksimali vienam poliui tenkanti ašinė apkrova nuo pavojingiausio 108 derinio;

l_1, l_2 – ašinės jėgos petys abejomis kryptimis.



Paveikslėlis 3.8.5.1 Pamato PM-4 galvenos geometrija lenkimo momentams apskaičiuoti

Ieškome reikiamo armatūros skerspjūvio ploto įvesdami keitinį:

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot d^2 \cdot b} = \frac{262,28 \cdot 10^{-3}}{15 \cdot 0,45^2 \cdot 1,7} = 0,051 \quad (3.8.5.3)$$

Tuomet santykinis gniuždomos zonos aukštis bus lygus:

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_{Eds}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,051} = 0,052 < \xi_{lim} = 0,560 \quad (3.8.5.4)$$

Randame elemento skerspjūvio gniuždomos zonos aukštį:

$$x = \xi \cdot d = 0,052 \cdot 0,45 = 0,0234 \text{ m} = 2,34 \text{ cm} \quad (3.8.5.5)$$

Apskaičiuojame reikiamą armatūros skerspjūvio plotą:

$$A_{s1} = \frac{f_{cd} \cdot b \cdot x}{f_{yd}} = \frac{15 \cdot 1,7 \cdot 0,0234}{450} = 13,26 \text{ cm}^2 \quad (3.8.5.6)$$

Apskaičiuotą armatūros kiekį padidinome 5%. $13,26 \cdot 1,05 = 13,92 \text{ cm}^2$. Elementui suarmuoti parenkame 8 vnt. Ø16 mm armatūros strypus. Tuomet $A_s = 16,08 \text{ cm}^2 > A_{s1} = 13,92 \text{ cm}^2$.

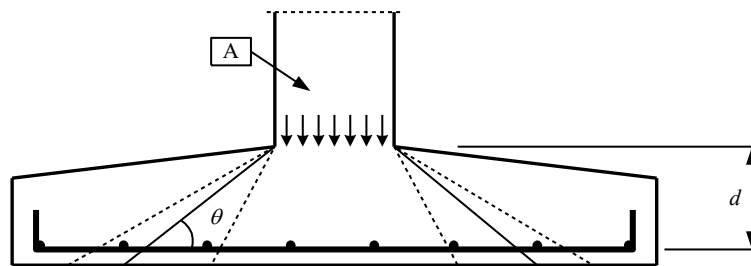
Tuos pačius skaičiavimus atliekame kita galvenos kryptimi ir rezultatus surašome į 5.8.5.1 lentelę.

Lentelė 3.8.5.1 Galvenos armavimo rezultatų suvestinė

Tinklas	b, m	a, m	d, m	M_{Ed}, kNm	$A_{s, reik}, cm^2$	A_s, cm^2		Pastabos
Apatinis	1,7	0,05	0,45	262,28	13,92	16,08	8Ø16	Pagal skaičiavimus
Apatinis	1,6	0,07	0,43	206,08	11,44	14,07	7Ø16	Pagal skaičiavimus
Viršutinis	1,7	0,05	0,45	-	-	9,05	8Ø12	Konstruktivškai
Viršutinis	1,6	0,06	0,44	-	-	7,92	7Ø12	Konstruktivškai

3.8.6. Galvenos praspaudimo skaičiavimas

Dėl sąlyginai mažo galvenos aukščio, būtina patikrinti galvenos tiesioginį ir netiesioginį pradūrimą. Skaičiavimai atliekami pagal STR 2.05.05:2005 [12] IX skyriaus III skirsnio „Praspaudimo skaičiavimas“ nurodymus.



Paveikslėlis 3.8.6.1 Pamato praspaudimo skaičiuojamoji schema [12]

Didžiausi kirpimo įtempiai, veikiantys ties kolonos perimetru, turi būti:

$$v_{Ed} < v_{Rd, max} \quad (3.8.6.1)$$

čia:

v_{Ed} – didžiausia kerpamoji vietinė apkrova;

$v_{Rd, max}$ – didžiausias skaičiuotinis plokštės nagrinėjamojo pavojingojo pjūvio

atsparumas praspaudimui.

Kerpamoji apkrova, veikianti kolonos perimetru apskaičiuojama pagal formulę:

$$v_{Ed} = \frac{N_{Ed, max}}{u_0 \cdot d} = \frac{1124,07 \cdot 10^{-3}}{1,6 \cdot 0,45} = 1,561 \text{ MPa} \quad (3.8.6.2)$$

čia:

$N_{Ed, max}$ – kolonos ašinė apkrova nuo pavojingiausio 108 derinio;

u_0 – kritinis perimetras skaičiuojant tiesioginį pradūrimą, lygus kolonos perimetru.

Didžiausias skaičiuotinis plokštės nagrinėjamojo pavojingojo pjūvio atsparumas praspaudimui apskaičiuojamas pagal formulę:

$$v_{Rd,max} = 0,3 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \cdot f_{cd} = 0,3 \cdot \left(1 - \frac{25}{250}\right) \cdot 15 = 4,05 \text{ MPa} > v_{Ed} \quad (3.8.6.3)$$

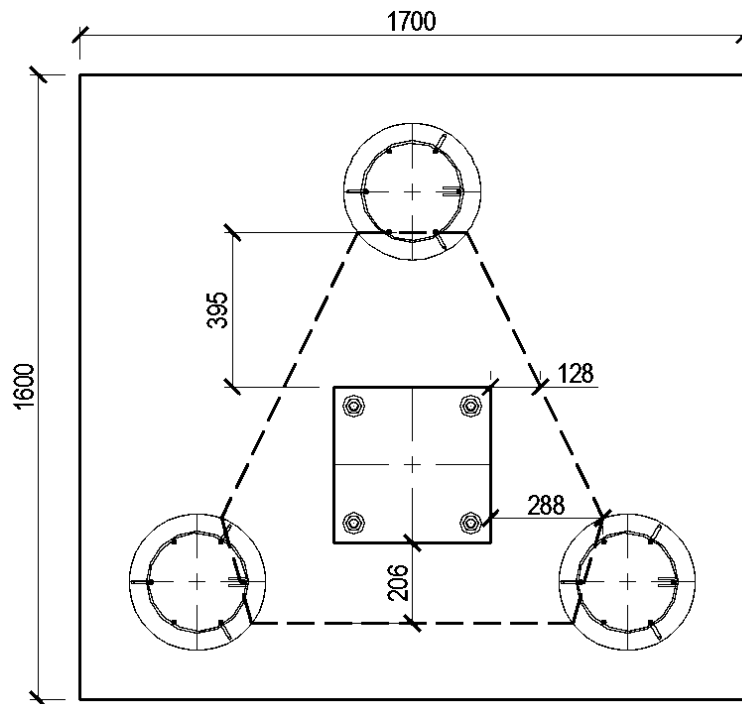
Sąlyga tenkinama (išnaudojimas 39%).

Pavojingiausias kritinis perimetras netiesioginio pradūrimo atveju, poliniam pamatui imamas apribotas polių (5.8.6.2 pav.) ir turi tenkinti sąlygą:

$$v_{Ed} < v_{Rd,c} \quad (3.8.6.4)$$

čia:

$v_{Rd,c}$ – skaičiuotinis plokštės be skersinės armatūros nagrinėjamojo pavojingojo pjūvio atsparumas praspaudimui.



Paveikslėlis 3.8.6.2 Pamato PM-4 netiesioginio praspaudimo skaičiuojamoji schema

Kerpamoji apkrova, veikianti kolonos perimetrą apskaičiuojama pagal formulę:

$$v_{Ed} = \frac{N_{Ed,max}}{u_1 \cdot d} = \frac{1124,07 \cdot 10^{-3}}{3,28 \cdot 0,45} = 0,762 \text{ MPa} \quad (3.8.6.5)$$

čia:

u_1 – kritinis perimetras, imamas iš 5.8.6.2 paveikslėlio.

Tuomet nagrinėjamo galvenos pjūvio atsparumas praspaudimui bus:

$$v_{Rd,c} = 0,4 \cdot f_{ctd} \cdot \frac{2 \cdot d}{a} = 0,4 \cdot 1,08 \cdot \frac{2 \cdot 0,45}{0,21} = 1,851 \text{ MPa} > v_{Ed} \quad (3.8.6.6)$$

čia:

a – vidutinis atstumas nuo kolonos krašto iki kritinio perimetro, apskaičiuojamas pagal iš 5.8.6.2 paveikslėlį.

Sąlyga tenkinama (išnaudojimas 41%).

4. Technologinė dalis

Šiame skyriuje rengiama projektuojamo pastato pamatų įrengimo technologinė kortelė. Įvertinami tokie statybos procesai: augalinio sluoksnio nustūmimas, pamatų vietose duobių kasimas, rūšio korpuso požeminio aukšto duobės kasimas, iškasto grunto išvežimas, spraustinių polių įrengimas, paruošiamojo sluoksnio ir galvenų betonavimas, rūšio atraminių sienų betonavimas, vidaus pamatinių sijų betonavimas bei hidroizoliavimas.

Pagal suskaičiuotas darbų apimtis, remiantis [18] skaičiavimų metodika, parenkami reikiami mechanizmai ir jų kompleksai darbams atlikti. Tuomet sudaroma sąmata programine įranga „ProSama5G“, kuri pateikiama 5-tame priede. Papildomai pateikiama darbo ir mašinų darbo bei medžiagų poreikio lentelės.

4.1. Paruošiamieji darbai prieš pamatų įrengimą

Paruošiamiesiems darbams galima priskirti visus darbus, atliekamus prieš statybos pradžią, keletas iš jų yra:

- Prieš kasimo darbų vykdymo pradžią būti turi atliktas informacijos surinkimas apie galimas komunikacijų trasas, kertančias žemės sklypą. Jei tyrinėjimai leidžia suprasti, jog komunikacijos kerta sklypą būsimų darbų vykdymo vietoje, darbai turi būti derinami su komunikacijas prižiūrinčiomis įstaigomis. Kasant turi būti laikomasi instrukcijų, kad nebūtų pažeistos komunikacijos.
- Teritorijos išvalymas ir paruošimas pašalinant nenaudojamus pastatus ar laikinus statinius. Tai yra senų pastatų, jei jie trukdo statybai, nugriovimas, medžių, krūmų iškirtimas, didelių akmenų išrinkimas. Taip pat šiems darbams priklauso augalinio sluoksnio nukasimas.
- Geodezinis žymėjimas. Prieš atliekant pamatų įrengimo darbus ypatingai kruopščiai turi būti atliekami teritorijų nužymėjimo darbai, kurių metu tiksliai išmatuojamos ir nužymimos pastato ašys, nužymimos reikiamos žemės paviršiaus altitudės ir pan.

4.2. Žemės darbų apimčių skaičiavimas

Lentelėje pateikiami žemės darbų, reikalingų pastato pamatams įrengti, kiekių skaičiavimai ir rezultatai. Darbai suskaidyti į etapus pagal pastato ašis.

Lentelė 4.23.8.6.1 Žemės darbų apimčių skaičiavimas

Darbo pavadinimas ir vieta	Skaičiavimas	Žemės darbų apimtis, m ³			
		Kasimas		Užpylimas	
		mech.	rank.	mech.	rank.
1	2	3	4	5	6
Augalinio sluoksnio nukasimas	$V = 55,65 \cdot 85,25 = 4744,16 \text{ m}^3$	4745,0	-	-	-
Rūsio duobės kasimas ašyse A/1-K-4	$V = 51,6 \cdot 24,9 \cdot 3,5 = 4496 \text{ m}^3$	4593,0	3,0	-	-
Duobių pamatams kasimas ašyse A/5-C/15	$V = 16 \cdot (1,9^2 \cdot 0,05) + 14 \cdot (0,9 \cdot 1,9 \cdot 0,05) = 4,09 \text{ m}^3$	-	4,1	-	-
Duobių pamatams kasimas ašyse C/5-K/6	$V = 9 \cdot (1,9^2 \cdot 0,05) + 4 \cdot (0,9 \cdot 1,9 \cdot 0,05) = 1,97 \text{ m}^3$	-	2,0	-	-
Duobių pamatams kasimas ašyse K/7-K/15	$V = 1 \cdot (1,9^2 \cdot 0,05) + 7 \cdot (0,9 \cdot 1,9 \cdot 0,05) = 0,69 \text{ m}^3$	-	0,7	-	-
Duobių pamatams kasimas ašyse D/15-H/15	$V = 5 \cdot (0,9 \cdot 1,9 \cdot 0,05) = 0,43 \text{ m}^3$	-	0,5	-	-
Statybvietės užpylimas (smėlis)	$V = 46,65 \cdot 75,25 \cdot 0,35 = 1228,64 \text{ m}^3$	-	-	3450,0	-

Lentelė 4.2.2 Žemės darbų apimčių suvestinė lentelė

Darbų pavadinimas	Mato vnt.	Darbų apimtis
1	2	3
Augalinio sluoksnio nukasimas	m ³	4745,0
Pamatų duobių ir tranšėjų kasimas mechanizuotu būdu	m ³	4593,0
Pamatų duobių ir tranšėjų kasimas rankiniu būdu	m ³	3,0
Grunto išvežimas	m ³	8041,0
Pamatų duobėms ir tranšėjoms užpilti reikalingas grunto tūris	m ³	3881,0
Pamatų duobių ir tranšėjų užpylimas mechanizuotu būdu	m ³	3875,0
Pamatų duobių ir tranšėjų užpylimas rankiniu būdu	m ³	6,0
Smėlio atvežimas	m ³	3881,0
Užpilto grunto tankinimas mechanizuotu būdu	m ³	3881,0

4.3. Pamatų betonavimo darbų apimčių skaičiavimas

Lentelė 4.3.1 Monolitinių pamatų įrengimo darbų apimčių skaičiavimas

Pamato tipas	Pamato gabaritai, m	Pamatų kiekis, vnt.	Vieno pamato tūris, m ³	Visų pamatų tūri, m ³
1	2	3	4	5
Spraustinis polis SP-1	Ø350; 5,0	90	0,481	43,29
Spraustinis polis SP-2	Ø350; 4,0	124	0,385	47,74
Spraustinis polis SP-3	Ø350; 3,0	112	0,289	32,37

Galvena G-1	0,6x0,6x0,5(h)	46	0,18	8,28
Galvena G-2	0,7x1,7x0,5(h)	15	0,59	8,85
Galvena G-3	0,7x1,7x0,5(h)	30	0,59	17,70
Galvena G-4	1,7x1,7x0,5(h)	12	1,45	17,40
Galvena G-5	1,7x1,7x0,5(h)	23	1,45	33,35
Galvena G-6	1,7x1,7x0,5(h)	1	1,45	1,45
Atraminė siena AS-1	0,3x160,4x3,6(h)	1	173,18	173,18
Atraminė siena AS-2	0,3x11,4x5,05(h)	1	16,82	16,82
Rostverkas R-1	278,4x0,25x0,47(h)	1	32,71	32,71

Lentelė 4.3.2 Hidroizoliacijos darbų apimčių skaičiavimas


Darbo vieta	Hidroizoliacijos rūšis	Matmenys		Hidroizoliacijos plotas, m ²
		Ilgis, m	Plotis, m	
1	2	3	4	5
Visu rostverko R-1 ilgiu	Horizontali klijuota dvisluoksniė	278,4	0,25	69,6
Ant atraminės sienos AS-1 ruožo ašyse A/4-K/4		51,4	0,30	15,4

Lentelė 4.3.3 Montuojamų elementų specifikacija

Elemento pavadinimas	Tipas	Matmenys, m			Elementų skaičius	Vieno elemento		Bendras	
		L	B	H		masė, t	tūris, m ³	masė, t	tūris, m ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cokolinę plokštę CP-1	gelžbetoninė surenkama	5,5	0,2	0,75	27	2,06	0,83	55,62	22,41

4.4. Mašinų komplekso darbams parinkimas

Lentelė 4.4.1 Buldozerio John Deere 6068T.700J.LT techninės charakteristikos [19]

Charakteristika	John Deere 6068T.700J.LT
	
Variklio galia, kW	92

Verstuvo ilgis l, m	3,353
Verstuvo aukštis H, m	0,998
Verstuvo pakėlimo aukštis, m	0,909
Greitis I pavara, km/h	2,38
Greitis II pavara, km/h	4,2
Greitis III pavara, km/h	5,8
Greitis IV pavara, km/h	7,1
Greitis V pavara, km/h	8,9
Valandų skaičius darbo pamainoje	8
Darbo laiko panaudojimo koeficientas k_i	0,85

Skaičiuojame buldozerio vieno darbo ciklo trukmę:

$$t_{cb} = t_0 + \frac{l_b}{v_p} + \frac{l_b}{v_0} + 2 \cdot t_{pb} + t_g = 3 + \frac{25}{4.2} + \frac{25}{8.9} + 10 + 2 = 23,76 \text{ s} \quad (4.4.1)$$

čia:

t_0 – verstuvo nuleidimo trukmė, $t_g = 3 \text{ s}$;

l_b – grunto perstūmimo nuotolis, priimamas pusei trumpesniosios pastato kraštinės;

v_p – buldozerio greitis grunto stūmimo metu;

t_{pb} – traktoriaus posūkio trukmė, $t_{pb} = 5 \text{ s}$;

t_g – greičių perjungimo trukmė, $t_g = 2 \text{ s}$.

Tuomet buldozerio atliekamų ciklų per valandą skaičius:

$$n_{cb} = \frac{3600}{t_{cb}} = \frac{3600}{23,76} = 151,52 \quad (4.4.2)$$

Grunto kiekis perstumiamas vienu buldozerio darbo ciklu:

$$q_b = \frac{l \cdot h_0^2}{2 \cdot \tan \alpha \cdot k_p} \cdot \mu = \frac{3,353 \cdot 0,998^2}{2 \cdot \tan 40^\circ \cdot 1,25} \cdot 0,875 = 1,39 \text{ m}^3 \quad (4.4.3)$$

čia:

l – buldozerio verstuvo ilgis;

h_0 – buldozerio verstuvo aukštis;

α – grunto natūralaus byrėjimo kampas;

k_p – grunto pirminio išpurenimo koeficientas;

μ – koeficientas, įvertinantis grunto nuostolius stūmimo metu:

$$\mu = 1 - 0,005 \cdot l_b = 1 - 0,005 \cdot 25 = 0,875 \quad (4.4.4)$$

Skaičiuojame pasirinkto buldozerio eksploatacinį pamainos našumą:


$$N_b = 8 \cdot q_b \cdot n_{cb} \cdot k_i = 8 \cdot 1,39 \cdot 151,52 \cdot 0,85 = 1432,16 \text{ m}^3/\text{pam.} \quad (4.4.5)$$

Buldozerio darbo atlikimo greitis:

$$T = 8 \cdot \frac{V}{N_b} = \frac{4745,0}{1432,16} = 26,51 \text{ h} \quad (4.4.6)$$

Visą augalinio sluoksnio nustūmimo darbą buldozeris John Deere 6068T.700J.LT atliks per 26,51 h arba per 3,31 pamainos.


Lentelė 4.4.2 Ekskavatoriaus Volvo 160 techninės charakteristikos [19]

Charakteristika	Volvo 160
	
Kaušo talpa q_e, m^3	1,0
Maksimalus ekskavatoriaus kasimo gylis $h_{g,max}, m$	6,5
Maksimalus ekskavatoriaus kasimo spindulys R_{max}, m	6,2
Mažiausias ekskavatoriaus kasimo spindulys R_{min}, m	1,4
Valandų skaičius darbo pamainoje, h	8
Darbo laiko panaudojimo koeficientas k_t	0,74
Kaušo užpildymo koeficientas k_u	1,0
Grunto išpurenimo koeficientas k_p	1,27

Apskaičiuojame ekskavatoriaus Volvo 160 pamainos eksploatacinį našumą:

$$N_e = 8 \cdot 60 \cdot q_e \cdot n \cdot \frac{k_u}{k_p} \cdot k_t = 8 \cdot 60 \cdot 1,0 \cdot 3 \cdot \frac{1,0}{1,27} \cdot 0,74 = 839,06 \text{ m}^3/\text{pam.} \quad (4.4.7)$$

Lentelė 4.4.3 Savivarčio techninės charakteristikos [19]

Charakteristika	Volvo FL
	
Krovumas (savivarčio keliamoji galia) Q, t	14,6
Kėbulo talpa, m^3	10,2
Gabaritas, m	
Ilgis	5,5
Plotis	2,3
Aukštis	0,8
Pakrauto savivarčio masė, t	28

Savivarčio svoris, t	24
Manevruojamojo išskrovimo trukmė, s	105
Pakrauto savivarčio eigos greičiai $v_1/v_2/v_3$, km/h	40/30/40
Nepakrauto savivarčio eigos greičiai $v_1/v_2/v_3$, km/h	80/50/80
Grunto tūrio masė ρ , t/m^3	1,75

Ekskavatoriaus kaušų, pakraunamų į savivartį skaičius:

$$n_k = \frac{Q}{\rho \cdot q_e \cdot k_u} = \frac{14,6}{1,75 \cdot 1,0 \cdot 1,0} = 8,34 \approx 8 \text{ kaušai} \quad (4.4.8)$$

čia:

ρ – natūralusis grunto tankis.

Savivarčio keliamosios galios panaudojimas:

$$I = \frac{Q - p}{Q} \cdot 100 = \frac{14,6 - 14,0}{14,6} \cdot 100 = 4,1\% < 10\% \quad (4.4.9)$$

Transporto priemonės pakrovimo trukmė:

$$t_p = 60 \cdot \frac{n_k \cdot q_e \cdot k_u}{P} = 60 \cdot \frac{8,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0}{104,88} = 4,58 \text{ min} \quad (4.4.10)$$

čia:

P – valandinis ekskavatoriaus našumas.

Transportavimo trukmė:

$$t_t = 60 \cdot \frac{2 \cdot L}{v} = 60 \cdot \frac{2 \cdot 10}{40} = 30 \text{ min} \quad (4.4.11)$$

čia:

L – transportavimo atstumas;

v – vidutinis transportavimo greitis.

Transporto priemonės pilno darbo ciklo trukmė:

$$t_c = t_p + t_t + t_i + 2 \cdot t_m = 4,58 + 30 + 1,0 + 2 \cdot 1,0 = 37,58 \text{ min} \quad (4.4.12)$$

čia:

t_i – grunto išpylimo laikas;

t_m – savivarčio manevravimo laikas.

Savivarčių skaičius:

$$n_s = \frac{t_c}{t_p + t_m} = \frac{37,58}{4,58 + 1,0} = 6,73 \approx 7 \text{ savivarčiai} \quad (4.4.13)$$

Viso kraunamų kaušų skaičius:

$$n_k = \frac{V_{išv}}{q_e} = \frac{8041,0}{1,0} = 8041 \text{ kaušai} \quad (4.4.14)$$

Grunto iškasimo trukmė:

$$T_{išk} = n_{k.v} \cdot \frac{t_p}{n_k \cdot 60} = 8041 \cdot \frac{4,58}{8,0 \cdot 60} = 76,72 \text{ h} \quad (4.4.15)$$

Savivarčio ciklų skaičius:

$$n_{s,c} = \frac{V_{išk}}{q_e \cdot n_k} = \frac{8041}{1,0 \cdot 8,0} = 1005,1 \approx 1005 \text{ ciklai} \quad (4.4.16)$$


Laikas reikalingas gruntui išvežti:

$$T_{išv} = \frac{n_{s,c} \cdot t_c}{60} = \frac{1005 \cdot 37,58}{60} = 629,47 \text{ h} \quad (4.4.17)$$

Laikas reikalingas gruntui išvežti septyniems savivarčiams:

$$\frac{T_{išv}}{n_s} = \frac{629,47}{7} = 89,92 \text{ h} \rightarrow 11,24 \text{ pamainos} \quad (4.4.18)$$

Lentelė 4.4.4 Betono siurblio CIFA Magnum MK 28 L techninės charakteristikos [19]

Charakteristika	
BETONMAIŠĖ	
Nominali talpa, m ³	10
Maišyklės talpos išnaudojimas, %	69
Minimalus sukimosi greitis, 1/min	14
Vandens bako talpa, l	800
Vandens siurblio našumas, l/min	230
SIURBLYS	
Maksimalus našumas, m ³ /h	81,0
Maksimalus betono padavimo slėgis, bar	56,0
Betono cilindrai, mm	200
Betono bunkerio talpa, l	400
PASKIRSTYMO STRĖLĖ	
Vamzdžio skersmuo, mm	Ø100
Maksimalus vertikalus siekis, m	28,1
Maksimalus horizontalus siekis, m	24,1

Skaičiuojame reikiamą vibracinio gramzdintuvo jėgą:

$$P_v = 1,4 \cdot P - 3 \cdot \frac{Q}{k_g} = 1,4 \cdot 450 - 3 \cdot \frac{39}{3,5} = 596,57 \text{ kN} \quad (4.4.19)$$

čia:

P – skaičiuojamoji polio laikomoji galia, imam iš 3.8.1 skyriaus skaičiavimų;

Q – vibrogramzdintuvo svoris;

k_g – koeficientas, įvertinantis geologines sąlygas.

Skaičiuojamasis poliakalės pamainos našumas nustatomas pagal šia formulę:

$$I_p = k_i \cdot \frac{480}{(t_1 + t_2)} = 0,9 \cdot \frac{480}{(5 + 13)} = 24 \text{ vnt./pam.} \quad (4.4.20)$$

čia:

t_1 – pagrindinės polio įgilinimo operacijos trukmė;

t_2 – pagalbinių operacijų trukmė.

Žinant polių įgilinimo darbų trukmę ir poliakalės pamainos našumą, galime nustatyti reikiamą poliakalių skaičių:

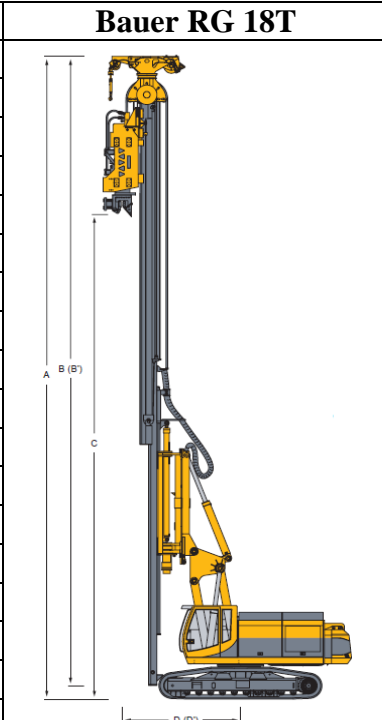
$$N = \frac{n}{I_p \cdot T} = \frac{326}{24 \cdot 15} = 0,91 \approx 1 \text{ poliakalė} \quad (4.4.21)$$

čia:

n – polių skaičius objekte;

T – nustatyta polių įgilinimo darbų trukmė.

Lentelė 4.4.5 Poliakalės Bauer RG 18T techninės specifikacijos [19]

Charakteristika	Dydis	Bauer RG 18T	
Bauer RG 18T bazinė mašina			
Maksimalus strėlės aukštis, m	22,53		
Maksimalus strėlės ilgis, m	19,59		
Maksimalus polio ilgis, m	18,20		
Mažiausias darbinis spindulys, m	3,65		
Didžiausias darbinis spindulys, m	5,71		
Strėlės posvyriai pirmyn/atgal/į šonus, °	4°/10°/4°		
Maksimali spaudimo jėga, kN	140		
Maksimali traukimo jėga, kN	180		
Leistinas sukimo momentas, kNm	90		
RGT MR 90V-02 vibratorius			
Ilgis, m	3,04		
Plotis, m	0,53		
Storis, m	1,27		
Atstumas iki sienos, m	0,60		
Maksimalus apsisukimų skaičius, $aps./min$	2400		
Išcentrinė jėga, kN	900		
Ekscentrinis momentas, kg/m	0 – 14,3		

Hidraulinė galia, kW	336	
Bendras svoris, kg	3900	
Gnybtų suspaudimo jėga, kN	1250	
Maksimalus polio svoris, kg	2500	

4.5. Sąnaudų skaičiavimas ir kalendorinio grafiko sudarymas

Lentelė 4.5.1 Mechanizmų poreikio suvestinė lentelė

Eil. Nr.	Pavadinimas	Mato vnt.	Kiekis
1	2	3	4
1.	Buldozeris 117,6 kW	maš. val.	24,67
2.	Vienakaušis ekskavatorius 1,0 m ³ kaušo talp.	maš. val.	73,49
4.	Buldozeris 79 kW	maš. val.	11,39
5.	Autogreideris 66,2 kW	maš. val.	1,70
6.	Poliakalė ABIRE 10000	maš. val.	181,40
7.	Vibroplūktuvas, Vibroplokštė	maš. val.	2,00
8.	Betono siurblys	maš. val.	1,65
9.	Vibratorius	maš. val.	43,52
10.	Mini daugiafunkcinės mašinos	maš. val.	30,59
11.	Kranas su automob. važiuokle 10 t	maš. val.	60,56
12.	Suvirinimo transformatorius	maš. val.	5,67
13.	Kranas	maš. val.	11,61
14.	Buldozeris 132 kW	maš. val.	11,64
15.	Mažosios mechanizacijos priemonės	maš. val.	15,91

Lentelė 4.5.2 Statybinių medžiagų suvestinė lentelė

Eil. Nr.	Medžiagos pavadinimas	Matavimo vnt.	Kiekis
1	2	3	4
1.	Neplautas žvyras	m ³	11,58
2.	Armatūros karkasai	t	8,64
3.	Plieniniai vamzdžiai d daugiau 100mm	t	0,94
4.	Betono mišiniai	m ³	241,95
5.	Įdėtinės plieninės detalės	t	1,15
6.	Specialus tepalas klojiniam	l	8,12
7.	Inventoriniai klojiniai	m ²	2,17
8.	Betonas	m ³	33,20
9.	Armatūra	t	3,27
10.	Emulsolas	kg	35,98
11.	Plieninė viela	t	0,16
12.	Suvirinimo elektrodai	kg	74,51
13.	Apipjautos lentos 25-32mm	m ³	0,08
14.	Statybinės vinys	kg	7,21
15.	Apipjautos lentos 40mm	m ³	0,13
16.	Klojinių skydai	m ²	1,80
17.	Žibalas	t	0,05
18.	Naftos bitumas	t	0,43

19	Talkas	t	0,03
20	Dyzelinis kuras	t	0,07
21	Ruberoidas	m ²	179,2

Apskaičiuojame vidutinį dirbančių darbininkų skaičių:

$$N_{vid} = \frac{\sum D}{T} = \frac{262,5}{51,0} = 5,2 \quad (4.5.22)$$

čia:

D – darbo sąnaudų suma;

T – statybos proceso trukmė dienomis.

Tikriname ar bendras darbininkų skaičius per visą proceso atlikimo laiką keičiasi nedaug ir tenkina sąlygą:

$$K = \frac{N_{max}}{N_{vid}} = \frac{6}{5,2} = 1,15 \leq 1,7 \quad (4.5.23)$$

čia:

N_{max} – didžiausias darbininkų skaičius;

Normų įvykdymo procentas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$N = \frac{Q_{norm}}{Q_{plan}} \cdot 100\% = \frac{57,75}{51,0} \cdot 100\% = 1,13 \in 1,0 - 1,2 \quad (4.5.24)$$

čia:

Q_{norm} – norminės darbo sąnaudos;

Q_{plan} – planuojamos darbo sąnaudos.

Sąlyga tenkinama.

Lentelė 4.5.3 Projektuojamo pastato pamatų įrengimo kalendorinis grafikas

Eil. Nr.	Proceso (darbo) pavadinimas	Darbo apimtis		Darbo sąnaudos			Brigados sudėtis	Darbininkų skaičius	Pamainų skaičius, a	Darbo trukmė, d		Normų įvykdymas, %
		Darbo matav. vnt.	Kiekis	Norminės, tn		Planuojamos žm. d., tp				Norminė, Tn	Planuojama, Tp	
				žm. d.	maš. pam.							
1	Augalinio sluoksnio nukasimas	t.m ³	4,75	0,00	3,90	3,50	1 Mašinistas	1	1	3,90	3,50	1,11
2	Žemės darbai	t.m ³ /100m ³	12,36/38,97	10,22	14,27	13,00	2 Mašinistai	2	1	7,13	6,50	1,10
3	Spraustinių polių įrengimas	m ³	123,40	104,89	22,67	90,00	2 Mašinistai 6 betonuotojai	6	1	17,48	15,00	1,17
4	Pamatų konstrukcijų betonavimas	m ³	309,74	168,92	39,42	150,00	2 Mašinistas 5 Betonuotojai	6	1	28,15	25,00	1,13
5	Pamatinių sijų hidroizoliacija	100m ²	1,60	6,47	0,00	6,00	6 Betonuotojai	6	1	1,08	1,00	1,08
				290,50		262,50				57,75	51,00	

4.6. Spraustinių polių įrengimo technologinis aprašymas

Polių įrengimui reikalinga brigada, kuri susideda iš brigadininko/betonuotojo, betonuotojo, mechanizatoriaus. Visi mechanizatoriaus veiksmai vykdomi nurodant sutartiniais rankų ženklais brigadininkui/betonuotojui. Gervės prikabinimą/atkabinimą vykdo brigadininkas betonuotojas. Darbinių vamzdžių perstatymo metu brigadininko/betonuotojo vieta yra šalia vamzdžio, betonuotojo – gale poliakalės, iš mechanizatoriaus kabinos pusės. Poliakalė pastatoma ant lygaus ir tvirto pagrindo į montavimo vietą, pakeliama strėlė į darbinę padėtį. Prie agregato strėlės montuojamas 900kN vibroplaktas. Brigadininko/betonuotojo sutartinių rankų ženklų nurodymu mechanizatorius poliakalės strėlės kreipiančiasias įmontuoja į vibroplakto šliaužiklius ir mechanizatorius užfiksuoja hidrauliniu cilindro pagalba įstumiant kaiščius į fiksavimo vietą. Vibroplakto hidraulinių vamzdžių sujungimas su poliakalės jungtimis. Išbandomas vibroplaktas tuščia eiga po to patikrinamas griebtuvo žiaunų stovis ar nėra įtrūkimų bei griebtuvo suspaudimo jėga, kurios manometro parodymai turi būti 320 – 350 (bar). Darbinių vamzdžių sumontavimui naudojamas 5m ilgio pagalbinis vamzdis, kuris gervės pagalba yra pakeliamas prie vibroplakto griebtuvo, brigadininkas/betonuotojas ir betonuotojas išcentruoja vamzdį ir tada suspaudžiama griebtuvo žiaunomis. Vamzdžių sandėliavimo vietoje įvibruojamas vamzdis į gruntą ir paruošiama anga darbinių vamzdžių sumontavimui. Tuomet atkabinamas gervės kablys, vamzdis ištraukiamas iš grunto ir vamzdis įspraudžiamas į sandėliavimo vietą. Vamzdžio skersmuo parenkamas pagal polio skersmenį. Vamzdžiai sandėliuojami įkalant 1/3 vamzdžio ilgio į gruntą. Darbinis vamzdis pastatomas naudojant gervę ir įstatomas į padarytą sumontavimo angą. Tuomet viršutinė vamzdžio dalis paimama į vibroplakto griebtuvą ir įvibruojamas vamzdis, atkabinama gervė. Brigadininkas/betonuotojas duoda nurodymus ištraukti vamzdį ir pasukti strėlę į poliaus įrengimo vietą. Įvibruojamas darbinis vamzdis iki 1/3 poliaus ilgio ir ištraukiamas. Ant grunto yra padedama aklė ir vamzdis užmaunamas ant aklės, kuri fiksuojasi vamzdyje trumpais armatūros strypais. Aklės paskirtis uždaryti vamzdžio galą, spraudžiamą į gruntą, kad šis nepatektų į vamzdį. Vamzdis statomas į nužymėtą poliaus vietą. Vamzdis 0,3 – 0,7 *m/min* greičiu (priklausomai nuo grunto pasipriešinimo ir spraudžiamo vamzdžio ilgio) įspraudžiamas vibroplakto pagalba į gruntą iki projekcinio gylio (jei darbo brėžiniuose nurodytas spraudimo atsakas – spraudžiama iki atsako), kontroliuojant vamzdžio vertikalumą. Vamzdžio vertikalumas tikrinamas mechanizmo automatine sistema ir papildomai gulsčiuko pagalba. Įspraudus vamzdį, vamzdis atlaisvinamas nuo vibroplakto. Polių įrengimui naudojami 4 vamzdžiai.

Į vamzdžius įleidžiami armatūros karkasai gervės pagalba. Įleidus karkasus poliakalės vibroplaktas pasukamas apie 3 metrus į šoną. Vamzdžiai pilnai užpildomi projektinės klasės betonu. Betonavimas vykdomas betono siurblio pagalba. Esant objektui toliau nuo betono mazgo į betoną dedamas betono lėtiklis, siekiant atitolinti betono rišimosi pradžią. Užpildžius vamzdžius betonu iki vamzdžių viršaus, du pirmieji vamzdžiai vienas po kito yra paimami į griebtuvą ir sukeliami 1/3 poliaus ilgio. Sukėlus vamzdžius vibroplaktas pasukamas į šoną apie 3 metrus ir betono siurblio pagalba pakartotinai užpilama iki vamzdžio viršaus.

Du pirmieji vamzdžiai suspaudžiami griebtuvu ir ištraukiami vienas po kito, toliau juos sukaland į sekančių polių projektines vietas laikantis tos pačios technologijos. Likusieji du vamzdžiai taip pat sukeliami 1/3 poliaus ilgio ir užpildomi betonu iki viršaus. Šia seka įrengiama visa polių grupė. Baigus įrengti polių grupę visi vamzdžiai įvibruojami 1/3 vamzdžio ilgio į sandėliavimo vietą. Formuojamos polių galvutės pagal projektinius aukščius.

Tokia pačia technologine seka įrengiamos likusios polių grupės.

4.7. Darbų sauga

Veiksmai prieš darbo pradžią

Prieš darbo pradžią objekte, darbuotojai turi išklausti darbų saugos instruktažą darbo vietoje. Nustatomos pavojingos zonos, kurios aptveriamos apsauginiais aptvarais arba signaline juosta, arba signaliniais žymekliais, arba kitaip aiškiai pažymėtos, kad kliudytų darbuotojams, neturintiems teisės patekti į tokias zonas. Prieš pradėdant darbą kiekvieną dieną apžiūrėti darbo vietą, išvalyti praėjimą, surinkti pašalinius daiktus, nuvalyti purvą. Įsitikinti įrankių ir apsauginių priemonių tvarkingumu. Prieš įjungiant įrenginius bei mechanizmus, patikrinti ar apsaugotos jų besisukančios dalys. Patikrinti apsauginių priemonių bei pagalbinio inventoriaus būklę. Apžiūrėti darbo vietą. Jei yra kliuvinių - juos pašalinti ir išlyginti aikštelę. Vietose, kur yra žmonių ar transporto eismas, būtina pastatyti aptvarus, įspėjamuosius ženklus, įrengti signalinius žibintus. Būtina patikrinti agregato techninį stovį: kuro ir tepalų kiekį, ar agregatas sukomplektuotas tvarkingu įrankių ir prietaisų rinkiniu, patikrinti apšvietimą ir garsinę signalizaciją, pašalinti nereikalingus daiktus nuo agregato ir iš kabinos, sutepti tepalu nustatytas vietas. Įsitikinti kontrolinių matavimo prietaisų parodymų teisingumu. Apie pastebėtus trūkumus ir gedimus informuoti padalinio vadovą, darbą pradėti tik juos pašalinus.

Individualios apsaugos priemonės

Privalomos šios individualios apsaugos priemonės: darbo drabužiai, darbo avalynė, darbinės pirštinės, apsauginis šalmas. Apsivilkus darbo drabužius būtina užsisegti rankogalius

ir kitas sagas, kad nebūtų kabančių drabužių dalių. Darbo drabužiai turi būti tvarkingi, nevaržantys judesių ir pagal galimybes švarūs.

Darbo proceso saugus organizavimas

Naudoti apsaugos priemonės. Remontuoti, ardyti mechanizmus galima tik visiškai kritus slėgiui hidraulinėje sistemoje ir atjungus įtampą. Darbo vietą pastoviai laikyti tvarkingą, neapkrautą, palikti saugius praėjimus. Visus darbus atlikti laikantis saugaus darbo reikalavimų. Jei betono padavimui naudojamas betono siurblys, jį remontuoti tik visiškai kritus slėgiui. Aplink betono siurblių palikti 1m pločio praėjimą. Draudžiama palikti veikiantį agregatą be priežiūros. Draudžiama stovėti po strėle ir dirbančiais agregatais. Draudžiama dirbti nesveikuoju ar apsvaigus. Neleisti dirbti pašaliniams žmonėms. Baigus darbą gamybines atliekas surinkti, nuvalyti mechanizmus, instrumentus, įrankius ir sudėti į jiems skirtas vietas, apie pastebėtus įvairius trūkumus ar gedimus pranešti padalinio vadovui. Baigus darbą privaloma pastatyti agregatą į numatytą vietą, išjungti variklį, nuo mechanizmų nuvalyti purvą ir nutekėjusius tepalus, pašalinti smulkius defektus, sutepti sukamąsias dalis, sutvarkyti darbo vietą, apie pastebėtus gedimus pranešti mechanikui.

Veiksmai įvykus avarijai ar nelaimingam atsitikimui

Įvykus avarijai ar nelaimingam atsitikimui pirmiausia imtis priemonių žmonių gelbėjimui, jei reikia iškviešti avarijų likvidavimo tarnybą, priešgaisrinę ir greitąją medicininę pagalbą, informuoti atitinkamas priežiūros tarnybas. Esant pavojui pasitraukti iš pavojingos zonos ir pašalinti kitus darbuotojus. Informuoti tiesioginį darbų vadovą. Įvykus nelaimingam atsitikimui nukentėjęs, jei pajėgia, turi nedelsdamas apie tai pranešti padalinio vadovui. Asmuo matęs arba apie jį sužinojęs, turi suteikti nukentėjusiajam pirmąją pagalbą ir pranešti tiesioginiam darbo vadovui. Darbo vieta ir įrengimų būklė turi išlikti tokie, kokie buvo nelaimingo atsitikimo metu. Jei tai kelia pavojų aplinkinių darbuotojų gyvybei ir sveikatai, gali būti atlikti tik būtinausi pakeitimai, kurie fiksuojami akte.

Įvykus agregato gedimui (išsiliejus alyvai ir kt.), užterštas gruntas turi būti kuo skubiau išvežtas į numatytą utilizacijos vietą, pakeičiant švairiu gruntu.

5. Tiriamoji dalis

Tiriamojame dalyje nagrinėjami polių įrengimo metu keliami virpesiai, jų sklaidimas gruntu ir poveikis žmonėms bei aplinkiniams pastatams. Atliekama literatūrinė temos analizė, pristatomi naudojami empiriniai skaičiavimo modeliai, palyginamas jų adekvatumas bei jais gautų rezultatų reikšmės. Pagal gautus rezultatus formuluojamos išvados.

5.1. Įžanga

Poliai naudojami pastatų, tiltų ir kitų inžinerinių statinių pamatams, kur sekliųjų pamatų naudojimas gali būti rizikingas dėl galimų per didelių sėdimų, grunto irimo ar kitokių neigiamų aplinkos pokyčių. Spraustiniai poliai įrengiami naudojant smūginį plaktą arba vibroplaktą. Smūginis plaktas yra labai efektyvus polių įrengimo metodas. Vykdamas polių įrengimą šiuo būdu, plaktas metamas ant poliaus galvos, gramzdinant polį į gruntą pakartotiniais smūgiais, kol polis pasiekia projektinį gylį.

Daugelį metų polių įrengimas, o ypač spraustinių polių įrengimas, buvo laikomas vienu iš labiausiai aplinką trikdančių darbų statybų aikštelėse. Ši nuomonė laikėsi, iki pastaruoju metu įvykusių pokyčių polių įrengimo technologijoje. Dabar, naudojant skirtingus metodus parenkamas ekonomiškai efektyviausias polių įrengimo būdas su priimtina vibracijų ir garso lygiu išskiriamu į aplinką.

Kai sunkioji statyba vykdoma arti gyvenamųjų namų, administracinių pastatų, laboratorijų, istorinių pastatų, būtinas kruopštus darbų planavimas, užtikrinantis deramą tempą ir tvarką, sudarančią mažiausią aplinkos trikdymą. Kiekvienas statybos objektas sukelia tam tikrą normalios veiklos sutrikdymo laipsnį aplinkinėje miesto zonoje, tačiau pasirinkus tinkamą technologiją kiekvienam darbui atlikti, statybos darbų laikas ir jo metu sukeliama vibracijų bei garso lygiai išlieka priimtiniuose, visuomenei bei statybos normoms, ribose. Tai naudinga ne tik vietiniams gyventojams bet ir darbininkams statybos aikštelėje.

Šiuolaikinėmis polių įrengimo technologijomis, garso ir virpesių lygis gali būti visiškai pašalinamas plieninių spraustasielių įrengimo metu. Esant tinkamoms geologinėms sąlygoms, hidraulinis polių gramzdinimas gali būti atliekamas tyliai ir nesukeliant juntamų grunto vibracijų. Ši technologija suteikia galimybę projektuotojams naudoti plienines spraustasienes vietose, kur anksčiau tai padaryti buvo neįmanoma. Dabar plieninės spraustasienės yra pirmas pasirinkimas, objektuose, greta kurių aplinkos trikdymas yra netoleruotinas, kaip pavyzdžiui: šalia ligoninių, tankiai apgyvendintose zonose, greta jautrių požeminių komunikacijų trasų ar jautrių kompiuterinių laboratorijų.

Vibroplaktai, kuriais greičiausiai atliekamas bet kurio tipo polių įrengimas, biriuose gruntuose sukelia didesnes grunto vibracijas nei hidraulinis spraudimas, tačiau yra mažiau trikdantys nei smūginiai plaktukai. Inžineriniai pasiekimai leidžia polių įrengimo mašinų (toliau „poliakalių“) operatoriams keisti technikos skleidžiamų virpesių amplitudę, dažnį ir tokiu būdu geriausiai prisitaikyti prie esamų geologinių sąlygų. Šios technologijos taip pat pašalina stiprius rezonansinius virpesius, sukeliamus prie polio esančio grunto ir poliakalės vibracinio įrenginio, jo paleidimo bei sustabdymo metu.

Smūginiai plūktuvai sukelia gerokai aukštesnius garso ir virpesių lygius nei kitų tipų plūktuvai, tačiau jais poliai gali būti gramzdinami į bet kokio tipo gruntą ir kartais gali būti vienintelis būdas įrengti polius kietuose, sankabiuose gruntuose ir minkštose uolienose. Per pastarąjį pusamžį technologiniai pasiekimai gerokai pakeitė smūginius plaktus. Garais varomus plaktus pakeitė dyzeliniai, o šiuos pamažu keičia į rinką ateinantys hidraulinio paleidimo įrenginiai. Todėl, šiuolaikiniai hidrauliniai plaktai yra kur kas mažiau trikdantys gamtą nei jų pirmtakai. Papildomas garso lygio mažinimas gali būti atliekamas naudojant specialias atitvaras, tokiu būdu apribojant zoną, kurioje veikia garso šaltinis [20].

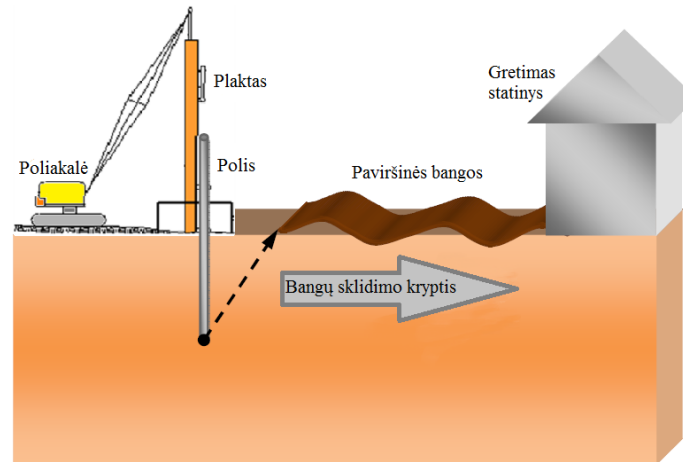
Temos aktualumas

Grunto vibracijos bei nepageidaujamas garsas, atsirandantis polių įrengimo metu, daugiausiai problemų sukelia tankiai apgyvendintose miestų dalyse ir gali pakenkti ne tik vietiniams gyventojams bet ir aplinkiniams pastatams bei pabloginti jų būklę. Tyrimai parodė, jog grunto virpesiai, sukelti polių įrengimo procesų, dažnai padaro žalą gretimiems statiniams, jautriems žemės vibracijai. Žala pastatui, dėl grunto virpėjimo atsiranda tiesiogiai arba per grunto sėdimą po pastatais, esančiais vibracijos zonoje [21].

Galimos žalos gretimiems statiniams gali būti išvengta atliekant prieš statybines apžiūras, pastatų būklės, esamų pažeidimų nustatymą bei fiksavimą, virpesių statybos aikštelėje stebėjimą ir matavimą bei numatyti galimas vibracijas darbų vykdymo metu. Pagrindinė užduotis yra suprasti ir numatyti sąlygas, kuriomis virpesiai gali padaryti žalą turtui. Būtent todėl skaitinių ir analitinių metodų, nuspėjančių grunto virpesius, kūrimas tampa būtinas [21].

Ankstesni tyrimai, susiję su spraustiniais poliais, labiausiai koncentruoti į grunto prakalamumą, laikomąją galią bei spraudimo efektyvumą (Smith, 1960; Mabsout 1995; Liyanapathirana 2001). Tik labai mažas skaičius tyrimų dėmesį sutelkia į grunto virpesius, atsirandančius spraustinių polių įrengimo metu, ir jų poveikį gretimiems statiniams (Ramshaw et al., 1996 and; Masoumi et al., 2007 & 2008). Nepaisant to, kad skaitinių modelių nuspėjami grunto vibracijų lygiai artimi ar net sutampa su eksperimentiniais duomenimis, šie modeliai

neįvertina esminių grunto ir vibracijų šaltinio parametrų, tokių kaip: trinties tarp polio ir grunto, grunto nehomogeniškumo ar polių projektinių gylių skirtumų.



Paveikslėlis 5.1.1 Virpesių atsiradimas sprausstinių polių įrengimo metu

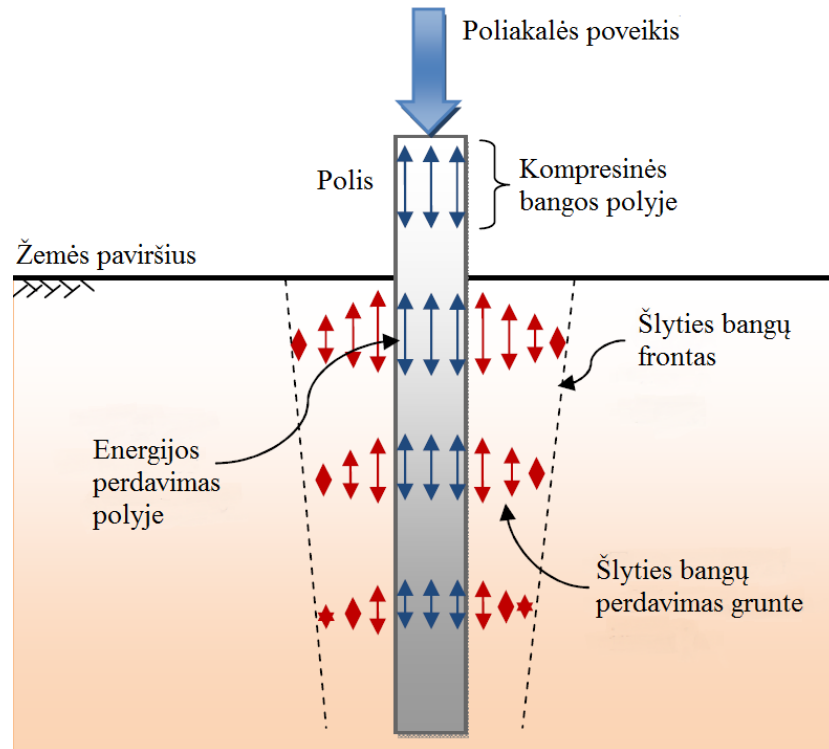
5.2. Literatūros analizė

Šiame skyriuje apžvelgiama literatūra, susijusi su bangų sklidimu gruntuose dėl polių spraudimo ir vibracijų sukeltų neigiamų poveikių žmonėms ar pastatams atsiradimu. Pirmoje dalyje apžvelgiami grunto virpesių ir jų sklidimo gruntuose pagrindai. Antroje dalyje nurodomi ir palyginami priimtini virpesių lygiai žmonėms bei aplinkiniams pastatams pagal skirtingų šalių nacionalinių standartų rekomendacijas. Trečioje dalyje trumpai apžvelgiami grunto virpesių matavimai statybų aikštelėse ir jiems atlikti naudojami prietaisai. Ketvirtoje dalyje pristatomi penki plačiausiai naudojami virpesių nustatymo empiriniai modeliai, palyginami juose įvertinami veiksniai, gaunamos grunto virpesių reikšmės ir suformuojamos išvados.

5.2.1. Grunto virpesių teoriniai pagrindai

Nuo vibroplakto, spraudžiamu vamzdžiu energija keliauja žemyn. Dalis energijos prarandama dėl trinties, veikiančios vamzdžio ir grunto sąlyčio zonoje ir dalis dėl gniuždymo, atsirandančio spraudžiamo vamzdžio viršuje. Likusi energija sukelia įtempių bangą, sklindančią grunte. Šios energijos dydis priklauso nuo daugelio faktorių, pvz.: vibroplakto tipo, jo parametrų, vamzdžio formos ir inžinerinių geologinių sluoksnių charakteristikų ir pan. Polio laikomoji galia yra sudaryta iš dviejų dedamųjų, t.y. laikomoji galia polio padu ir polio kamieno šonine trintimi. Atitinkamai, atsirandančios bangos būna dviejų tipų: cilindrinės (angliškai: Shear, S-waves), besiformuojančios polio kamieno ilgyje ir pirminės arba kompresinės (angliškai: primary or compressive, P-waves), besiformuojančios polio smaigalyje (žiūrėti paveikslėlį 5.2.1.1). Cilindrinės arba kitaip šlyties bangos generuojamos dėl reliatyvaus judėjimo polio ir grunto sąlyčio zonoje. Kol kompresinės bangos keliauja per visą polio ilgį iki

smaigalio, šlyties bangos sklinda nuo poliaus tolyn į gruntą, suformuodamos kūgio formos bangų frontą (žiūrėti paveikslėlį 5.2.1.1).



Paveikslėlis 5.2.1.1 Kompresinių ir šlyties bangų formavimasis spraudimo metu

Kompresinių ir šlyties bangų sklidimo greitis priklauso nuo terpės, kurioje jos sklinda tamprumo savybių. Šių bangų sklidimo greitis, atitinkamai kompresinių ir šlyties, apskaičiuojamas pagal tokias formules [22]:

$$C_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2 \cdot \mu}{\rho}} \quad (5.2.1.1)$$

$$C_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad (5.2.1.2)$$

čia:

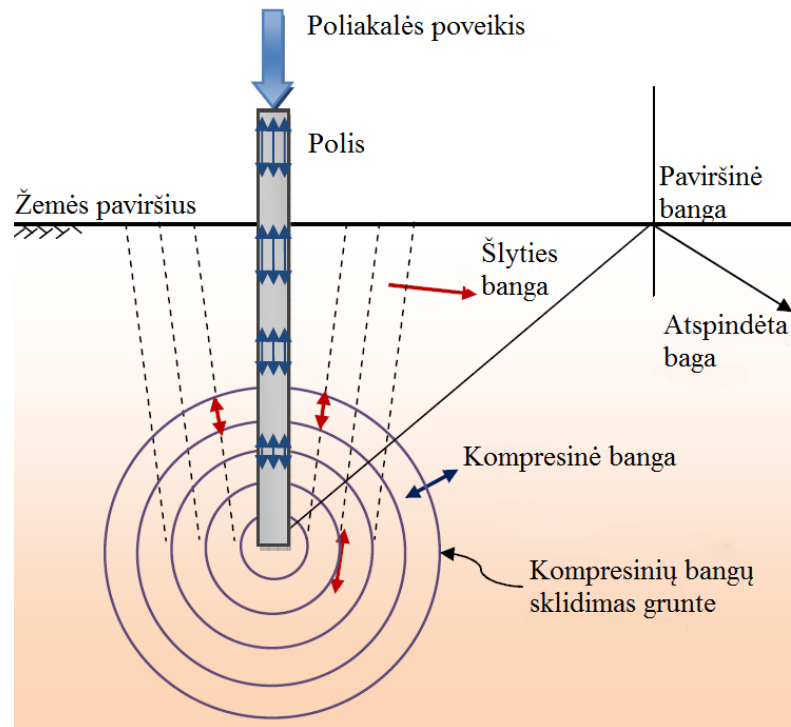
λ – konstanta (Lamè 2000) [20];

μ – konstanta (Lamè 2000) [20];

ρ – nagrinėjamo IGS grunto tūrinis svoris.

Kompresinių bangų greitis polyje dažniausiai yra dešimt ir daugiau kartų didesnis už šlyties bangų greitį grunte, dėl šios priežasties, kūgio formos bangų frontą galima redukuoti į cilindro formą (cilindrinės bangos) [22]. Kūgio paviršius, dar žinomas kaip šlyties bangų frontas, yra priminis faktorius sukeltantis įtempių padidėjimą grunte dėl polio kamieno ir grunto

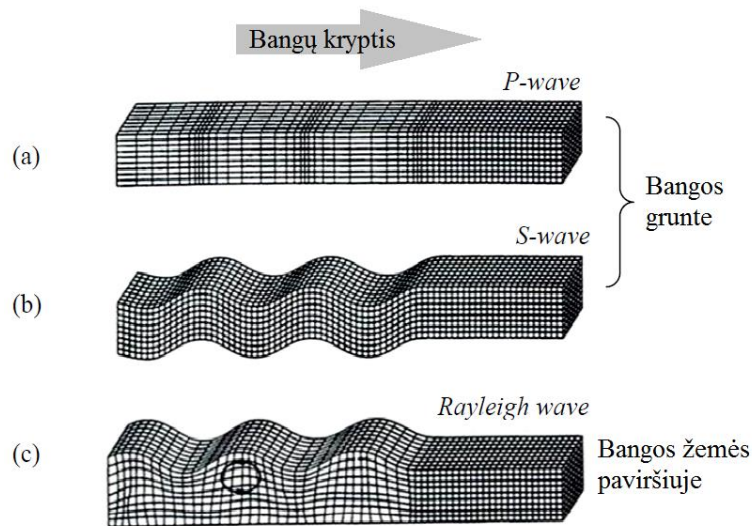
sąveikos. Schematinis kompresinių ir šlyties bangų sklidimas grunte parodytas paveikslėlyje 5.2.1.2.



Paveikslėlis 5.2.1.2 Įtempimų bangų sklidimas iš polio smaigalio spraudimo metu

Kai kompresinės ir šlyties bangos susiduria žemės paviršiuje, dalis jų energijos yra paverčiama paviršiaus bangomis (angliškai Rayleigh waves, R-waves) ir dalis atspindima atgal į gruntą. Deformacijos, pasireiškiančios dėl šių trijų tipų bangų vaizduojamos paveikslėlyje 5.2.1.3. Pirmoje schemoje vaizduojamų kompresinių (P-waves) bangų kryptis sutampa su rodyklės kryptimi. Grunto dalelės juda ir gruntas deformuojasi būtent šia kryptimi. Antroje schemoje vaizduojamos antrinės arba šlyties bangos (S-waves), kuriose dalelių judėjimas yra statmenas bangos sklidimo kryptčiai. Trečioje schemoje vaizduojamas paviršinių bangų (R-waves) sklidimas. Šios bangos yra sudėtingas vertikalia ir horizontalia kryptimi judančių dalelių derinys, kuris priklauso nuo grunto sluoksnio storio bei šio grunto Puasono (Poisson's) koeficiento ν [23]. 1955 metais mokslininkai G. F. Miller ir H. Pursey savo darbuose teigė, jog energijos pasiskirstymas trijų minėtų tipų bangose yra: 67% - paviršinėms bangoms, 26% - cilindrinėms bangoms ir likę 7% - kompresinėms bangoms [24].

Ši teorija dar nėra įrodyta fiziniaisiais grunto matavimais. Siekiant pagrįsti šiuos grunto elgsenos modelius, turi būti atlikti sudėtingi grunto matavimai įrenginėjamo polio poveikio zonoje. Tačiau iki šiol tokio tipo matavimų rezultatų prieinamuose literatūros šaltiniuose praktiškai nėra. [24].



Paveikslėlis 5.2.1.3 Trijų tipų bangos, sklindančios grunto terpėje: (a) Pirminės bangos; (b) Antrinės bangos; (c) Paviršinės bangos

Susiformavusios paviršinės bangos sklinda žemės paviršiumi. Todėl kai kuriose žemės paviršiaus zonose galima užfiksuoti visų trijų tipų veikiančias bangas. Šios bangos perneša energiją, kuri gali apgadinti aplinkinius statinius. Šios perduodamos energijos didumas priklauso nuo daugelio faktorių: polio išspraudimo gylio, energijos, perduotos į polio smaigalį didumo, grunto vienalytiškumo bei grunto kietumo.

Esant tam tikram bangų ilgiui ir dažniui, kūno aukštis pasidaro to paties dydžio kaip ir bangos ilgis ir susiformuoja stovinti banga. Kai kūno natūralaus virpėjimo dažnis sutampa su išorinių virpesių dažniu, pasireiškia virpesių rezonansas. Grantai ir uolienos neturi savojo dažnio, tačiau stebėjimais galima užfiksuoti dažnius, kuriuose virpesiai perduodami geriau. Tokie „savieji“ dažniai pateikiami 5.2.1.1 lentelėje (J. F. Wiss (1967), J. M. Head ir F. M. Jardine (1992) ir G. Niederwanger (1999)) [25].

Lentelė 5.2.1.1 Tipinės skirtingų tipų grunto "savojo" dažnio reikšmės [25]

Grunto tipas	Tipinė "savojo" dažnio reikšmė, Hz
Labai minkštas dulkis ir molis	5 – 20
Durpės	10 – 13
Molis	10 – 25
Smėlis ir žvyras	30 – 40
Silpna uoliena	30 – 80
Stipri uoliena	> 50

Yra daugybė savųjų dažnių visoms sistemoms, o žemiausios šių dažnių reikšmės priklauso techniniams virpesiams (pvz. poliakalių vibroplaktų darbinis dažnis). 1999 metais mokslininkas S. Erlingsson pasiūlė empirinę formulę, žemiausio savojo dažnio vienalytiško grunto sluoksniui, apskaičiuoti [25]:

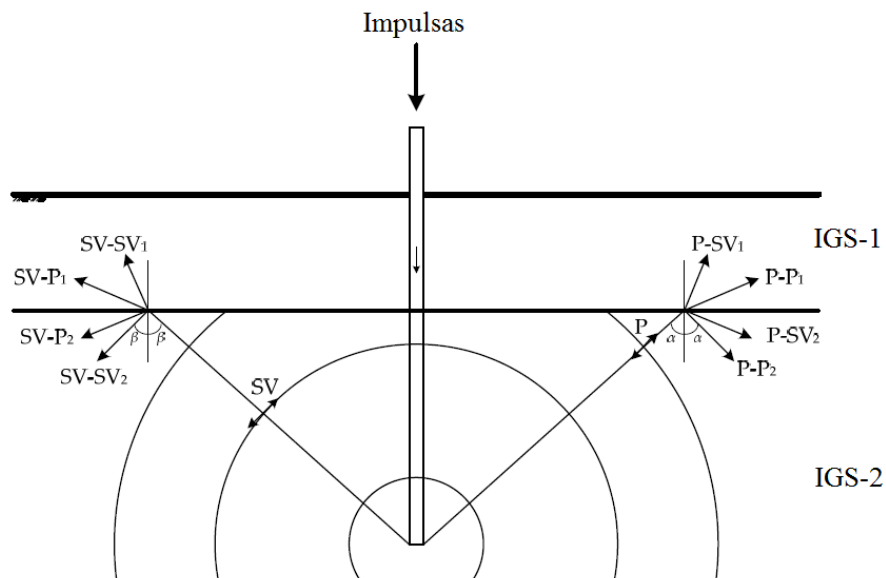
$$f_n = \sqrt{\frac{C_s}{4H}} \quad (5.2.1.3)$$

čia:

C_s – šlyties bangų sklaidimo greitis, m/s;

H – grunto sluoksnio storis, m.

Nėra vieningo ir paprasto bangų sklaidimo sluoksniuotuose gruntuose modelio. Atspindėtų ir lūžusių bangų greitis gali būti gerokai didesnis nei krentančių bangų greitis. Atspindėtų ir lūžusių bangų kryptis bei amplitudė priklauso nuo bangų kritimo kampo ir dviejų geologinių sluoksnių tankių santykio. Kiekvieną kartą pirminei ar antrinei bangai susidūrus su grunto savybių pasikeitimo riba, susiformuoja dvi atspindėtos ir dvi lūžusios bangos. 5.2.1.4 paveikslėlyje matoma, jog iš dviejų krentančių bangų susiformuoja aštuonios naujos bangos.



Paveikslėlis 5.2.1.4 Bangų atsispindėjimas ir lūžimas ties skirtingų savybių gruntu riba [26]

5.2.2. Virpesių lygiai ir priimtinos jų vertės žmonėms bei statiniams

Pirmieji žalos dėl virpesių standartai išleisti Jungtinių Amerikos Valstijų (JAV) minų biuro specialistų (angliškai Bureau of Mines). Šie standartai buvo pagrįsti mokslininkų, tokių kaip Nichols (1971), Langefors (1973) ir Edwards (1980) atliktais tyrimais bei moksliniais darbais. Šie mokslininkai susiejo didžiausią grunto dalelių judėjimo greitį (angliškai Peak Particle Velocity – PPV) su galimomis jų keliamomis grėsmėmis. Šie grunto virpesių lygiai gali būti vos juntami žmogui arba pakankamai aukšti, padaryti žalos aplinkiniams statiniams ar įrenginiams. Virpesių priimtimumo lygiai buvo nustatyti pagal žmonių jutimą, žalą statiniams ir neigiamą poveikį įrenginiams [21].

Polių spraudimo sukeltos vibracijos gali sutrikdyti žmones ir gyvūnus, tokius kaip paukščiai ar žuvis, kurie gyvena netoli vibracijų šaltinio. Literatūroje randama keletas vibracijų žalos kriterijų. Žmonių atsakas į trumpalaikes vibracijas apžvelgtas mokslininko J.F. Wiss (1974) ir pateiktas 5.2.2.1 lentelėje.

Lentelė 5.2.2.1 J. F. Wiss (1974) nustatytos žmonių reakcijos į trumpalaikius virpesius [21]

Didžiausias grunto dalelių judėjimo greitis, mm/s	Žmonių atsakas
51,0	Smarkus
23,0	Stipriai juntamas
6,0	Aiškiai juntamas
0,9	Vos juntamas

Žemės virpėjimas priklausomai nuo jo lygio gali apgadinti aplinkinius statinius ar inžinerinius tinklus, tokius kaip nuotekų, dujų ar kitokių komunikacijų trasas. Yra keletas vibracijos kriterijų prieinamoje literatūroje. Viena iš jų yra mokslininko W. F. Chae (1978) pasiūlytos statinių virpesių ribos gyvenamiesiems pastatams priklausomai nuo jų būklės (žiūrėti 5.2.2.2 lentelę) [21].

Lentelė 5.2.2.2 W. F. Chae (1978) siūlomos grunto virpesių ribos pagal gyvenamųjų namų būklę [21]

Statinio kategorija	Trumpalaikių virpesių ribinės vertės (PPV), mm/s	Ilgalaikių virpesių ribinės vertės (PPV), mm/s
Svarbių konstrukcijų pastatai	100	50
Naujos statybos gyvenamieji pastatai	50	25
Prastos būklės gyvenamieji pastatai	25	12,5
Labai prastos būklės gyvenamieji pastatai	12,5	–

Statybinių vibracijų poveikis pastatams pagal jų svarbumo lygį ir ribinės virpesių vertės taip pat pristatomos mokslininko C. Dowding (1996) moksliniuose darbuose (žiūrėti 5.3.2.3 lentelę) [27].

Lentelė 5.2.2.3 C. Dowding (1996) siūlomos ribinės virpesių vertės pagal pastatų tipą [27]

Pastato kategorija	Ribinės virpesių vertės (PPV), mm/s
Gamybiniai pastatai	50,0
Gyvenamieji pastatai	12,5
Naujos statybos gyvenamieji pastatai	25,0
Istoriniai pastatai	12,5
Tiltai	50,0

Taip pat JAV greitkelių ir transporto asociacija AASHTO (1990) nurodė maksimalius virpesių lygius siekiant nepakenkti statiniams ir išvengti papildomų priežiūros (remonto) darbų. 4.2.2.4 lentelėje apžvelgiami asociacijos apibendrinti rekomenduotini virpesių lygiai [25].

Lentelė 5.2.2.4 AASHTO (1990) pasiūlytos ribinės virpesių vertės [25]

Pastato kategorija	Ribinės virpesių vertės (PPV), mm/s
Istorinės ir kitos kritinės vietos	2,5
Gyvenamieji pastatai, tinkuotos sienos	5,0 – 7,5
Gyvenamieji pastatai, GK plokščių sienos	10 – 12,5
Gyvenamieji pastatai, be tinkuotų sienų	25 – 37,5

Europoje galiojančiuose standartuose taip pat minimi grunto virpesiai ir leistinos jų vertės aplinkai. Ši informacija pateikiama LST EN 1993-5:2007+AC:2009 Eurokodas 3. „Plieninių konstrukcijų projektavimas“ 5 Dalis: Poliai [28]. Čia vibracijų lygiai pateikiami rekomendacine forma. Šaltinio norminės vertės lyginant su anksčiau apžvelgtomis yra konservatyvesnės, t.y. reikšmės mažesnės, tačiau tai suteikia mažesnę galimybę atsirasti bent mažiausiems žalos požymiams. Virpesių tolerancijos pastatams pateikiamos 5.2.2.5 lentelėje [28].

Lentelė 5.2.2.5 Rekomenduotinos ribinės virpesių reikšmės pagal Eurokodą 3. 5-tą dalį [28]

Pastato tipas	Ribinės virpesių vertės (PPV), mm/s	
	Nuolatinė vibracija	Trumpalaikė vibracija
Griuvėsiai, architektūrinio paveldo pastatai	2,0	4,0
Gyvenamieji	5,0	10,0
Lengvieji komerciniai	10,0	20,0
Sunkieji gamybiniai	15,0	30,0
Požeminės komunikacijos	25,0	40,0

Žmonių atsakas dėl vibracijų pagal Eurokodą 3. „Plieninių konstrukcijų projektavimas“ 5 Dalį: Poliai [28] gali varijuoti nuo vos juntamo iki stipriai juntamo diskomforto. Žinoma, sprausitinių polių įrengimo keliamų vibracijų lygiai nėra tokie, kad keltų pavojų žmogaus sveikatai, kaip pavyzdžiui ilgas darbas su rankiniu pneumatiniu kūju, tačiau pastovus jų jutimas gali susilpninti žmogaus nervų sistemą ir sukelti papildomą diskomfortą. Subjektyvus gyventojų atsakas į trikdžius yra vietovės, informacijos, dienos meto, kuriuo yra juntami virpesiai ir laiko trukmės funkcija (žiūrėti 5.2.2.6 lentelę).

Lentelė 5.2.2.6 Žmonių tolerancija vibracijoms pagal Eurokodą 3. 5-tą dalį [28]

Darbų trukmė T , dienomis	Ribinės virpesių vertės (PPV), mm/s		
	$T \geq 1$ diena	$6d. \leq T \leq 26d.$	$26d. \leq T \leq 78d.$
I lygis	1,5	1,3	1,0
II lygis	3,0	2,3	1,5
III lygis	4,5	3,8	2,0

čia:

I lygis – žemiau šio lygio, didelė tikimybė, kad vibracijos aplinkiniams žmonėms bus priimtinos;

II lygis – žemiau šio lygio, tikėtina, jog vibracijos bus priimtinos, gyventojams iš anksto pranešus apie būsimus nepatogumus;

III lygis – virš šio lygio, vibracijos gyventojams nebus priimtinos.

Kaip matome pagal stipriai varijuojančias rekomenduojamų ribinių virpesių lygių reikšmes, šioje srityje yra aiškus nesutarimas tarp nacionalinių šalių kodų. Be pastatų svarbos ar konstrukcinės būklės, papildomai turėtų būti įvertinamos ir pastato konstrukcinės formos. Pastatas su standžiu pastato branduoliu ir skersinėmis sienomis grunto virpesius nuslopins pastebimai, o liaunesnės konstrukcijos pastatas bus stipriau paveikiamas jį kertančių bangų.

Štai pavyzdžiui Didžiosios Britanijos nacionaliniame standarte BS 5228-1:2009+A1:2014 „Code of practice for noise and vibration control on construction and open sites. Noise“ [29] rekomenduojamos ribinės dalelių judėjimo greičio reikšmės blokinėms atraminėms sienoms yra iki 10 mm/s prie pado ir iki 40 mm/s viršuje, kurių ribose teigiama, jog sienos stabilumui pavojus nekils. Taip pat šis standartas vibracijas požeminėms komunikacijos riboja iki 30 mm/s kai vibracijos yra trumpalaikės ir 15 mm/s kai – ilgalaikės. Naudojamas papildomas atsargos koeficientas $k = 0,2 \div 0,5$, kai nagrinėjama senų mūrinių komunikacijų kolektorių apsauga.

5.2.3. Virpesių nustatymo empiriniai modeliai

Mokslininkai J. M. Head ir F. M. Jardine (1992) teigė, jog geriausias būdas nustatyti ar polių įrengimo metu nebus viršijamos rekomenduojamos vibracijų normos, yra atlikti bandomąjį polio spraudimą ir tiesiogiai išmatuoti susikuriančius virpesius [21]. Tačiau daugumoje atvejų bandomojo polio įrengimas nėra įmanomas, todėl yra reikalingi patikimi modeliai šioms vibracijoms apskaičiuoti.

Susidarančių vibracijų nuspėjimas naujame statybos objekte gali turėti svarbių ekonominių ir techninių pasekmių. Konservatyvios prielaidos dažnai priveda prie išaugusių

darbų kaštų ir kartu gali apriboti galimų statybos metodų pasirinkimą ar netgi prailginti darbų trukmę. Tinkamai neįvertinus poveikio aplinkai galimas nepatenkintų gyventojų atsiradimas, statinių pažeidimai ir atitinkamų institucijų uždraudimas vykdyti tolimesnius darbus objekte. Nepaisant fakto, jog šioje srityje padaryta nemaža mokslinė pažanga ir yra sukurta nemažai teorinių modelių, literatūroje yra bendras autorių sutarimas, kad iki šiol nėra sukurta patikimų grunto virpesių, dėl spraustinių polių įrengimo, nuspėjimo modelių (P. J. Whyley ir R. W. Sarsby (1992), K. Massarsch (2004), D. Davis (2010)) [21].

Šioje dalyje apžvelgsime esamus vibracijų, susikuriančių dėl spraustinių polių įrengimo, nuspėjimo modelius bei metodus. Taip pat akcentuosime kiekvieno modelio įvertinamus ir neįvertinamus veiksnius.

Nors ir nėra bendrai pripažintų virpesių nustatymo modelių, egzistuoja gana nemažai teorinių žinių ir matavimų. Dauguma virpesių skaičiavimo metodų yra pagrįsti grubiais empiriniais dėsniais, suformuluotais gerokai seniau (S. Hintze 1922) [21]. Mokslininkai, tokie kaip J. M. Head ir F. M. Jardine (1992) ar K. Massarsch (2004) savo darbuose pabrėžė, jog empirinės sąsajos turėtų būti taikomos panašiose sąlygose, kokiose ir buvo sukurtos. Konkrečiau kalbant, kai kurie empiriniai modeliai gali būti nepatikimi skaičiuojant virpesius arti įrenginėjamo polio, kiti modeliai gali duoti netikslius rezultatus, vietovėse su įsiterpiančiomis požeminėmis konstrukcijomis.

Attewell ir Farmer modelis

Mokslininkas J. F. Wiss (1967) atrado, jog vibracijų dydis kinta priklausomai nuo energijos, perduodamos į gruntą, kiekio, grunto savybių ir atstumo nuo virpesių šaltinio. Jis padarė išvadą, jog grunto dalelių greitis kinta pagal kvadratinės šaknies iš plaktuko energijos priklausomybę. Nuo tada nemažai modelių naudojosi šia teorija, siedami virpesių intensyvumą su vibracijų šaltinio energija.

1973 metais mokslininkai P. B. Attewell ir I. W. Farmer pristatė vieną iš pirmųjų empirinių modelių, kuris susiejo minėtuosius faktorius pagal tokią priklausomybę [20]:

$$v = k \cdot \left(\frac{\sqrt{W_0}}{r} \right)^x, mm/s \quad (5.2.3.1)$$

čia:

k – proporcingumo koeficientas, pagrinde priklausantis nuo geologinių sąlygų;

W_0 – impulso energija, imama vibroplakto sukuriama energija;

r – atstumas nuo vibracijų šaltinio iki nagrinėjamo taško;

x – empirinis koeficientas, imamas iš 4.2.3.1 lentelės.

Lentelė 5.2.3.1 Modelyje figūruojančių koeficientų siūlomos reikšmės [20]

Literatūra (metai)	Empiriniai koeficientai		Bangų dedamoji
	x	k	
Attewell ir Farmer (1973)	1	1,5	Paviršinės bangos
Whyley ir Sarsby (1992)	1	0,25 (minkšti ir purūs gruntai)	
		0,75 (kieti ir vid. tankumo gruntai)	
		1,5 (kieti ir tankūs gruntai)	
Attewell (1992)	0,87	0,76 (kieti ir vid. tankumo gruntai)	Paviršinės bangos
Hiller ir Crabb (1998)	–	3,0	
Head ir Jardine (1992)	1	1,5	
BSI (1992)	1	0,75	
CEN (1998)	1	0,5 (minkštas sankabus gruntas)	
		0,75 (kietas sankabus gruntas)	
		1,0 (labai kietas sankabus gruntas)	
ArcelorMittal (2008)	1	0,7 (visoms geologinėms sąlygoms)	

Autoriai P. B. Attewell ir I. W. Farmer (1973) padarė išvadas, jog nuostoliai dėl slopinimo medžiagose yra labai maži, palyginus su geometrinio slopinimu. Dėl to, buvo pasiūlyta slopinimo medžiagoje nevertinti skaičiuojant galimų virpesių susidarymą. Mokslininkams atlikus matavimus statybos aikštelėse, buvo rasta modelio išraiška gana gerai koreliuojanti pagal tokią išraišką:

$$v = \frac{\sqrt{W_0}}{r}, mm/s \quad (5.2.3.2)$$

čia:

k, x – koeficientų reikšmės priimtos lygios nuliui. Tačiau autoriai teigė, jog praktiniams skaičiavimams turėtų būti naudojama $k = 1,5$ koeficiento reikšmė skaičiuojant polių spraudimo keliamas vibracijas.

Tikrąją šaltinio energiją tiksliai apskaičiuoti sunku dėl energijos nuostolių polio kamieno ir grunto sąlyčio zonoje, tačiau autoriai siūlo skaičiavimams naudoti vibroplakto gamintojo pateikiamus įrenginio parametrus.

Attewell modelis

Mokslininkas P. B. Attewell 1992 metais atrado, jog su statybos aikštelės matavimų rezultatai geriau sutampa su kvadratinės regresijos kreive nei su anksčiau naudota tiesinės regresijos kreive [30]. Sukurtas modelis pasiūlė tokią lygtį grunto virpesių nustatymams spraustinių polių įrengimo metu:

$$\log v = x_1 + x_2 \cdot \log\left(\frac{\sqrt{W_0}}{r}\right) + x_3 \cdot \log\left(\frac{\sqrt{W_0}}{r}\right)^2, mm/s \quad (5.2.3.3)$$

čia:

v – virpesių greitis, mm/s ;

x_1, x_2, x_3 - proporcingumo koeficientai, imami iš 4.2.3.2 lentelės;

W_0 – šaltinio energija, J ;

r – horizontalus atstumas nuo vibracijų šaltinio iki nagrinėjamo taško.

x_1, x_2, x_3 proporcingumo koeficientai yra geologinių statybos aikštelės sąlygų funkcijos. Mokslininko P. B. Attewell (1992) pasiūlytos šių koeficientų reikšmės pateikiamos 5.2.3.2 lentelėje.

Lentelė 5.2.3.2 x_1, x_2 ir x_3 koeficientų reikšmės spraustinių polių įrengimo atvejui [30]

Kreivės atitikmuo	x_1	x_2	x_3
Geriausias atitikmuo	-0,464	1,64	-0,334
Pusė standartinio nuokrypio	-0,213	1,64	-0,334
Vienas standartinis nuokrypis	0,038	1,64	-0,334

Autorius pasiūlė esant normaliems statybos darbams naudoti pusės standartinio nuokrypio koeficientų reikšmes, o vieno standartinio nuokrypio reikšmes kai yra padidinta rizika aplinkiniams pastatams ar įrenginiams. Geriausio atitikmens reikšmėms yra 50% tikimybė viršyti nustatytas virpesių reikšmes, pusės standartinio nuokrypio reikšmėms – 31% tikimybė, o vieno standartinio nuokrypio reikšmėms – 16% tikimybė [30].

D. M. Hiller ir Crabb modelis

Jungtinės karalystės transporto tyrimų instituto mokslininkai D. M. Hiller ir Crabb (2000) vykdė specifinius grunto virpesių matavimus plačiam spektrui statybinių įrenginių ir procesų apimančių įvairias geologines sąlygas ir atstumus. Šio instituto surinkti duomenys yra plačiai naudojami nustatant grunto virpesius, tačiau yra tinkami tik sąlyginai nedideliems atstumams (iki 100 metrų).

Neseniai, viename Australijos statybos objekte vykdytų kasimo, polių įrengimo ir kitų statybos darbų keliamų grunto virpesių matavimų rezultatais buvo papildyta senoji instituto duomenų bazė [29]. Tyrimų tikslams spraustinių polių įrengimo, grunto tankinimo ir kitų darbų keliamų grunto virpesių nustatymas vykdomas pagal tokią empirinę išraišką:

$$v_{res} = \frac{k_v}{x^\delta}, mm/s \quad (5.2.3.4)$$

čia:

k_v – konstanta, $k_v = 160$;

x – horizontalus atstumas tarp vibracijos šaltinio ir nagrinėjamo taško;

δ – konstanta, $\delta = 1,3$.

Richart virpesių slopinimo modelis

Turint omenyje faktą, kad du trečdaliai visos šaltinio energijos tolyn nuo šaltinio yra perduodama paviršinėmis bangomis, o paviršinių bangų slopinimas yra gerokai lėtesnis nei kompresinių ar šlyties bangų, pirminis dėmesys turi būti kreipiamas būtent į šį bangų tipą, kai kalba eina apie gretimų statinių pamatus. Daugeliu statybos atvejų vibracijos šaltinis ir jo sklidimą fiksuojantys prietaisai veikia žemės paviršiuje arba arti jo, todėl paviršinės bangos tampa pagrindiniu rūpesčiu. Net jeigu vibracijos šaltinis yra žemiau žemės paviršiaus, kas yra polių įrengimo atveju, paviršinės bangos pradeda formotis vos keli metrai nuo šaltinio (C. Dowding 1996). Dėl to dažnai virpesių sklidimas grunte yra modeliuojamas paviršinių bangų išraiška ($\gamma = 0,5$). Kuomet vibracijos šaltinis yra žemiau grunto paviršiaus, paviršinės bangos pradeda formotis apytiksliai už penkis kartus didesnio atstumo nei šaltinio gylis [32].

Realiuose gruntuose energija yra prarandama dėl slopinimo medžiagoje (F. E. Richart 1970). Energijos slopinimas medžiagoje iš esmės yra siejamas su energijos praradimu dėl grunto dalelių poslinkių. Priimant, jog paviršinės bangos yra pirminės svarbos, energijos slopinimas terpėje gali būti užrašomas tokia forma:

$$v_b = v_a \cdot \left(\frac{r_a}{r_b}\right)^\gamma \cdot e^{\alpha \cdot (r_a - r_b)}, \text{ mm/s} \quad (5.2.3.5)$$

čia:

v_b – grunto virpesių lygis nagrinėjamame taške;

v_a – grunto virpesių lygis pradiniame taške;

r_b – atstumas nuo vibracijų šaltinio iki nagrinėjamo taško;

r_a – atstumas nuo vibracijų šaltinio iki pirminio taško;

γ – geometrinio slopinimo koeficientas (žiūrėti 5.2.3.3 lentelę);

α – medžiagos slopinimo koeficientas (žiūrėti 5.2.3.4 lentelę).

Lentelė 5.2.3.3 Geometrinio slopinimo koeficientų reikšmės [32]

Šaltinis	Bangų tipas	Matavimo vieta	Koeficientas γ
Taškas paviršiuje	Paviršinės	Paviršiuje	0,5
Taškas paviršiuje	Vidinės (P arba S)	Paviršiuje	2,0
Taškas gylyje	Vidinės (P arba S)	Paviršiuje	1,0
Taškas gylyje	Vidinės (P arba S)	Gylyje	1,0

Lentelė 5.2.3.4 Medžiagų slopinimo koeficientai (tinkami P ir S tipo bangoms) [32]

Mokslininkas	Grunto tipas	Koeficientas α, m^{-1}
Forssblad	Dulkingas žvyringas smėlis	0,13
R. Woods	Dulkingas smulkus smėlis	0,02

Barkan	Vandens prisotintas smulkus smėlis	0,01
	Vandens prisotintas smulkus smėlis užšalimo stadijoje	0,06
	Vandens prisotintas smėlis su organikos ir durpės priemaiša	0,04
	Molingas smėlis, smėlingas molis	0,04
	Vandens prisotintas molis su smėliu ir dulkiu	0,1
Dalmatov	Smėlis ir dulkis	0,026 – 0,36
Clough, Chameau	Smėlis	0,05 – 0,2
Peng	Minkštai plastingas molis	0,026 – 0,44
Hendriks	Smėlingas dulkis, molingas dulkis, dulkingas smėlis	0,021

Wiss supaprastintas modelis

F. E. Richart (1970) virpesių slopinimo modelis buvo supaprastintas mokslininko J. F. Wiss (1981), kuris rado geriausiai lauko matavimus atitinkantią virpesių ir atstumo nuo šaltinio iki nagrinėjamo taško, išraišką [33]:

$$V = k \cdot D^{-n}, mm/s \quad (5.2.3.6)$$

čia:

V – maksimalus grunto dalelių judėjimo greitis;

k – dalelių judėjimo greitis pirminiame taške;

D – atstumas nuo vibracijų šaltinio iki nagrinėjamo taško;

n – bangų sklidimo greitį aprašantis koeficientas.

Koeficientas n šiuo atveju nėra lygus medžiagos slopinimo koeficientui, bet apskaičiuojamas įvertinant bangų geometrinį slopinimą bei slopinimą medžiagoje. Mokslininkai R. Woods ir L. Jedele (1985) suteikė šiems koeficientams reikšmes pagal lauko bandymų rezultatus. Reikšmės pateikiamos 5.2.3.5 lentelėje.

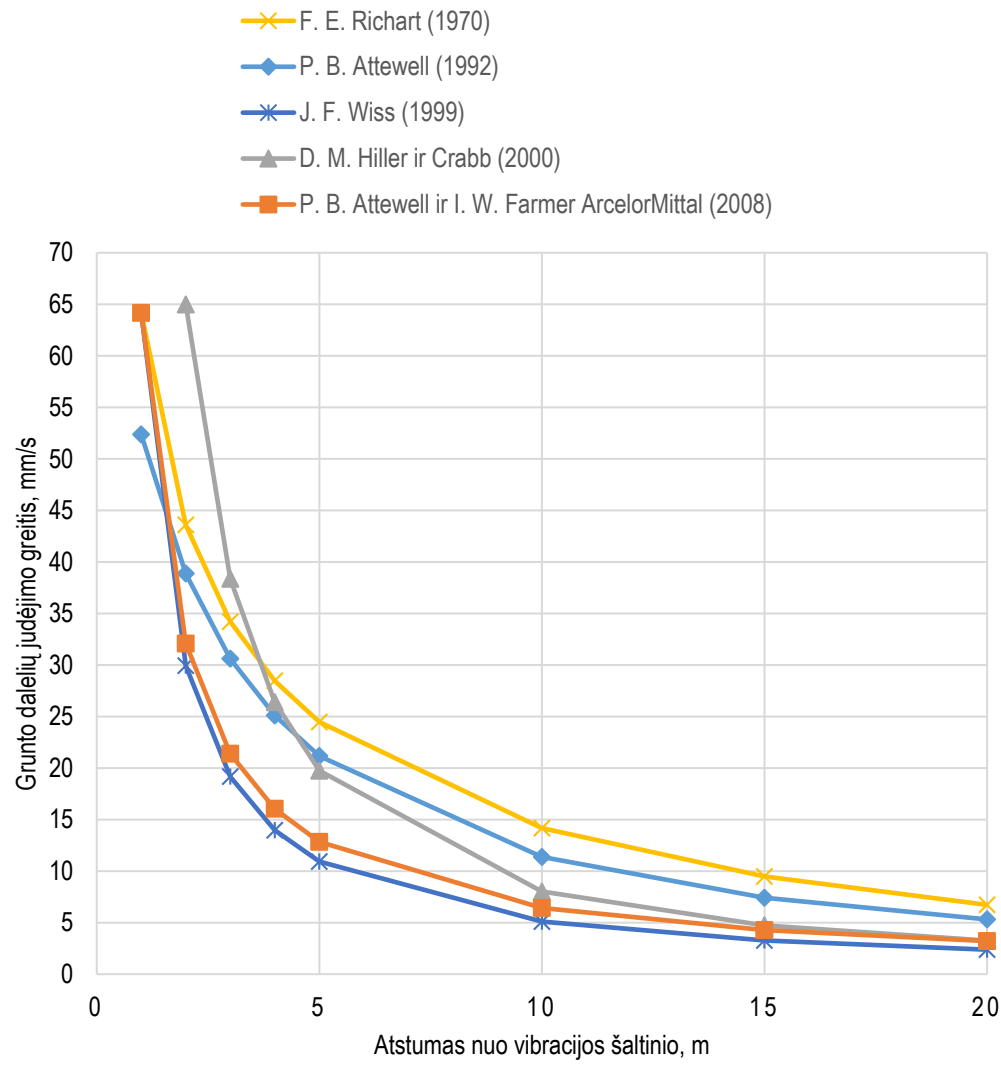
Lentelė 5.2.3.5 Koeficiento n reikšmės priklausomai nuo grunto tipo [33]

Grunto klasė	Grunto tipas	Koeficientas n
I	Silpni ar minkšti gruntai: purūs gruntai, vandeniui prisotintos durpės, organika, dirvožemis	Nenustatytas
II	Vidutiniai gruntai: dauguma smėlių, smėlingi moliai, dulkingi moliai, žvyrai, dulkių, suirusi uoliena	1,5
III	Kieti gruntai: tankūs smėliai, sausi konsoliduoti moliai, moreniniai moliai, kai kurios uolienos	1,1
IV	Kietos tvirtos uolienos, giluminiai uolienų dariniai	Nenustatytas

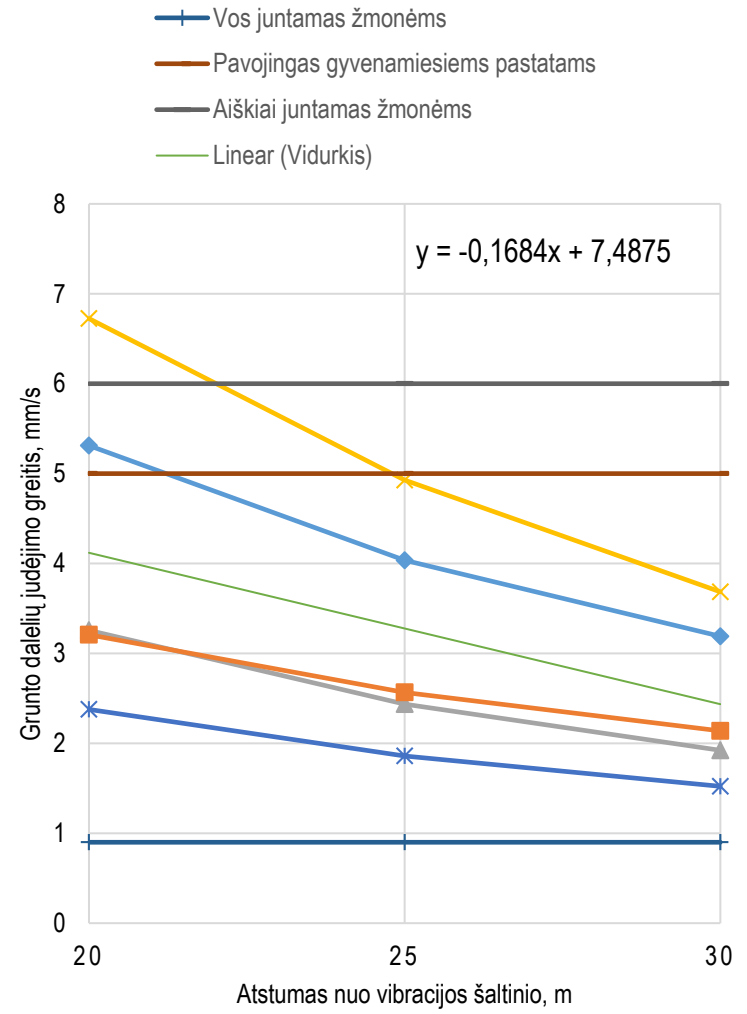
5.2.4. Virpesių skaičiavimas ir rezultatų palyginimas

Lentelė 5.2.4.1 Grunto virpesių skaičiavimo skirtingais empiriniais modeliais rezultatai

Atstumas nuo šaltinio, m	Vibroplakto galia, kW	Vibroplakto veikimo dažnis, Hz	Šaltinio energija, J/aps.	Didžiausias grunto dalelių judėjimo greitis (PPV), mm/s					PPV vidurkis, mm/s	Didžiausias nukrypimas nuo vidurkio, mm/s
				F. E. Richart (1970)	P. B. Attewell (1992)	J. F. Wiss (1999)	D. M. Hiller ir Crabb (2000)	P. B, Attewell ir I. W. Farmer (ArcelorMittal 2008)		
1,0	260	40	6500	64,46	52,36	64,16	160,0	64,16	61,21	-98,79
2,0				43,59	38,87	29,93	64,98	32,08	36,12	-28,86
3,0				34,20	30,61	19,16	38,36	21,39	26,34	-12,02
4,0				28,46	25,10	13,96	26,39	16,04	21,99	8,03
5,0				24,46	21,17	10,92	19,75	12,83	17,83	6,90
10,0				14,17	11,37	5,10	8,02	6,42	9,01	-5,16
15,0				9,48	7,41	3,26	4,73	4,28	5,83	-3,65
20,0				6,72	5,31	2,38	3,26	3,21	4,18	-2,55
25,0				4,93	4,04	1,86	2,44	2,57	3,17	-1,76
30,0				3,68	3,19	1,52	1,92	2,14	2,49	-1,19
35,0				2,79	2,60	1,28	1,57	1,83	2,02	-0,78
40,0				2,14	2,16	1,11	1,32	1,60	1,67	0,56
45,0				1,65	1,83	0,97	1,13	1,43	1,40	0,43
50,0				1,29	1,57	0,87	0,99	1,28	1,20	0,33

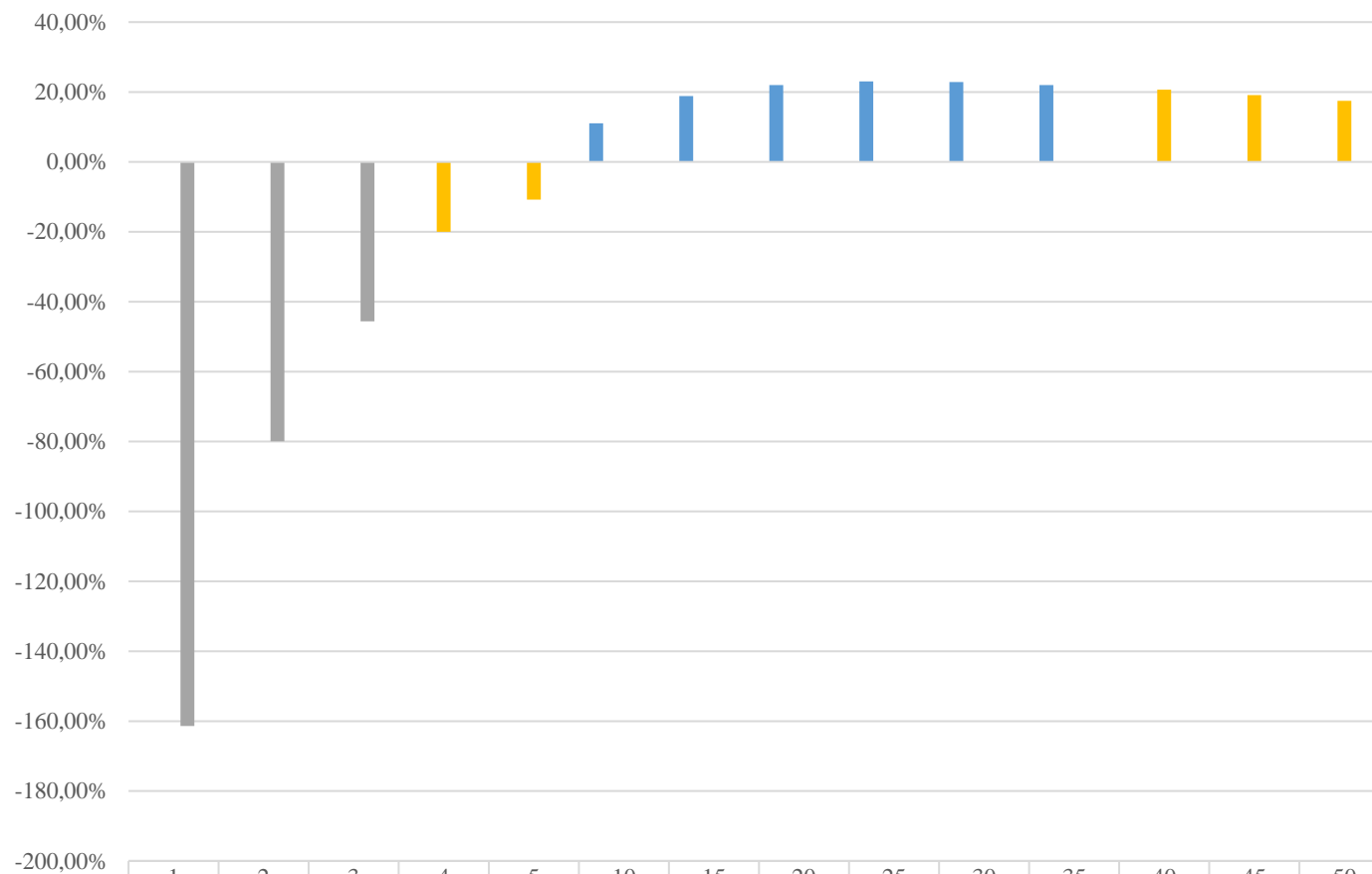


Paveikslėlis 5.2.4.1 Grunto dalelių judėjimo greičio ir atstumo iki vibracijų šaltinio priklausomybė



Paveikslėlis 5.2.4.2 Rezultatai 20-30m intervale ir ribinės vertės

Santykinis nuokrypis nuo aritmetinio vidurkio, %

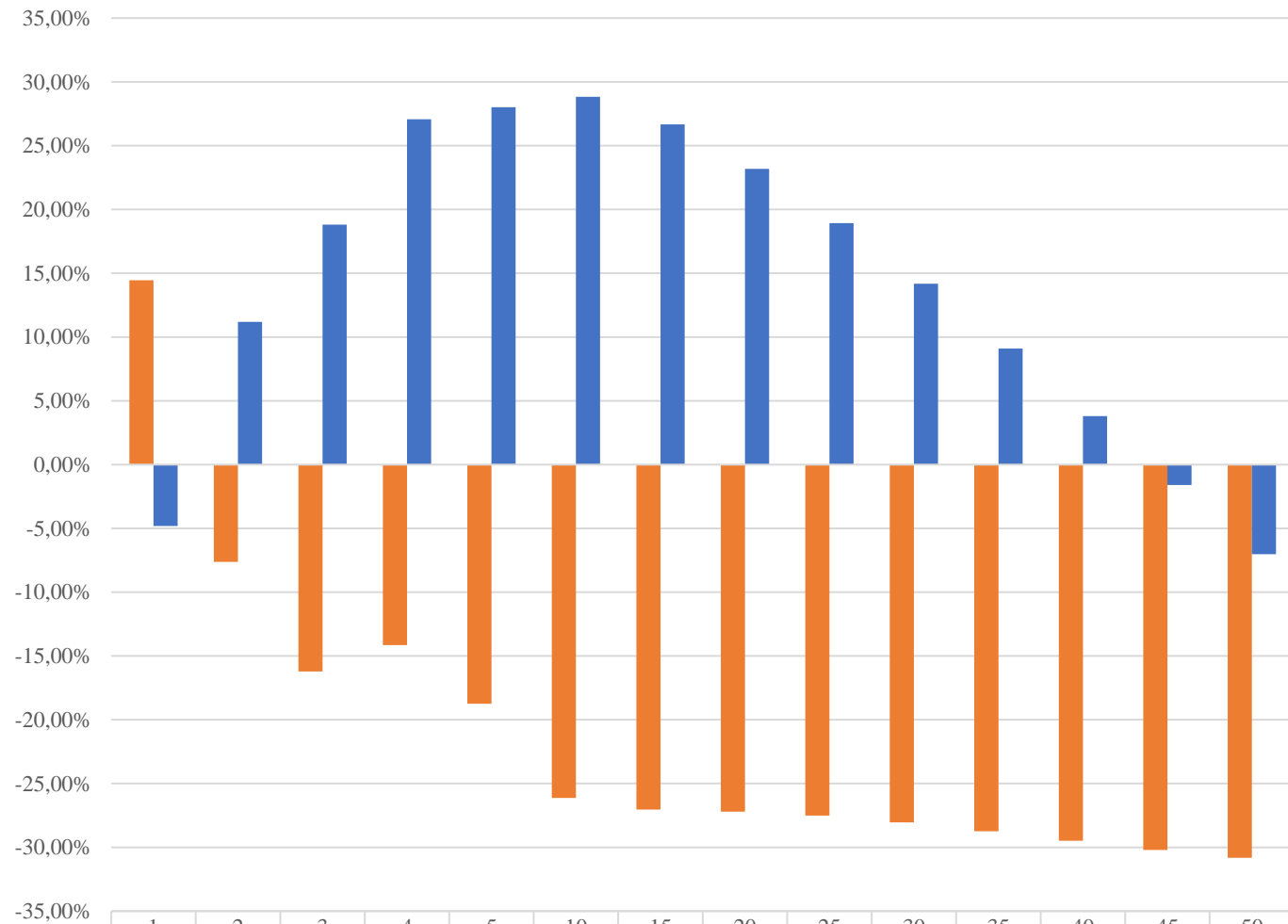


	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
■ Richart (1970)						11,04%	18,83%	22,01%	23,02%	22,84%	21,97%			
■ P. B. Attewell (1992)														
■ Wiss (1999)				-20,01%	-10,77%							20,67%	19,13%	17,46%
■ Hiller ir Crabb (2000)	-161,41%	-79,91%	-45,63%											
■ P. B. Attewell ir I. W. Farmer (ArcelorMittal 2008)														

Atstumas nuo vibracijų šaltinio, m

Paveikslėlis 5.2.4.3 Didžiausi empirinių modelių nuokrypiai nuo aritmetinio vidurkio

Santykinis nuokrypis nuo aritmetinio vidurkio, %



	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
■ P. B. Attewell (1992)	14,45%	-7,62%	-16,22%	-14,14%	-18,75%	-26,13%	-27,04%	-27,21%	-27,51%	-28,05%	-28,74%	-29,49%	-30,21%	-30,82%
■ P. B. Attewell ir I. W. Farmer (ArcelorMittal 2008)	-4,82%	11,18%	18,81%	27,06%	28,02%	28,83%	26,66%	23,18%	18,93%	14,17%	9,09%	3,80%	-1,60%	-7,02%

Atstumas nuo vibracijų šaltinio, m

Paveikslėlis 5.2.4.4 P. B. Attewell (1992) ir P. B. Attewell su I. W. Farmer (2008) modelių santykinis nuokrypis nuo vidurkio

Išvados

1. Apskaičiuotas vienos iš stogo atitvarų ST-2 šilumos perdavimo koeficientas $U = 0,122 (W/m^2 \cdot K)$. Gautas rezultatas neviršija B pastato energinio naudingumo klasės stogo atitvaros šilumos perdavimo koeficiento norminės vertės $U_N = 0,20 (W/m^2 \cdot K)$.
2. Suprojektuota sporto salės korpuso denginio laikančioji konstrukcija – metalinė dvišlaitė 33,0 m ilgio trapecinė santvara SN – 1 su kvadratinų vamzdžių trikampių tinkleliu.
3. Suprojektuota sporto salės korpuso surenkamo gelžbetonio perdanga, t.y. parinktos surenkamos kiaurymėtosios perdangos plokštės bei suprojektuoti dviejų RT – 1 ir RL – 1 tipų gelžbetoniniai rygeliai ir jų atrėmimo mazgai. Patikrintas rygelio RT – 1 pleišėjimas ir apskaičiuotas elemento įlinkis, kuris neviršija ribinių reikšmių.
4. Suprojektuota baseino korpuso denginio laikančioji konstrukcija – klijuotos medienos pusrėmis PSR – 1, jo atraminiai mazgai bei ryšinė sistema.
5. Suprojektuota sporto salės korpuso surenkamo karkaso gelžbetoninė kvadratinio skerspjuvio kolona K – 1, trumposios gembės ir visi reikalingi mazgai.
6. Suprojektuotas polinio tipo pamatas PM – 4 po kolona K – 1. Apskaičiuota grunto laikomoji galia, spraustinio polio armavimas, sąlyginio pamato sėdimas bei atlikti reikiami galvenos skaičiavimai.
7. Tiriamojoje dalyje išnagrinėta grunto virpesių, kylančių spraustinių polių įrengimo metu, tema. Apžvelgti grunto virpesių teoriniai pagrindai. Palyginti penki skirtingų šalių ir laikotarpių mokslininkų sukurti virpesių nustatymo empiriniai modeliai. Išvelgti atskirų empirinių modelių privalumai bei trūkumai ir gauti rezultatai palyginti su įvairių nacionalinių standartų rekomenduojamomis ribinėmis vertėmis. Gauta, jog patikimiausius rezultatus duoda mokslininkų P. B. Attewell (1992) bei P. B. Attewell ir I. W. Farmer (ArcelorMittal) (2008) sukurti empiriniai virpesių nustatymo modeliai.

Literatūros sąrašas

1. *Stybos techninis reglamentas* STR 2.06.04:2014 „Gatvės ir vietinės reikšmės keliai. Bendrieji reikalavimai“ [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-01-03]. Prieiga per internetą: <<https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/2a7732f0b7b411e693eea1ef35f20da9>>;
2. *Stybos techninis reglamentas* STR 01.01.08:2002 „Statinio stybos rūšys“ [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-10-12]. Prieiga internete: <<https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.B49EEDC9171B>>;
3. *Priešgaisrinės apsaugos ir gelbėjimo departamento prie Vidaus reikalų ministerijos direktoriaus 2010 m. gruodžio 7 d. įsakymas* Nr. 1-338 „Gaisrinės saugos pagrindiniai reikalavimai“ [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-01-03]. Prieiga internete: <<https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.61BD22D4FB5B>>;
4. *Stybos techninis reglamentas* STR 1.01.09:2003 „Statinių klasifikavimas pagal jų naudojimo paskirtį“ [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-01-03]. Prieiga internete: <<https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.358675FB0A82>>;
5. *Stybos techninis reglamentas* STR 1.01.03:2017 „Statinių klasifikavimas“ [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-01-03]. Prieiga internete: <<https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/c14e6210afe511e6b844f0f29024f5ac>>;
6. *Stybos techninis reglamentas* STR 2.03.01:2001 „Statiniai ir teritorijos. Reikalavimai žmonių su negalia reikmėms“ [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-01-03] Prieiga internete: <<https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.3C24C4CAE7B1>>;
7. *Lietuvos standartas* LST EN 12699:2015 „Specialiųjų geotechnikos darbų atlikimas. Spraustiniai poliai“ CEN Europos standartizacijos komitetas, 2015. 46p. Originalo žymuo EN 12699:2015;
8. *Lietuvos standartas* LST EN ISO 17660-1:2006 „Suvirinimas. Armatūrinio plieno suvirinimas. 1 dalis. Apkraunamosios suvirintosios jungtys“ CEN Europos standartizacijos komitetas, 2008, 37p. Originalo žymuo EN ISO 17660-1:2006;
9. *Surenkamos kiaurymėtiosios perdangos plokštės HCS200* [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-11-12]. Prieiga internete: <<http://betonika.lt/lt/gaminiai-ir-paslaugos/gaminiai/perdangos-plokstes>>;
10. *Stybos techninis reglamentas* STR 2.05.04:2003 „Poveikiai ir apkrovos“ [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-01-03]. Prieiga internete: <<https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.C532E018C27B>>;

11. *Statybos techninis reglamentas* STR 2.05.08:2005 „Plieninių konstrukcijų projektavimas. Pagrindinės nuostatos“ [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-01-03]. Prieiga internete: <<https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.3B040391D530>>;
12. *Statybos techninis reglamentas* STR 2.05.05:2005 „Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“ [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-11-17]. Prieiga internete: <<https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.C8C4EF7FF7AE>>;
13. *Statybos techninis reglamentas* STR 2.05.07:2005 „Medinių konstrukcijų projektavimas“ [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-01-03]. Prieiga internete: <<https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.512A0B6F80FA>>;
14. *Lietuvos standartas* LST EN 206:2014/P:2015 „Betonas. Specifikacija, eksploatacinės savybės, gamyba ir atitiktis“ LST Lietuvos standartizacijos departamentas, 2015, 64p.;
15. *Lietuvos standartas* LST EN ISO 15630-1:2011 „Armatūrinis plienas betonui sutvirtinti ir įtempti. Bandymo metodai. 1 dalis. Sutvirtinantieji strypai, vielos ruošiniai ir viela“ CEN Europos standartizacijos komitetas, 2011, 11p. Originalo žymuo EN ISO 15630-1:2010;
16. *Statybos techninis reglamentas* STR 2.05.21:2016 „Geotechninis projektavimas. Bendrieji reikalavimai“ [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-01-03]. Prieiga internete: <<https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/f701a690440311e6bd3bfefc575ccac4>>;
17. SLIŽYTĖ, Danutė, Jurgis MEDZVIECKAS, Rimantas MACKEVIČIUS. *Pamatai ir pagrindai: vadovėlis*. Vilniaus Gedimino technikos universitetas. Vilnius: Technika, 2012, 98-142. ISBN 978-609-457-176-3;
18. ZAVADSKAS, E. K., A. KARABLIKOVAS, P. MALINAUSKAS, P. MIKŠTA, H. NAKAS, R. SAKALAIUSKAS. *Statybos procesų technologija: vadovėlis aukštųjų mokyklų studentams studijuojantiems technologijos kursą*. Vilnius: Technika, 2008, 125-161p. ISBN 978-9955-28-231-0;
19. DAUNORAVIČIUS Marijonas, Rūta MINIOTAITĖ. *Statybos technologinių procesų projektavimas: mokomoji knyga*. Kaunas: Technologija, 2010, 43-57p. ISBN 978-9955-20-705-4;
20. ArcelorMittal. *Piling Handbook, 8th edition*. [interaktyvus] 2008, 340-355p. [žiūrėta 2017-01-03]. Prieiga internete: <http://spundwand.arcelormittal.com/uploads/files/ArcelorMittal%20Piling%20Handbook_rev08.pdf>;
21. SERDAROGLU, Mehmet Serdar. *Nonlinear analysis of pile driving and ground vibrations in saturated cohesive soils using the finite element method*. [interaktyvus],

- Iowa, JAV, 2010, 1-23p. [žiūrėta 2016-2017-01-03] Prieiga internete: <<http://ir.uiowa.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2067&context=etd>>;
22. DECKNER, Fanny. *Ground vibrations due to pile and sheet pile driving – influencing factors, predictions and measurements*. Stokholmas, 2013 25, 82-89p. ISBN 978-91-7501-660-3;
 23. BURGEMEISTER, Kym, Kai FISHER, Kathy FRANKLIN. *Measurements and Prediction of Construction Vibration Affecting Sensitive Laboratories*. [interaktyvus], 2011, 2-3p. [žiūrėta 2017-01-03]. Prieiga internete: https://www.acoustics.asn.au/conference_proceedings/AAS2011/papers/p33.pdf;
 24. LIDÉN, Märta. *Ground Vibrations due to Vibratory Sheet Pile Driving – a Case Study*. Stokholmas, 2012, 12-20, 49-51p. ISSN 1652-599X;
 25. ROCKHILL, D. J., M. D. BOLTON, D. J. WHITE. *Ground-borne vibrations due to press-in piling operations*. [interaktyvus], 2003, 1-13p. [žiūrėta 2017-01-03]. Prieiga internete: <http://www.civ.eng.cam.ac.uk/geotech_new/people/bolton/mdb_pub/132_BGA_2003_743_756.pdf>;
 26. MASSARSCH, K. Rainer, Bengt H. FELLENIUS. *Ground Vibrations Induced by Impact Pile Driving*. [interaktyvus], 2008, 2-11p. [žiūrėta 2017-01-03]. Prieiga internete: <<http://scholarsmine.mst.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2997&context=icchge>>;
 27. STEWARD, Eric, John CLEARY, Andrew GILLIS. *Final Report on Vibrations Due to Pile Driving at the Mobile River Bridge Site*. [interaktyvus], JAV, Alabama, 2014, 3-8p. [žiūrėta 2017-01-03] Prieiga internete: <<http://www.mobileriverbridge.com/wp-content/uploads/2015/11/MRB-Final-Vibration-Study-01142016.pdf>>;
 28. *Lietuvos standartas LST EN 1993-5:2007+AC:2009 „Eurokodas 3. Plieninių konstrukcijų projektavimas. 5 dalis. Poliai“* CEN Europos standartizacijos komitetas, 2009, 94p., Originalo žymuo EN 1993-5:2007;
 29. *British Standard. BS 5228-1:2009+A1:2014 „Code of practice for noise and vibration control on construction and open sites. Noise“* 2008, 166p.;
 30. ROMPAEY, D. Van, C. LEGRAND, A. HOLEYMAN. *A prediction method for the installation of vibratory piles*. Briuselis, Belgija, 1995, 2-9p. ISSN 1743-3509;
 31. HAJDUK, E. L., J. C. ADAMS, T. E. HILL, L. R. CHERNAUSKAS. *Vibration, Energy, and Pile Embedment Relationships during Driven Pile Installation*. [interaktyvus], Čarlstonas, JAV, 2006, 1-6p. [žiūrėta 2017-01-03]. Prieiga internete: <<http://www.gtrinc.net/download%5CVibration,%20Energy%20and%20Pile%20Embedment%20Relationships%20During%20Driven%20Pile%20Installation.pdf>>;

32. California Department of Transportation. *Transportation and Construction Vibration Guidance Manual*. [interaktyvus], Kalifornija, JAV, 2013, 31-55p. [žiūrėta 2017-01-03] Prieiga internete: <http://www.dot.ca.gov/hq/env/noise/pub/TCVGM_Sep13_FINAL.pdf>;
33. KIM, Dong-Soo, Jin-Sun LEE. *Propagation and attenuation characteristics of various ground vibrations*. [interaktyvus], Taejonas, Pietų Korėja, 1999, 122-125p. [žiūrėta 2017-01-03] Prieiga internete: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026772610000026>>;
34. Statybos techninis reglamentas STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-01-03] Prieiga internete: <<https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/2c182f10b6bf11e6aae49c0b9525cbbb>>.

Priedai

1 Priedas

Kauno technologijos universiteto

Statybos ir architektūros fakulteto

Statybinių konstrukcijų katedros vedėjui

DĖL LEIDIMO NAUDOTIS STATINIO PROJEKTU

2017 m. sausio 6 d.

Leidžiame naudotis statinio „Sporto ir sveikatingumo pastatas“, esančio Savanorių g. 23A, Kretingos m., techninio projekto dokumentacija mokymo tikslais KTU Statybos ir architektūros fakulteto Statybinių konstrukcijų katedros studentui Algimantui Bagdonui magistro baigiamajame projekte.

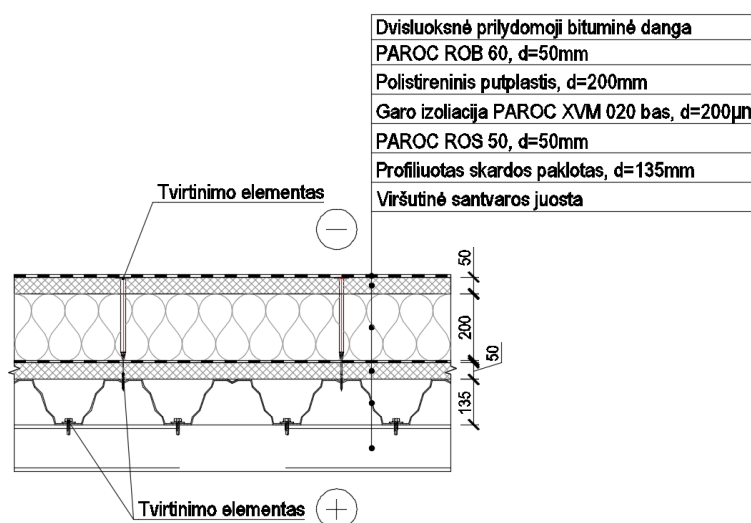
UAB „Projektana“

Projektavimo direktorius

Lauras Ruzgys

Denginio atitvaros šilumos perdavimo koeficiento nustatymas

Pastato šilumos nuostoliai skaičiuojami pagal normines statybinių atitvarų šilumos perdavimo koeficiento U vertes STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ [34] sporto paskirties pastatams: - išorinių sienų – $0,25 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$; - langų – $1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$; - išorinių durų – $1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$; - grindų – $0,30 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$; - stogo – $0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Energetinio naudingumo klasė – B.



Paveikslėlis 2.1 Denginio atitvaros konstrukcijos schema

Pastato energinio naudingumo, atitvarų, šiluminių tiltelių ir kt. šilumos perdavimo koeficientų skaičiavimo metodika pateikta STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ [32] 2 priede „Pastato energinio naudingumo įvertinimo metodika“.

Atitvaros šilumos perdavimo koeficientas U ($\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$), apskaičiuojamas pagal formulę:

$$U = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_{si} + R_s + R_{se}} \quad (2.1)$$

čia:

R_t – atitvaros visuminė šiluminė varža ($\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$), apskaičiuojama pagal formulę:

$$R_t = R_{si} + R_s + R_{se} \quad (2.2)$$

čia:

R_{si} – atitvaros vidinio paviršiaus šiluminė varža, mūsų atveju $R_{si} = 0,1 (\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W})$;

R_{se} – atitvaros išorinio paviršiaus šiluminė varža, mūsų atveju $R_{se} = 0,04 (\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W})$.

R_s – atitvaros sluoksnių suminė šiluminė varža, ($\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$);

$$R_s = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (2.3)$$

čia:

R_n – n-tojo atitvaros sluoksnio šiluminė varža ($m^2 \cdot K/W$), apskaičiuojama pagal formulę:

$$R = \frac{d}{\lambda_{ds}} \quad (2.4)$$

čia:

d – sluoksnio storis (m);

λ_{ds} – sluoksnio projektinis šilumos laidumo koeficientas ($W/m^2 \cdot K$), apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\lambda_{ds} = \lambda_d + \Delta\lambda_w + \Delta\lambda_{cv} \quad (2.5)$$

čia:

λ_d – gamintojo deklaruojamas gaminio šilumos laidumo koeficientas ($W/m^2 \cdot K$);

$\Delta\lambda_w$ – pataisa dėl papildomo medžiagos įdrėkimo konstrukcijose, ($W/m^2 \cdot K$);

$\Delta\lambda_{cv}$ – pataisa dėl šiluminės konvekcijos poveikio ($W/m^2 \cdot K$), apskaičiuojama pagal formulę:

$$\lambda_{cv} = \lambda_d \cdot K_{cv} \quad (2.6)$$

čia:

K_{cv} – šilumos konvekcijos poveikio koeficientas.

Skaičiuojame atskirų denginio atitvaros sluoksnių šiluminę varžą:

1. Dvisluoksnė prilydomoji bituminė danga „Mida-Technolast“:

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_{d.1} + \Delta\lambda_{w.1} + (\lambda_{d.1} \cdot K_{cv.1})} = \frac{0,009}{0,23 + 0 + (0,23 \cdot 0)} = 0,039 \text{ (} m^2 \cdot K/W \text{)} \quad (2.7)$$

2. Apkrovas laikanti mineralinė vata Paroc ROB 60:

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_{d.2} + \Delta\lambda_{w.2} + (\lambda_{d.2} \cdot K_{cv.2})} = \frac{0,05}{0,038 + 0,002 + (0,038 \cdot 0)} = 1,25 \text{ (} m^2 \cdot K/W \text{)} \quad (2.8)$$

3. PE garo izoliacija Paroc XVM 020 bas:

$$R_3 = \frac{d_3}{\lambda_{d.3} + \Delta\lambda_{w.3} + (\lambda_{d.3} \cdot K_{cv.3})} = \frac{0,0002}{0,33 + 0 + (0,33 \cdot 0)} = 6,06 \cdot 10^{-4} \text{ (} m^2 \cdot K/W \text{)} \quad (2.9)$$

4. Polistireninis putplastis EPS 100:

$$R_4 = \frac{d_4}{\lambda_{d.4} + \Delta\lambda_{w.4} + (\lambda_{d.4} \cdot K_{cv.4})} = \frac{0,2}{0,034 + 0,002 + (0,034 \cdot 0)} = 5,56 \text{ (} m^2 \cdot K/W \text{)} \quad (2.10)$$

5. Kieta mineralinė vata Paros ROS 50:

$$R_5 = \frac{d_5}{\lambda_{d.5} + \Delta\lambda_{w.5} + (\lambda_{d.5} \cdot K_{cv.5})} = \frac{0,05}{0,038 + 0,002 + (0,038 \cdot 0)} = 1,25 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)} \quad (2.11)$$

6. Profiliuotas skardos paklotas Ruukki TP-135/930:

$$R_6 = \frac{d_6}{\lambda_{d.6} + \Delta\lambda_{w.6} + (\lambda_{d.6} \cdot K_{cv.6})} = \frac{0,0007}{50 + 0 + (50 \cdot 0)} = 1,4 \cdot 10^{-5} \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)} \quad (2.12)$$

Apskaičiuojame visuminę denginio atitvaros šiluminę varžą:

$$R_t = R_{si} + R_s + R_{se} = 0,1 + 8,09 + 0,04 = 8,23 \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)} \quad (2.13)$$

Apskaičiuojame atitvaros šilumos perdavimo koeficientą:

$$U = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{8,23} = 0,122 < U_N = 0,20 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)} \quad (2.14)$$

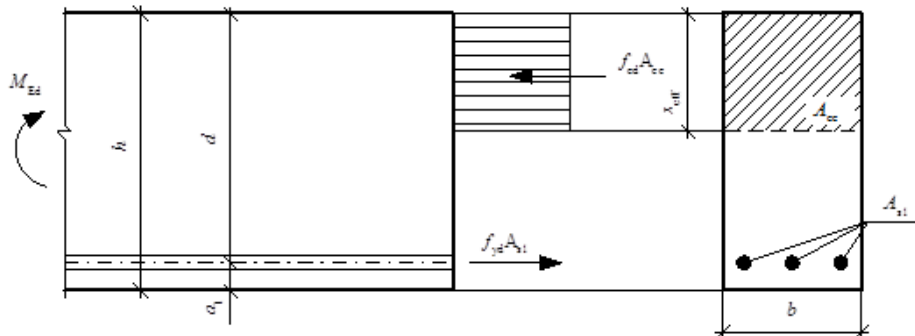
Denginio atitvaros projektinis šilumos perdavimo koeficientas neviršija leistinos ribinės vertės.

3 Priedas

RL tipo gelžbetoninio rygelio projektavimas

Projektuojama pirmo aukšto perdangos laikančioji konstrukcija – RL skerspjūvio gelžbetoninis rygelis. Projektuojamas elementas ašyse C6/D6. Rygelio ir kolonos jungties altitudė +4.090. Rygelis projektuojamas iš C30/37 XC1 klasės betono ir S500 klasės išilginės bei skersinės armatūros.

Skaičiavimai paremti STR 2.05.05:2005 „Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“ [12] bei šio reglamento priedu „Praktinio taikymo vadovas“. Remiantis šiais šaltiniais gelžbetoninis rygelis projektuojamas kaip vienpusiai armuotas lenkiamas elementas. Projektuojant parenkamas reikiamas apatinis armavimas, skaičiuojama skersinė armatūra bei patikrinamas įstrižojo pjūvio stiprumas.



Paveikslėlis 3.1 Stačiakampio skerspjūvio lenkiamojo elemento statmenjo pjūvio stiprio skaičiuotinė [12] schema

Pradiniai duomenys skaičiavimams

Naudojantis baigtinių elementų skaičiavimo programa Autodesk „Robot Structural Analysis Professional“ gaunamos ekstreminės lenkimo momento ir skersinių jėgų įrašos nuo pavojingiausio derinio (102: 1,35·DL+1,3·LL).

Lentelė 3.2 Ekstreminės projektuojamo rygelio RL-1 įrašos

102 derinys (1,35·DL+1,3·LL)	
Lenkimo momentas, kNm	$M_{Ed} = 210,74 \text{ kNm}$
Skersinė jėga, kN	$V_{Ed} = 141,67 \text{ kN}$

Reikiamo išilginio armavimo skaičiavimas

Pagal priimtus kolonos gembės gabaritus $g_1 = g_2 = g = 200 \text{ mm}$ randame skaičiuotinį projektuojamos sijos ilgį l_{eff} :

$$l_{eff} = l_0 - b - 2 \cdot \frac{g}{2} = l_0 - b - g = 5,95 - 0,4 - 0,2 = 5,35 \text{ m} \quad (3.1)$$

Remiantis reglamento 30 lentele „mažiausias leistinas apsauginio betono sluoksnio storis (mm)“ konstrukcijai, projektuojamai XC1 agresyvumo klasėje mažiausias reikalaujamas apsauginis betono sluoksnis $a_1 = a_2 = 25 \text{ mm}$. Skaičiavimuose priimame $a_1 = a_2 = 30 \text{ mm}$.

Nustatome lenkiamo elemento skerspjūvio darbo aukštį:

$$d = h - a_1 - \frac{\emptyset}{2} = 500 - 30 - \frac{25}{2} = 457,5 \text{ mm} \quad (3.2)$$

Skaičiuojama betono gniuždomosios zonos charakteristika:

$$\omega = 0,85 - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 18 = 0,706 \quad (3.3)$$

Ribinis santykinis gniuždomosios zonos aukštis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\delta_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,706}{1 + \frac{450}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,706}{1,1}\right)} = 0,534 \quad (3.4)$$

čia:

$\sigma_{s,lim}$ – armatūros įtempiai, atsižvelgiant į armatūros takumo ribą;

$\sigma_{sc,lim}$ – gniuždomosios zonos armatūros ribiniai įtempiai. Konstrukcijoms iš sunkiojo betono, įtempiai lygūs 500 Mpa.

Toliau ieškome reikiamo armatūros skerspjūvio ploto. Skaičiavimams įsivedame keitinį:

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot d^2 \cdot b} = \frac{210,74 \cdot 10^{-3}}{18 \cdot 0,4575^2 \cdot 0,4} = 0,1398 \quad (3.5)$$

Tuomet santykinis gniuždomosios zonos aukštis bus lygus:

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_{Eds}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,1398} = 0,151 < \xi_{lim} = 0,534 \quad (3.6)$$

Randame elemento skerspjūvio gniuždomos zonos aukštį:

$$x_{eff} = \xi \cdot d = 0,151 \cdot 0,4575 = 0,0691 \text{ m} = 6,91 \text{ cm} \quad (3.7)$$

Apskaičiuojame reikiamą armatūros skerspjūvio plotą:

$$A_{s, reik} = \frac{f_{cd} \cdot b \cdot x_{eff}}{f_{yd}} = \frac{18 \cdot 0,4 \cdot 0,0691}{450} = 11,07 \text{ cm}^2 \quad (3.8)$$

Gautą armatūros kiekį padidiname 5%:

$$A_{s, reik} = A_{s1} \cdot 1,05 = 11,07 \cdot 1,05 = 11,61 \text{ cm}^2 \quad (3.9)$$

Elementui suarmuoti parenkame 2 vnt. Ø 25mm + 1 vnt. Ø 20mm armatūros strypus.

Tuomet $A_{s1} = 12,96 \text{ cm}^2 > A_{s, reik} = 11,61 \text{ cm}^2$. Elemento viršutiniam armavimui pagal konstrukcinius reikalavimus parenkame 2 vnt. Ø 18mm armatūros strypus. Tuomet $A_{s2} = 6,28 \text{ cm}^2$.

Elemento normalinio pjūvio stiprumo tikrinimas

Vienpusiai armuoto lenkiamojo gelžbetoninio elemento stiprumas turi tenkinti sąlygą:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = f_{cd} \cdot b \cdot x_{eff} \cdot (d - 0,5 \cdot x_{eff}) \quad (3.10)$$

Elemento skerspjūvio gniuždomos zonos aukštis bus:

$$x_{eff} = \frac{f_{yd} \cdot A_{s1}}{f_{cd} \cdot b} = \frac{450 \cdot 12,96 \cdot 10^{-4}}{18 \cdot 0,4} = 0,081 \text{ m} = 8,1 \text{ cm} \quad (3.11)$$

Skaičiuojame santykinį gniuždomos zonos aukštį:

$$\xi = \frac{x_{eff}}{d} = \frac{0,081}{0,4575} = 0,177 < \xi_{lim} = 0,534 \quad (3.12)$$

Skaičiuojame elemento stiprumą:

$$M_{Rd} = 18 \cdot 0,4 \cdot 0,081 \cdot (0,4575 - 0,5 \cdot 0,081) = 243,19 \text{ kNm} > M_{Ed} = 210,74 \text{ kNm} \quad (3.13)$$

Lenkiamo elemento stiprumo sąlyga tenkinama (išnaudojimas 87%).

Elemento įstrižojo pjūvio be skersinio armavimo stiprumo tikrinimas

Pirmiausia patikrinsime ar elementas atlaikys skersines įrašas be skersinio armavimo. Tai atliksime pagal STR 2.05.05:2005 [12] VI skirsnyje pateiktą metodiką.

Gelžbetoninių elementų be skersinės armatūros skaičiuotinis atsparumas skersinėms jėgoms apskaičiuojamas pagal formulę:

$$V_{Rd, ct} = \frac{\varphi_{c4} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d^2}{c} \geq V_{Ed} \quad (3.14)$$

čia:

φ_{c4} – koeficientas, priklausantis nuo betono tipo (STR 2.05.05:2005 15 lentelė);

c – pavojingiausio įstrižojo pjūvio projekcijos į elemento išilginę ašį ilgis, mūsų atveju priimame $c = c_{max}/2 = 2,5 \cdot d/2 = 2,5 \cdot 0,4575/2 = 0,5719 \text{ m}$;

φ_n – koeficientas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\varphi_n = 0,1 \cdot \frac{N_{Ed}}{f_{ctd} \cdot b \cdot d} = 0,1 \cdot \frac{0 \cdot 10^{-3}}{1,2 \cdot 0,4 \cdot 0,4575} = 0 \leq 0,5 \quad (3.15)$$

čia:

f_{ctd} – skaičiuotinis betono tempiamasis stipris apskaičiuojamas pagal formulę:

$$f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{ct} \cdot \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = 0,9 \cdot 1,0 \cdot \frac{2,0}{1,5} = 1,2 \text{ MPa} \quad (3.16)$$

Skaičiuojame elemento atsparumą skersinėms jėgoms:

$$V_{Rd,ct} = \frac{\varphi_{c4} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d^2}{c} = \frac{1,5 \cdot (1 + 0) \cdot 1,2 \cdot 0,4 \cdot 0,4575^2}{0,5719} = 263,51 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 141,67 \text{ kN} \quad (3.17)$$

Apibrėžiamos tokios kitimo ribos:

$$2,5 \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d \geq V_{Rd,ct} \geq \varphi_{c3} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d \rightarrow 2,5 \cdot 1,2 \cdot 0,4 \cdot 0,4575 = 549,0 \text{ kN} \geq V_{Rd,ct} \geq 0,6 \cdot (1 + 0) \cdot 1,2 \cdot 0,4 \cdot 0,4575 = 131,76 \text{ kN} \quad (3.18)$$

Gauta reikšmė atitinka sąlygas, elemento įstrižojo pjūvio betono laikomoji galia pakankama, tačiau, remiantis STR 2.05.05:2005 „Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“ [12] VI skirsnio 253 ir 254 punktais, kurie nurodo:

- Sijose, kurių skerspjūvio aukštis didesnis nei 150 mm, taip pat kiaurymėtose plokštėse (arba analogiškose tankiabriaunėse konstrukcijose), kurių skerspjūvio aukštis didesnis nei 300 mm, turi būti dedama skersinė armatūra.
- Sijų ir plokščių skersinė armatūra, išdėstoma atraminiuose ruožuose, kurių ilgis lygus 1/4 konstrukcijos tarpatramio, kai apkrova tolygiai paskirstytoji, ir lygus atstumui nuo atramos iki artimiausios sutelktosios apkrovos, bet ne mažesniau kaip 1/4 tarpatramio, žingsniu:
 - kai $h > 450 \text{ mm}$ – ne daugiau kaip $h/3$ ir ne daugiau kaip 300 mm;
 - kitoje konstrukcijos tarpatramio dalyje, kai skerspjūvio aukštis $h > 300 \text{ mm}$, skersinės armatūros žingsnis $\leq 3/4h$ ir $\leq 500 \text{ mm}$.

Elementui suarmuoti parenkame $\emptyset 8\text{mm}$ sankabas 200mm žingsniu elemento atraminiame ruože, kuris yra $l_{atr} = l_0/4 = 5,95/4 = 1,48 \text{ m} \approx 1,6 \text{ m}$, o elemento tarpatramyje $\emptyset 8\text{mm}$ sankabas 260mm žingsniu. Tuomet $A_{s1} = 2,515(1,935) \text{ cm}^2/\text{m} > A_{s,reak} = 0,472 \text{ cm}^2/\text{m}$.

Reikiamo lentynos armavimo skaičiavimas

Rygelio lentyna skaičiuojama kaip vienpusiai armuotas lenkiamas gelžbetoninis elementas. Išilginį armavimą lentynoje atstoja apatinės sankabos. Skaičiuojamas reikalingas šių sankabų skaičius vienam tiesiniam lentynos metrui.

Pagal 3.5.1.1 lentelės duomenis, projektuojamo rygelio nuolatinę apkrovą sudaro G-1 tipo grindų konstrukcija, savasis svoris ir C4 kategorijos naudojimo apkrova.

Lentelė 5.2.4.1 Rygelio lentynai tenkančių apkrovų skaičiuotinės reikšmės

	grindų tipas G-1	grindų tipas G-2
Nuolatinė apkrova, kN/m ²	3,401	2,874
Naudojimo apkrova, kN/m ²	5,0	5,0
Suminė apkrova, kN/m ²	8,401	7,874
Maksimalus angos ilgis, m	2,75	5,5

Apskaičiuotus perdangos konstrukcijos išskirstytus krūvius (kN/m²) perskaičiuojame į tiesinį lentynos metrą:

$$q_d = \sum g_d \cdot l_1 = (3,401 \cdot 1,35 + 5,0 \cdot 1,3) \cdot 2,75 = 30,50 \text{ kN/m} \quad (3.19)$$

Tuomet lenkimo momentas lentynoje (vienam tiesiniam metrui):

$$M_{Ed} = q_d \cdot (b_f - a_{eff}) = 30,50 \cdot (0,2 - 0,05) = 4,575 \text{ kNm} \quad (3.20)$$

Nustatome lenkiamo elemento skerspjūvio darbo aukštį:

$$d = h - a_1 - \frac{\emptyset}{2} = 250 - 30 - \frac{8}{2} = 216 \text{ mm} \quad (3.21)$$

Skaičiuojama betono gniuždomosios zonos charakteristika:

$$\omega = 0,85 - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 18 = 0,706 \quad (3.22)$$

Ribinis santykinis gniuždomosios zonos aukštis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\delta_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,706}{1 + \frac{450}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,706}{1,1}\right)} = 0,534 \quad (3.23)$$

čia:

$\sigma_{s,lim}$ – armatūros įtempiai, atsižvelgiant į armatūros takumo ribą;

$\sigma_{sc,lim}$ – gniuždomosios zonos armatūros ribiniai įtempiai. Konstrukcijoms iš sunkiojo betono, įtempiai lygūs 500 Mpa.

Toliau ieškome reikiamo armatūros skerspjūvio ploto. Skaičiavimams įsivedame keitinį:

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot d^2 \cdot b} = \frac{4,575 \cdot 10^{-3}}{18 \cdot 0,216^2 \cdot 1} = 0,00545 \quad (3.24)$$

Tuomet santykinis gniuždomosios zonos aukštis bus lygus:

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_{Eds}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,00545} = 0,00546 < \xi_{lim} = 0,534 \quad (3.25)$$

Randame elemento skerspjūvio gniuždomos zonos aukštį:

$$x_{eff} = \xi \cdot d = 0,00546 \cdot 0,216 = 0,00118 \text{ m} = 0,118 \text{ cm} \quad (3.26)$$

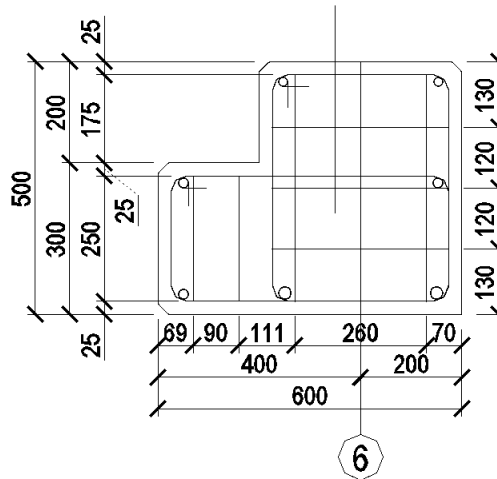
Apskaičiuojame reikiamą armatūros skerspjūvio plotą:

$$A_{s,req} = \frac{f_{cd} \cdot b \cdot x_{eff}}{f_{yd}} = \frac{18 \cdot 1 \cdot 0,00118}{450} = 0,472 \text{ cm}^2 \quad (3.27)$$

Gautą armatūros kiekį padidiname 5%:

$$A_{s,req} = A_{s1} \cdot 1,05 = 0,472 \cdot 1,05 = 0,496 \text{ cm}^2 \quad (3.28)$$

Remiantis STR 2.05.05:2005 „Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“ [12] VI skirsnio 253 ir 254 punktais, elementui suarmuoti parenkame \varnothing 8mm sankabas 200mm žingsniu elemento atraminiame ruože, kuris yra $l_{atr} = l_0/4 = 5,95/4 = 1,48 \text{ m} \approx 1,6 \text{ m}$, o elemento tarpatramyje \varnothing 8mm sankabas 260mm žingsniu. Tuomet $A_{s1} = 2,515(1,935) \text{ cm}^2/\text{m} > A_{s,req} = 0,472 \text{ cm}^2/\text{m}$.



Paveikslėlis 3.2 Projektuojamo rygelio RL-1 skerspjūvio geometrinė schema

Kėlimo kilpos projektavimas

Projektuojant kėlimo kilpą parenkamas armatūros lankstinio skersmuo bei jo inkaravimo betone ilgis. Kilpa projektuojama apkrovai, lygiai visam konstrukcijos svoriui $g_d = l_0 \cdot A_{rygelio} \cdot \gamma_{concr} \cdot \gamma_G = 5,95 \cdot 0,25 \cdot 25 \cdot 1,35 = 50,20 \text{ kN}$

Nustatome reikiamą kėlimo kilpos armatūros skerspjūvio plotą:

$$A_{s,req} = \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{50,20 \cdot 10^{-3}}{450} = 1,12 \text{ cm}^2 \quad (3.29)$$

čia:

N_{Ed} – kėlimo kilpos tempimo jėga prilyginta rygelio svoriui g_d ;

f_{yd} – skaičiuotinis armatūrinio plieno stiprumas pagal takumo ribą;

Kėlimo kilpai parenkamas $\varnothing 16$ mm armatūrinis strypas $A_s = 2,01 \text{ cm}^2$. Tuomet įtempiai skerspjūvyje nuo tempimo jėgos:

$$\sigma_t = \frac{N_{Ed}}{A_s} = \frac{50,20 \cdot 10^{-3}}{2,01 \cdot 10^{-4}} = 249,75 \text{ MPa} < f_{yd} = 450 \text{ MPa} \quad (3.30)$$

Sąlyga tenkinama (išnaudojimas 56%).

Pagal šiuos įtempius skaičiuojamas armatūros inkaravimo ilgis. Armatūros inkaravimo ilgio skaičiavimas pateikiamas Remiantis STR 2.05.05:2005 „Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas“ [12] IV skirsnyje. Pagal šio skirsnio 237 punktą: išilginiai tempiamosios ir gniuždomosios armatūros strypai turi būti užleisti už elemento normalinio pjūvio, kuriame jų skaičiuotinis stipris visiškai išnaudojamas ilgiu, ne mažesniu už l_{bd} , apskaičiuojamu pagal formulę:

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_b \geq l_{b,min} \quad (3.31)$$

čia:

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$ – koeficientai, aprašantys strypo inkaravimo sąlygas ir imami iš reglamento [12] 31-os lentelės. Skaičiavimams naudosime tokias koeficientų reikšmes: $\alpha_1 = 1,0$; $\alpha_2 = 1,0$; $\alpha_3 = 1,0$; $\alpha_4 = 0,7$; $\alpha_5 = 1,0$;

Bazinis inkaravimo ilgis l_b apskaičiuojamas taip:

$$l_b = \frac{d}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} = \frac{16}{4} \cdot \frac{149,75}{1,89} = 528,57 \text{ mm} \quad (3.32)$$

čia:

d – inkaruojamo strypo skersmuo, mm;

σ_{sd} – skaičiuotiniai armatūros įtempiai, MPa;

f_{bd} – armatūros ir betono sąlyčio sankibos ribiniai įtempiai, nustatomi pagal formulę:

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 2,25 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,2 = 1,89 \text{ MPa} \quad (3.33)$$

Mažiausias inkaravimo ilgis tempiamiems strypams $l_{b,min}$ imamas:

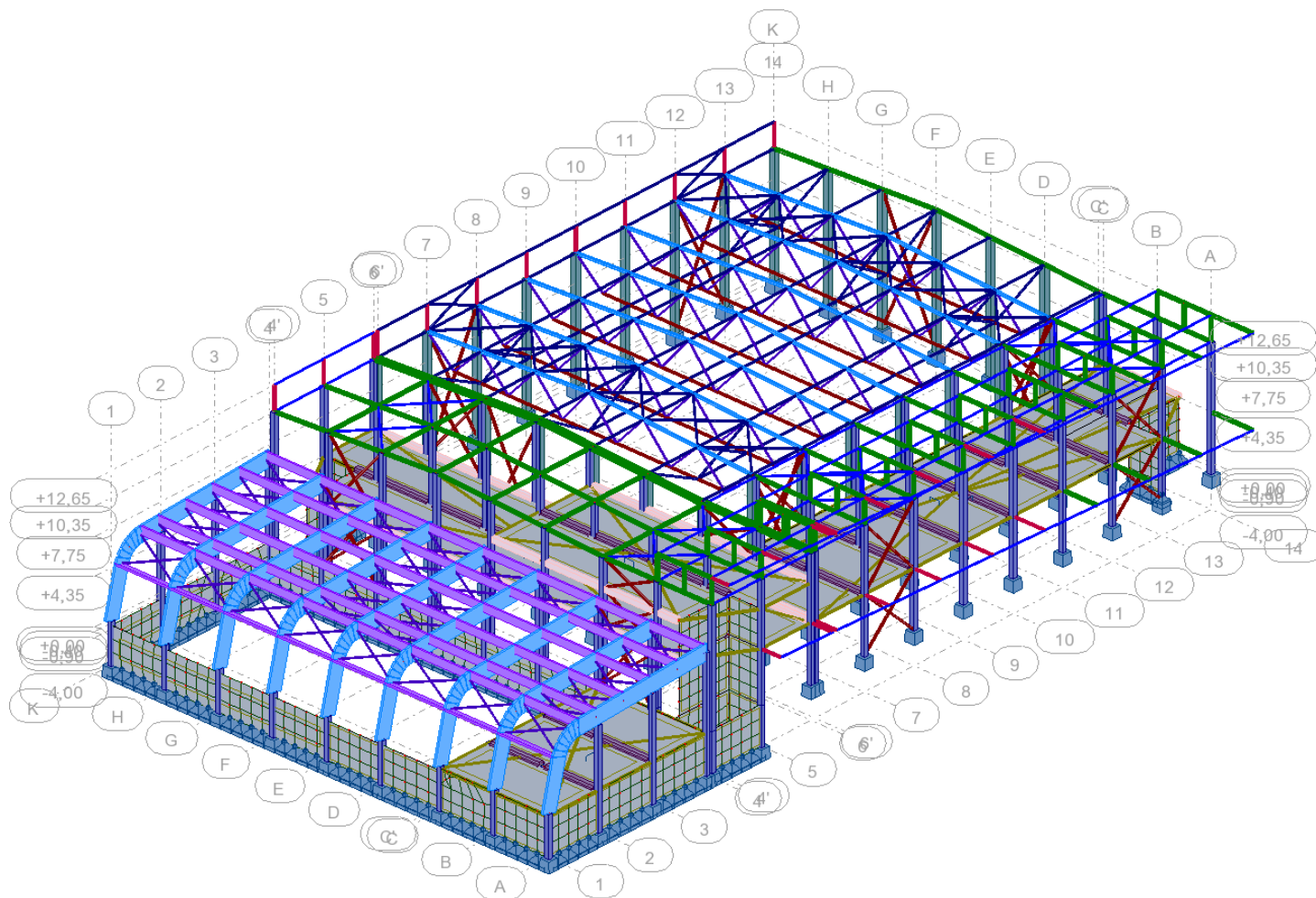
$$l_{b,min} > \max\{0,6 \cdot l_b; 15 \cdot d; 100\text{mm}\} \rightarrow \max\{320; 240; 100\} \rightarrow 320 \text{ mm} \quad (3.34)$$

Tuomet skaičiuotinis kilpos strypo inkaravimo ilgis:

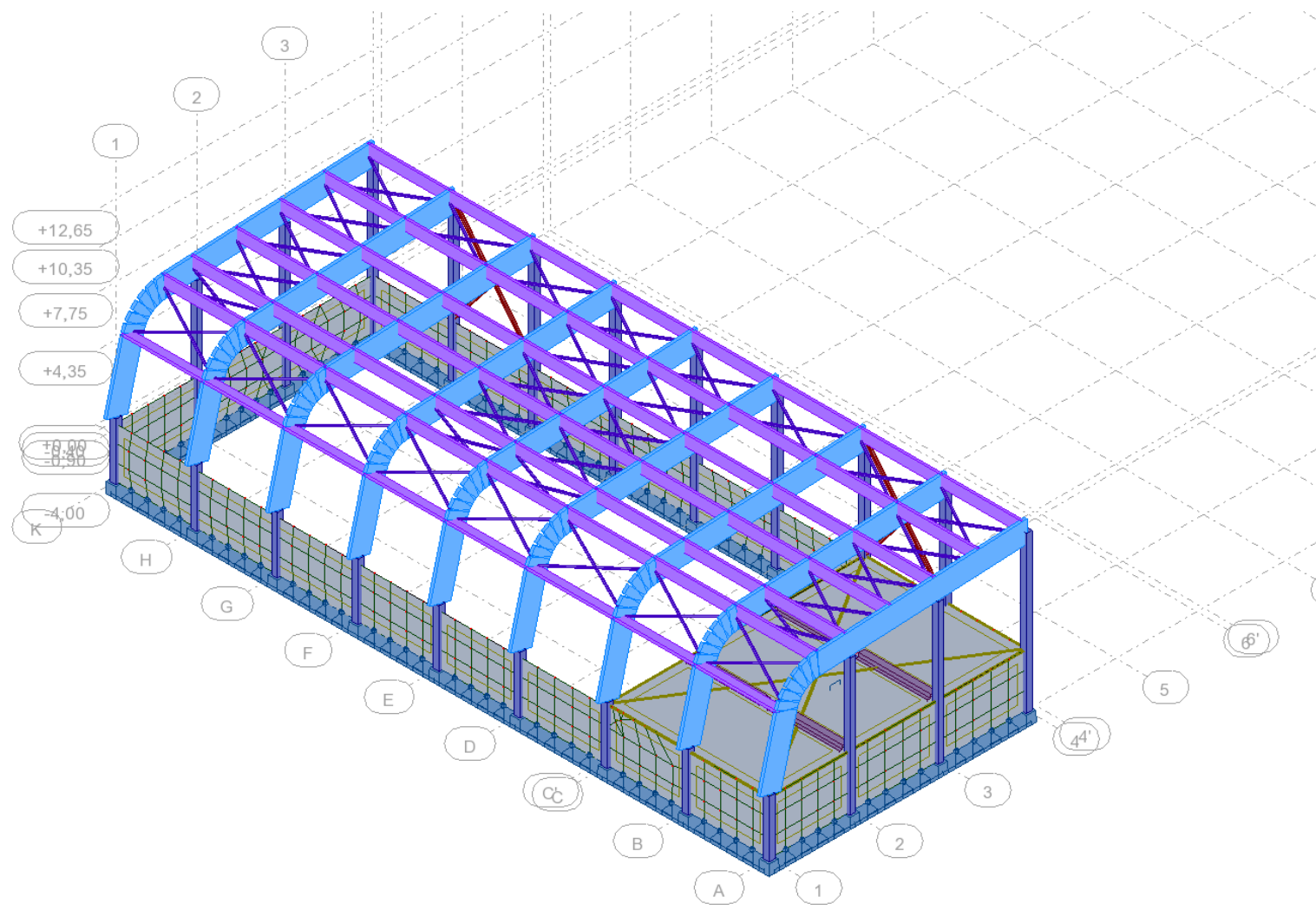
$$l_{bd} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 528,57 = 370,0 \geq l_{b,min} = 380 \text{ mm} \quad (3.35)$$

Strypo inkaravimo ilgis priimamas $l_{bd} = 500 \text{ mm}$.

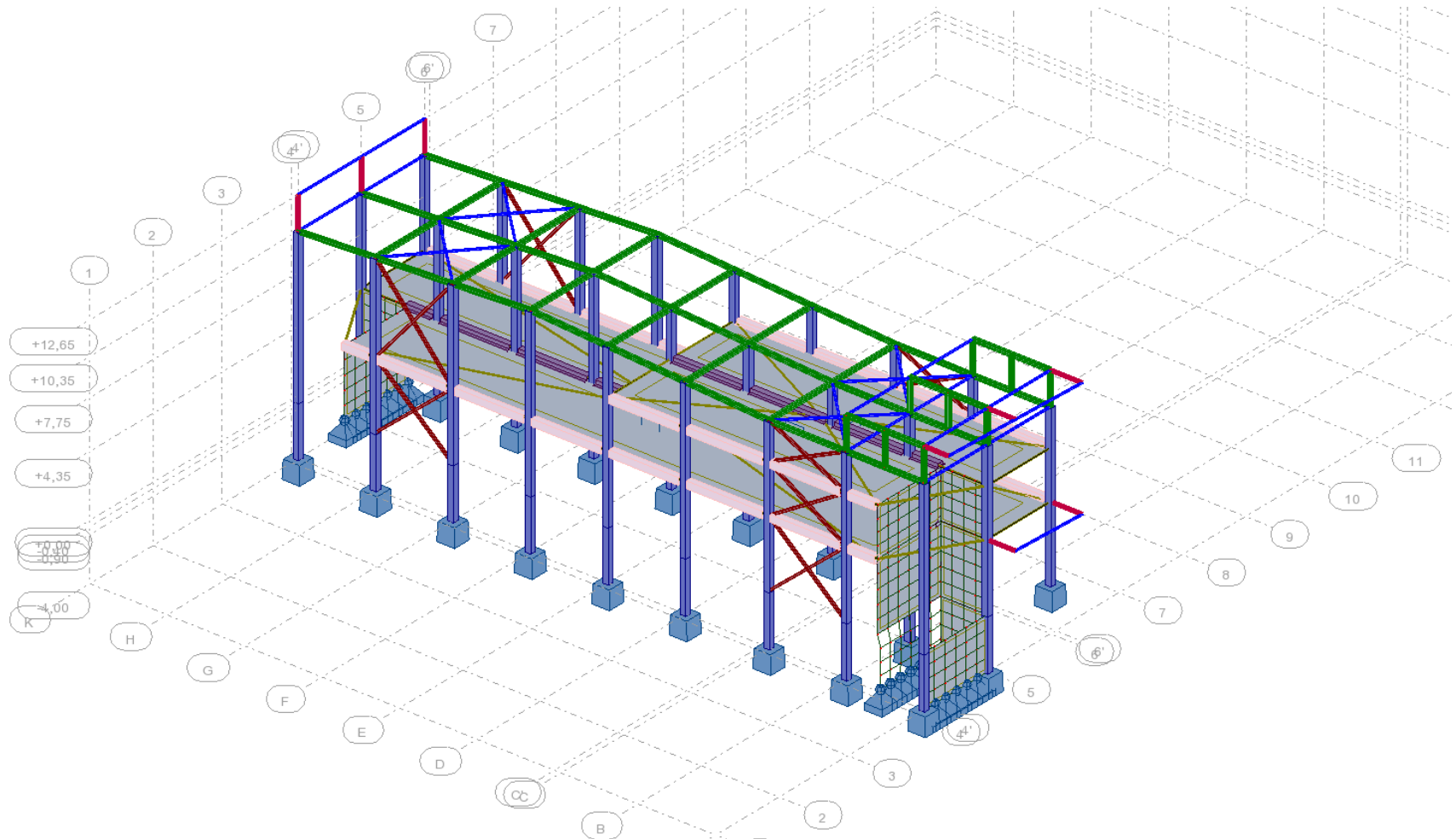
Erdvinio modelio skaičiavimų ataskaita



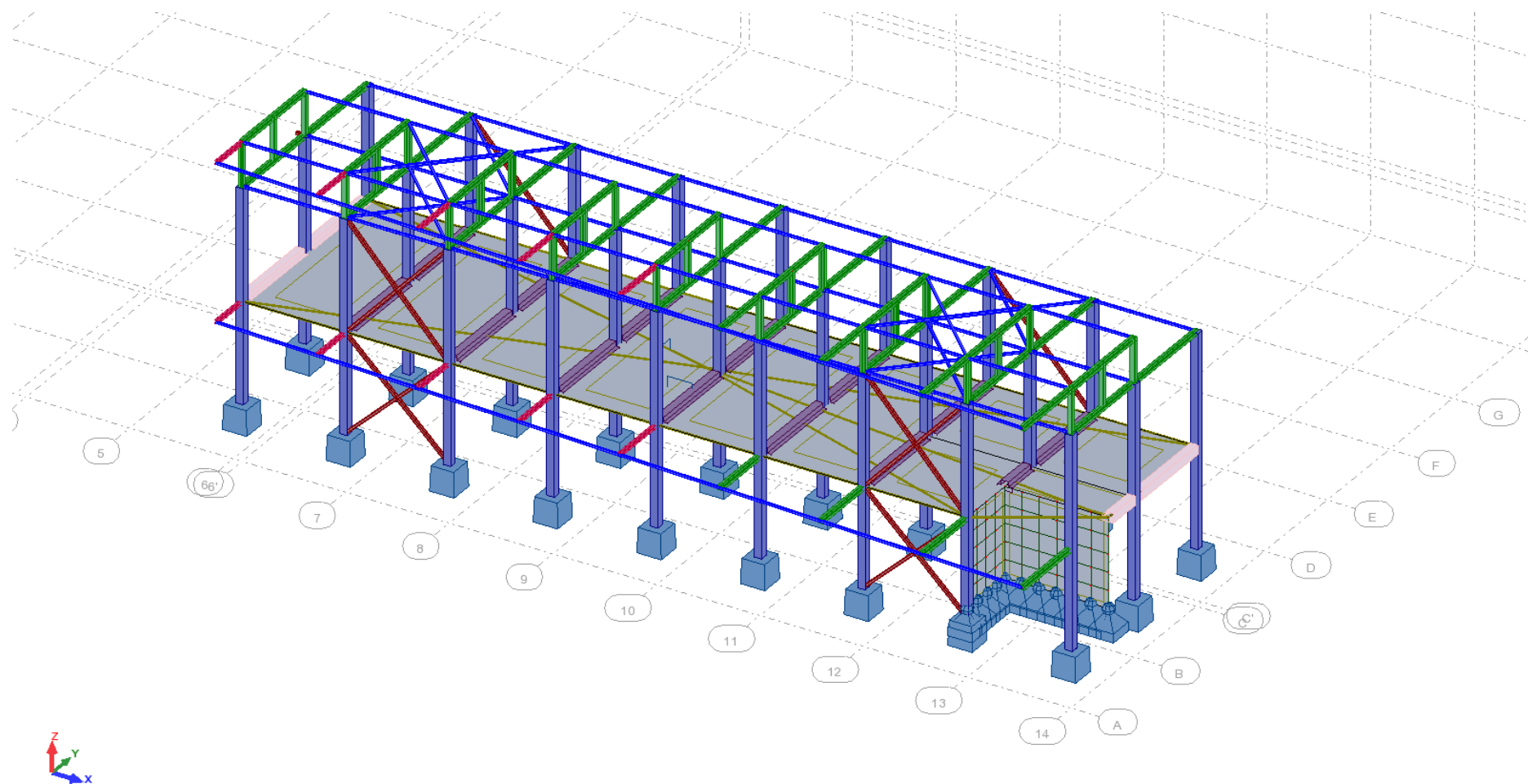
Paveikslėlis 4.1 Bendras erdvinio pastato modelio vaizdas



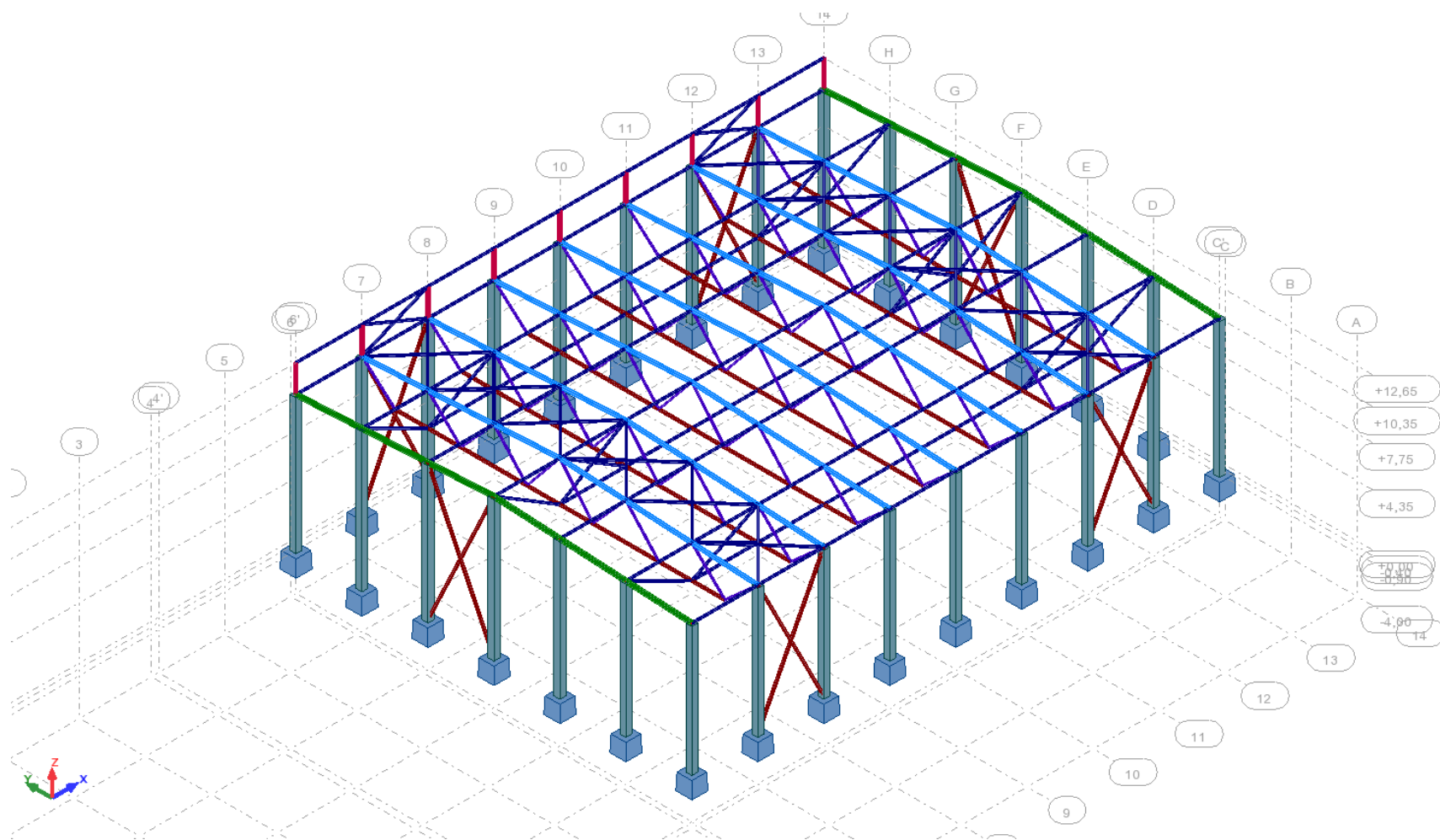
Paveikslėlis 4.2 Bendras baseino korpuso erdvinio modelio vaizdas



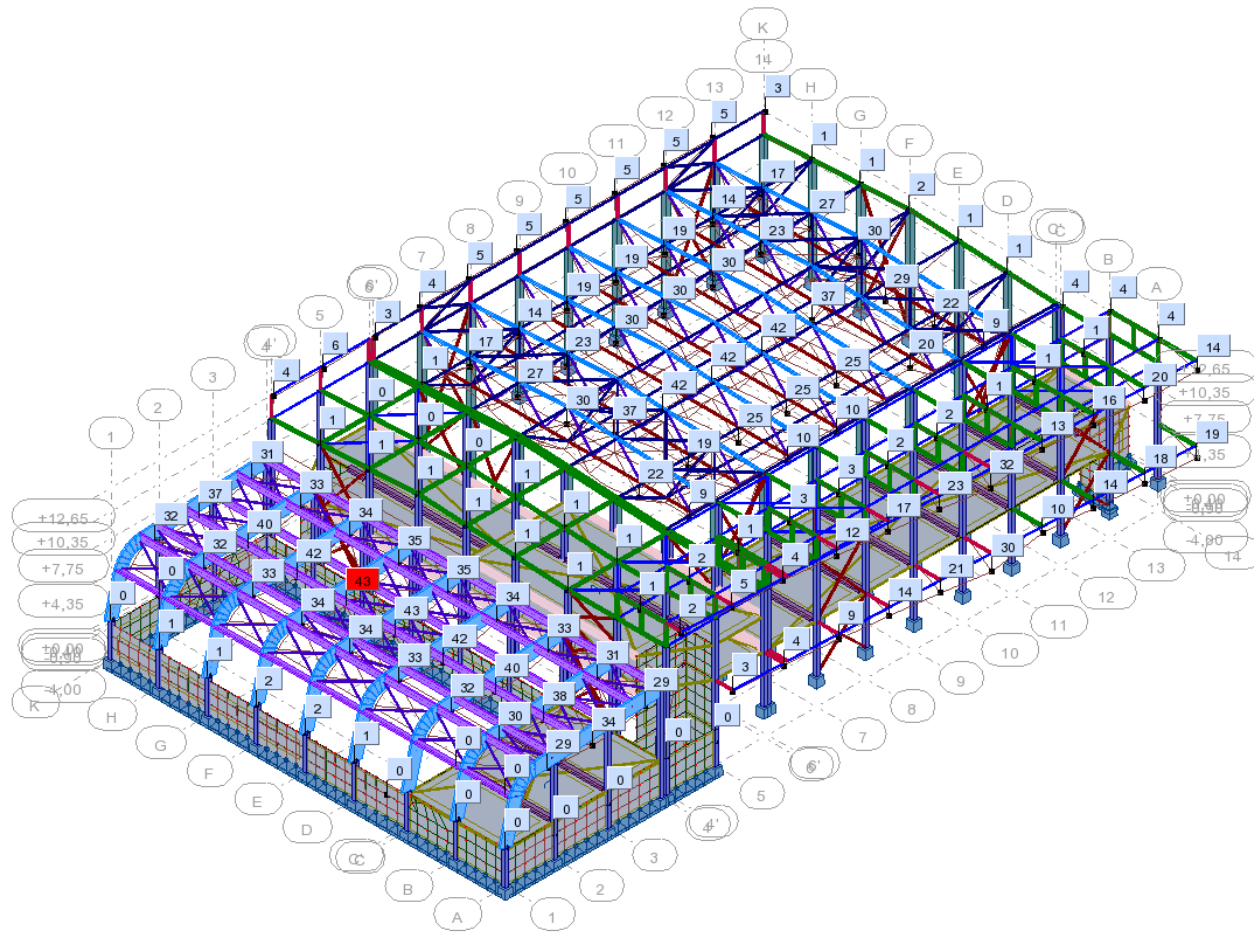
Paveikslėlis 4.3 Bendras vieno iš sporto salės korpusų erdvinio modelio vaizdas



Paveikslėlis 4.4 Bendras vieno iš sporto salės korpusų erdvinio modelio vaizdas



Paveikslėlis 4.5 Bendras vieno iš sporto salės korpusų erdvinio modelio vaizdas



Cases: 232 (1,0*DL+1,0*SN+0,7*LL+0,6*W3)

Paveikslėlis 4.6 Denginio konstrukcijų vertikaliosios deformacijos nuo pavojingiausio SLS derinio

Lentelė 4.1 Medžiagų charakteristikos

	Medžiaga	E (MPa)	G (MPa)	R _o (kN/m ³)	R _e (MPa)
1	GL24h	11600,00	720,00	3,73	24,00
2	C24	11000,00	690,00	3,43	24,00
3	C25/30	31000,00	12916,67	24,53	25,00
4	C30/37	33000,00	13333,33	24,53	30,00
5	S 355	210000,00	81000,00	77,01	355,00

Lentelė 4.2 Apkrovų tipai ir deriniai

Eil. Nr.	Apkrovos tipai	Deriniai
2	Nuolatinė apkrova	DL
3	Naudojimo apkrova	LL
4	Sniego apkrova	SN
5	Vėjo apkrova ašies X+ kryptimi	W1 (X+)
6	Vėjo apkrova ašies X- kryptimi	W2 (X-)
7	Vėjo apkrova ašies Y+ kryptimi	W3 (Y+)
8	Vėjo apkrova ašies Y- kryptimi	W4 (Y-)
9	Naudojimo apkrova kas antroje angoje	LL2
10	Naudojimo apkrova kas antroje angoje	LL3
Saugos ribinis būvis (ULS)		
101		1,35·DL
102		1,35·DL+1,3·LL
103		1,35·DL+1,3·SN
104		1,35·DL+1,3·W1
105		1,35·DL+1,3·W2
107		1,35·DL+1,3·W4
108		1,35·DL+1,3·LL+0,91·SN
109		1,35·DL+1,3·LL+0,78·W1
110		1,35·DL+1,3·LL+0,78·W2
111		1,35·DL+1,3·LL+0,78·W3
112		1,35·DL+1,3·LL+0,78·W4
113		1,35·DL+1,3·SN+0,91·LL
114		1,35·DL+1,3·SN+0,78·W1
115		1,35·DL+1,3·SN+0,78·W2
116		1,35·DL+1,3·SN+0,78·W3
117		1,35·DL+1,3·SN+0,78·W4
118		1,35·DL+1,3·W1+0,91·SN
119		1,35·DL+1,3·W2+0,91·SN
120		1,35·DL+1,3·W3+0,91·SN
121		1,35·DL+1,3·W4+0,91·SN
122		1,35·DL+1,3·W1+0,91·LL
123		1,35·DL+1,3·W2+0,91·LL

Eil. Nr.	Apkrovos tipai	Deriniai
124		1,35·DL+1,3·W3+0,91·LL
125		1,35·DL+1,3·W4+0,91·LL
126		1,35·DL+1,3·LL+0,91·SN+0,78·W1
127		1,35·DL+1,3·LL+0,91·SN+0,78·W2
128		1,35·DL+1,3·LL+0,91·SN+0,78·W3
129		1,35·DL+1,3·LL+0,91·SN+0,78·W4
130		1,35·DL+1,3·SN+0,91·LL+0,78·W1
131		1,35·DL+1,3·SN+0,91·LL+0,78·W2
132		1,35·DL+1,3·SN+0,91·LL+0,78·W3
133		1,35·DL+1,3·SN+0,91·LL+0,78·W4
134		1,35·DL+1,3·W1+0,91·LL+0,91·SN
135		1,35·DL+1,3·W2+0,91·LL+0,91·SN
136		1,35·DL+1,3·W3+0,91·LL+0,91·SN
137		1,35·DL+1,3·W4+0,91·LL+0,91·SN
138		1,35·DL+1,3·LL2+0,91·SN+0,78·W3
139		1,35·DL+1,3·LL3+0,91·SN+0,78·W4
Tinkamumo ribinis būvis (SLS)		
201		1,0·DL
202		1,0·DL+1,0·LL
203		1,0·DL+1,0·SN
204		1,0·DL+1,0·W1
205		1,0·DL+1,0·W2
206		1,0·DL+1,0·W3
207		1,0·DL+1,0·W4
208		1,0·DL+1,0·LL+0,7·SN
209		1,0·DL+1,0·LL+0,6·W1
210		1,0·DL+1,0·LL+0,6·W2
211		1,0·DL+1,0·LL+0,6·W3
212		1,0·DL+1,0·LL+0,6·W4
213		1,0·DL+1,0·SN+0,7·LL
214		1,0·DL+1,0·SN+0,6·W1
215		1,0·DL+1,0·SN+0,6·W2
216		1,0·DL+1,0·SN+0,6·W3
217		1,0·DL+1,0·SN+0,6·W4
218		1,0·DL+1,0·W1+0,7·SN
219		1,0·DL+1,0·W2+0,7·SN
220		1,0·DL+1,0·W3+0,7·SN
221		1,0·DL+1,0·W4+0,7·SN
222		1,0·DL+1,0·W1+0,7·LL
223		1,0·DL+1,0·W2+0,7·LL
224		1,0·DL+1,0·W3+0,7·LL
225		1,0·DL+1,0·W4+0,7·LL

Eil. Nr.	Apkrovos tipai	Deriniai
226		$1,0 \cdot DL + 1,0 \cdot LL + 0,7 \cdot SN + 0,6 \cdot W1$
227		$1,0 \cdot DL + 1,0 \cdot LL + 0,7 \cdot SN + 0,6 \cdot W2$
228		$1,0 \cdot DL + 1,0 \cdot LL + 0,7 \cdot SN + 0,6 \cdot W3$
229		$1,0 \cdot DL + 1,0 \cdot LL + 0,7 \cdot SN + 0,6 \cdot W4$
230		$1,0 \cdot DL + 1,0 \cdot SN + 0,7 \cdot LL + 0,6 \cdot W1$
231		$1,0 \cdot DL + 1,0 \cdot SN + 0,7 \cdot LL + 0,6 \cdot W2$
232		$1,0 \cdot DL + 1,0 \cdot SN + 0,7 \cdot LL + 0,6 \cdot W3$
233		$1,0 \cdot DL + 1,0 \cdot SN + 0,7 \cdot LL + 0,6 \cdot W4$
234		$1,0 \cdot DL + 1,0 \cdot W1 + 0,7 \cdot LL + 0,7 \cdot SN$
235		$1,0 \cdot DL + 1,0 \cdot W2 + 0,7 \cdot LL + 0,7 \cdot SN$
236		$1,0 \cdot DL + 1,0 \cdot W3 + 0,7 \cdot LL + 0,7 \cdot SN$
237		$1,0 \cdot DL + 1,0 \cdot W4 + 0,7 \cdot LL + 0,7 \cdot SN$

5 Priedas

SUDERINTA: _____ TŪKST. EUR

SUDERINTA: _____ TŪKST. EUR

ATSAKINGAS ATSTOVAS _____

ATSAKINGAS ATSTOVAS _____

2017 M. MĖN. D.

2017 M. MĖN. D.

LOKALINĖ SĄMATA

Sudaryta pagal 2016.10 kainas

SĄMATA**Statinių grupė
Statinys****K001 Pirmas kompleksas****O1 Sporto paskirties pastatas Kretingoje****Žiniaraštis****S1 Pamatų įrengimo sąmata**

2017-01-06

Suma žiniaraščiui 311 979,26 EUR

Lapas 1

Sąm. eil.	Darbo, resursų pavadinimas	Mato vienetas	Norma	Kiekis	Kaina EUR	Iš viso EUR
1	N1-110 II grupės grunto kasimas ir perstūmimas iki 10m atstumu 118kW (160AJ) galingumo buldozeriais 489154 Buldozeris 117.6 kW (160 AG)	t. m3		4,745		
N1-110	Darbo užm.	Medžiagos			132,04	3 257,99
			5,200	24,674		3 257,99
						3 257,99
2	N1-57 II grupės grunto kasimas 1m3 kaušo talpos ekskavatoriais, pakraunant į autosavivarčius K9=1.15 Darbo jėga su vidutine kategorija 3.22	t. m3		4,593		
	573015 Neplautas žvyras	žm.val.	6,300	28,936	28,71	830,69
	489063 Vienakaušis ekskavatorius 1,0 m3 kaušo talp.	m3	0,040	0,184	7,40	1,36
	489073 Buldozeris 79 kW (108 AG)	maš.val	16,000	73,488	30,73	2 258,06
	489152 Autogreideris 66.2 kW (90 AG)	maš.val	0,030	0,138	16 387,69	2 258,06
N1-57	Darbo užm. 830,69	Medžiagos 6,81			1 328,73	2 258,05
						12 127,79
						12 127,79
3	N57P-1202-1 II grupės grunto kasimas rankiniu būdu nesutvirtintose tranšėjose (iškasose) kai kasimo gylis iki 1 m K9=1.15 Darbo jėga su vidutine kategorija 2.00	100m3		0,103		
		žm.val.	154,000	15,862	23,57	373,87
N57P-1202-1	Darbo užm. 373,87	Medžiagos				373,87
						373,87
4	N5-115-2 Vibromonolitinių polių įrengimas I-II gr.grunte, naudojant apsauginius vamzdžius, kurių skersmuo didesnis kaip 300mm K9=1.15 Darbo jėga su vidutine kategorija 4.00	m3		123,4		
	260009 Armatūros karkasai	žm.val.	6,800	839,120	31,59	26 509,52
	131076 Plieniniai vamzdžiai, d daugiau 100mm	t	0,070	8,638	1 398,95	12 084,15
	600043 Betono mišiniai	t	0,008	0,938	12 885,09	12 084,15
	520049 Įdėtinės plieninės detalės	m3	1,100	135,740	89,02	12 084,15
	489300 Gręžimo agregatas ABIRE 10000	t	0,009	1,148	10 529,75	12 084,15
N5-115-2	Darbo užm. 26 509,52	Medžiagos 72 504,90			48,14	8 732,08
						151 406,94
						151 406,94
5	N6P-0101-1 Grunto po pamatų pagrindais tankinimas I-II gr. gruntas K9=1.15 Darbo jėga su vidutine kategorija 3.40	100m3		0,4354		
	489197 Vibroplūktuvas, vibroplokštė	žm.val.	10,200	4,441	29,18	129,60
N6P-0101-1	Darbo užm. 129,60	Medžiagos			13,27	26,57
						182,75
						182,75

Sąm. eil.	Darbo, resursų pavadinimas	Mato vienetas	Norma	Kiekis	Kaina EUR	Iš viso EUR
6	N6-5	m3		16,514		
	Betono pagrindas po pamatais, paduodant betoną siurbliu K8=1.03, K9=1.15					
	Darbo jėga su vidutine kategorija 2.67	žm.val.	1,260	20,808	27,15	564,83
600043	Betono mišiniai	m3	1,020	16,844	79,74	1 343,10
489092	Betono siurblys	maš.val	0,100	1,651	47,94	79,16
N6-5	Darbo užm. 564,83	Medžiagos 4 029,31	Mechanizmai 237,48	Iš viso		4 831,62
7	N57P-6407-1	m3		8,28		
	Monolitinių gelžbetoninių pamatų konstrukcijoms įrengimas kai pamato tūris iki 0,5 m3 K8=1.02, K9=1.15					
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3.50	žm.val.	8,300	68,724	30,01	2 062,37
230451	Specialus tepalas klojiniams	l	0,146	1,209	256,19	309,70
521966	Inventoriniai lengvų metalo-faneros skydų klojiniai	m2	0,040	0,331	935,05	309,69
573015	Neplautas žvyras	m3	0,130	1,076	287,71	309,69
600043	Betono mišiniai	m3	1,015	8,404	36,85	309,69
489192	Vibratorius	maš.val	0,500	4,140	20,55	85,08
489334	Mini daugiafunkcinės mašinos	maš.val	0,520	4,306	19,76	85,08
489034	Kranas ant automob. važiuklės keliam.galios iki 10 t	maš.val	0,560	4,637	18,35	85,08
N57P-6407-1	Darbo užm. 2 062,37	Medžiagos 2 477,54	Mechanizmai 680,66	Iš viso		5 220,57
8	N57P-6407-2	m3		26,55		
	Monolitinių gelžbetoninių pamatų konstrukcijoms įrengimas kai pamato tūris daugiau 0,5 m3 iki 1,0 m3 K8=1.02, K9=1.15					
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3.50	žm.val.	6,900	183,195	30,01	5 497,58
230451	Specialus tepalas klojiniams	l	0,113	3,000	316,77	950,36
521966	Inventoriniai lengvų metalo-faneros skydų klojiniai	m2	0,030	0,797	1 193,16	950,35
573015	Neplautas žvyras	m3	0,130	3,452	275,34	950,35
600043	Betono mišiniai	m3	1,015	26,948	35,27	950,35
489034	Kranas ant automob. važiuklės keliam.galios iki 10 t	maš.val	0,730	19,382	14,82	287,19
489192	Vibratorius	maš.val	0,500	13,275	21,63	287,19
489334	Mini daugiafunkcinės mašinos	maš.val	0,420	11,151	25,75	287,19
N57P-6407-2	Darbo užm. 5 497,58	Medžiagos 7 602,82	Mechanizmai 2 297,56	Iš viso		15 397,96
9	N57P-6407-3	m3		52,2		
	Monolitinių gelžbetoninių pamatų konstrukcijoms įrengimas kai pamato tūris daugiau 1,0 m3 iki 2,0 m3 K8=1.02, K9=1.15					
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3.50	žm.val.	5,300	276,660	30,01	8 302,40
230451	Specialus tepalas klojiniams	l	0,075	3,915	455,73	1 784,19
521966	Inventoriniai lengvų metalo-faneros skydų klojiniai	m2	0,020	1,044	1 708,99	1 784,19
573015	Neplautas žvyras	m3	0,130	6,786	262,92	1 784,19
600043	Betono mišiniai	m3	1,015	52,983	33,67	1 784,19
489034	Kranas ant automob. važiuklės keliam.galios iki 10 t	maš.val	0,700	36,540	13,23	483,60
489192	Vibratorius	maš.val	0,500	26,100	18,53	483,60
489334	Mini daugiafunkcinės mašinos	maš.val	0,290	15,138	31,95	483,59
N57P-6407-3	Darbo užm. 8 302,40	Medžiagos 14 273,52	Mechanizmai 3 868,79	Iš viso		26 444,71
10	N6-17	m3		32,71		
	Gelžbetoninės pamatų sijos, įrengiant klojinius iš skydų K8=1.04, K9=1.15					

Sąm. eil.	Darbo, resursų pavadinimas	Mato vienetas	Norma	Kiekis	Kaina EUR	Iš viso EUR
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3.33	žm.val.	10,000	327,100	30,20	9 877,07
260014	Betonas	m3	1,015	33,201	52,56	1 745,03
260017	Armatūra	t	0,100	3,271	533,48	1 745,02
20077	Emulsolas	kg	1,100	35,981	48,50	1 745,02
120002	Plieninė viela	t	0,005	0,164	10 669,64	1 745,02
120038	Suvirinimo elektrodai	kg	1,700	55,607	31,38	1 745,02
534017	Apipjautos lentos 25-32mm st. (3 rūš.)	m3	0,002	0,075	23 194,87	1 745,02
120030	Statybinės vinys	kg	0,221	7,213	241,94	1 745,02
534003	Apipjautos lentos 40mm st. (3 rūš.)	m3	0,004	0,131	13 337,05	1 745,02
534936	Klojinių skydai	m2	0,055	1,799	969,97	1 745,02
N6-17	Darbo užm. 9 877,07	Medžiagos	17 450,22	Mechanizmai	Iš viso	27 327,29
11	N11-17-1	100m2		0,8		
	Pirmos klijuotinės hidroizoliacijos sluoksnis, klijuojant rulonines medžiagas bitumine mastika rankiniu būdu K8=1.14					
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3.00	žm.val.	45,000	36,000	27,70	997,15
20013	Žibalas	t	0,058	0,046	4 518,10	209,64
20044	Naftos bitumas	t	0,285	0,228	919,47	209,64
571578	Talkas	t	0,032	0,026	8 188,67	209,63
20014	Dyzelinis kuras	t	0,050	0,040	5 240,75	209,63
570265	Bituminės medžiagos su kartono pagr. (ruberoidas)	m2	112,000	89,600	2,34	209,63
N11-17-1	Darbo užm. 997,15	Medžiagos	1 257,81	Mechanizmai	Iš viso	2 254,96
12	N11-19-1	100m2		0,8		
	Sekantis klijuotinės hidroizoliacijos sluoksnis, klijuojant rulonines medžiagas bitumine mastika rankiniu būdu K8=1.14					
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3.00	žm.val.	19,700	15,760	27,70	436,52
20014	Dyzelinis kuras	t	0,040	0,032	4 909,38	157,10
570265	Bituminės medžiagos su kartono pagr. (ruberoidas)	m2	112,000	89,600	1,75	157,10
20044	Naftos bitumas	t	0,250	0,200	785,50	157,10
571578	Talkas	t	0,030	0,024	6 545,42	157,09
N11-19-1	Darbo užm. 436,52	Medžiagos	785,49	Mechanizmai	Iš viso	1 222,01
13	N7P-0501-3	vnt.		27		
	Išorinių sienų gelžbetoninių cokolinių plokščių montavimas kai plokštės plotas daugiau 4m2 K8=1.02					
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3.80	žm.val.	2,400	64,800	27,26	1 766,53
600043	Betono mišiniai	m3	0,038	1,026	77,33	79,34
120038	Suvirinimo elektrodai	kg	0,700	18,900	4,20	79,34
380004	Suvirinimo transformatorius	maš.val	0,210	5,670	31,58	179,04
489131	Kranas	maš.val	0,430	11,610	15,42	179,04
N7P-0501-3	Darbo užm. 1 766,53	Medžiagos	396,71	Mechanizmai	895,21	Iš viso 3 058,45
14	N1-82	t. m3		3,881		
	I grupės grunto atvežimas autosavarčiais K9=1.15					
	Darbo jėga su vidutine kategorija 2.33	žm.val.	2,900	11,255	25,06	282,02
573015	Neplautas žvyras	m3	0,020	0,078	12,37	0,96
489073	Buldozeris 79 kW (108 AG)	maš.val	2,900	11,255	32,22	362,64
N1-82	Darbo užm. 282,02	Medžiagos	2,87	Mechanizmai	1 087,94	Iš viso 1 372,83

Sąm. eil.	Darbo, resursų pavadinimas	Mato vienetas	Norma	Kiekis	Kaina EUR	Iš viso EUR
15	N1-307	100m3		0,06		
	Tranšėjų, iškasų ir duobių užpylimas I grupės gruntu rankiniu būdu K9=1.15					
	Darbo jėga su vidutine kategorija 1.80	žm.val.	90,000	5,400	22,87	123,50
N1-307	Darbo užm. 123,50	Medžiagos		Mechanizmai	Iš viso	123,50

16	N1-146	t. m3		3,881		
	Tranšėjų ir duobių užpylimas iš sankasos 132kW(180AJ) galingumo buldozeriais,perstūmiant II grupės gruntą iki 5m atstumu					
	489075 Buldozeris 132 kW (180 AG)	maš.val	3,000	11,643	132,04	1 537,35
N1-146	Darbo užm.	Medžiagos		Mechanizmai 1 537,35	Iš viso	1 537,35

17	N57P-1508-1	100m3		3,881		
	Grunto tankinimas mažosios mechanizacijos priemonėmis gruntas I-II grupės K8=1.14, K9=1.15					
	Darbo jėga su vidutine kategorija 3.50	žm.val.	9,900	38,422	33,09	1 271,28
	489245 Mažosios mechanizacijos priemonės su vidaus degimo varikliu	maš.val	4,100	15,912	13,27	211,11
N57P-1508-1	Darbo užm. 1 271,28	Medžiagos		Mechanizmai 422,23	Iš viso	1 693,51

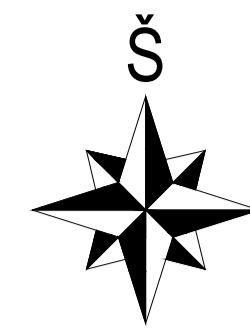
Viso žiniaraštyje	Darbo užm. 59 024,93	Medžiagos 120 788,00		Mechanizmai 78 021,17	Iš viso	257 834,10

	PVM		21%	21%	21%	54 145,16
	Iš viso		71 420,17	146 153,48	94 405,61	311 979,26

Sudarė:

Tikrino:

Situacijos schema



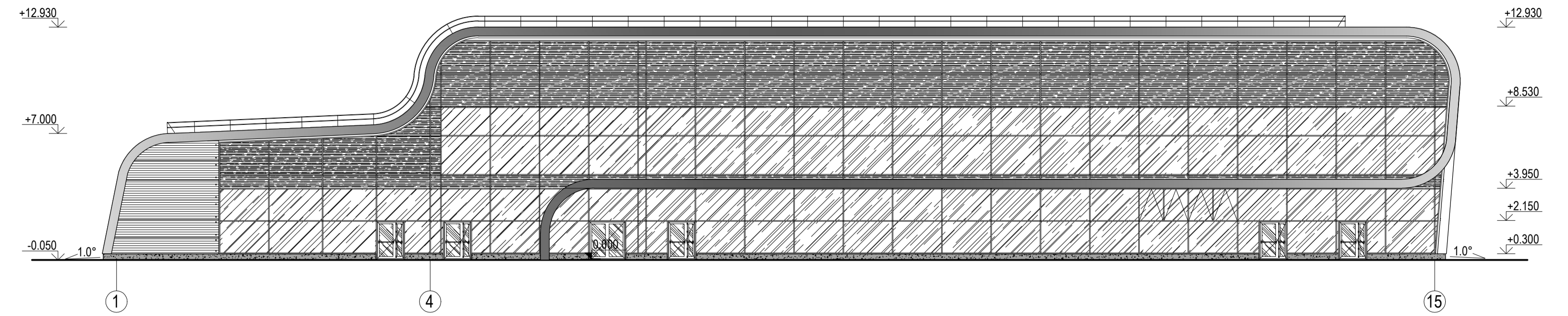
Sutartinis žymėjimas

Žymėjimas	Pavadinimas
---	Projektuojamo pastato sklypo riba
▨	Projektuojamas pastatas

Eksplikacija

Eil. Nr.	Pavadinimas
1	Projektuojamas pastatas
2	Futbolo stadionas
3	Sporto paskirties pastatas
4	Administracinės paskirties pastatas
5	Gyvenamosios paskirties pastatas

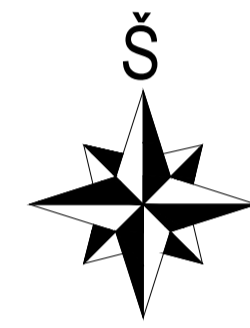
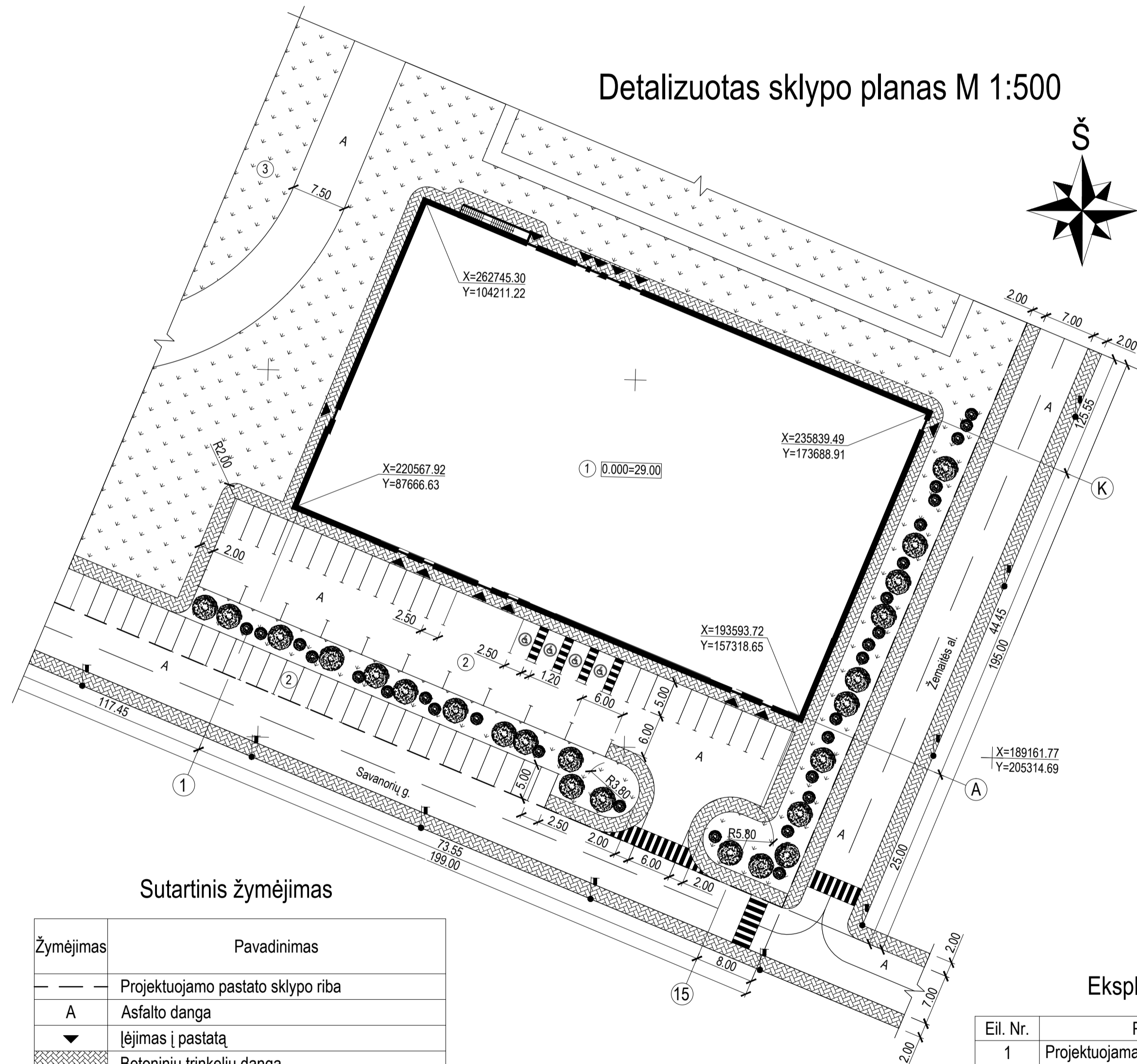
Fasadas 1-15 Mastelis 1:200



Sutartinis žymėjimas

Žymėjimas	Pavadinimas
▨	Cokolinė plokštė, apdailos spalva RAL 9006
▨	Daugiasluksnė statybinė plokštė, spalva RAL 9007
▨	Emaliuotas stiklas, rėmo profilio spalva RAL 9007
▨	Tonuotas stiklas, rėmo profilio spalva RAL 9007
▨	Gryno cinko lydinio skarda

Detalizuotas sklypo planas M 1:500



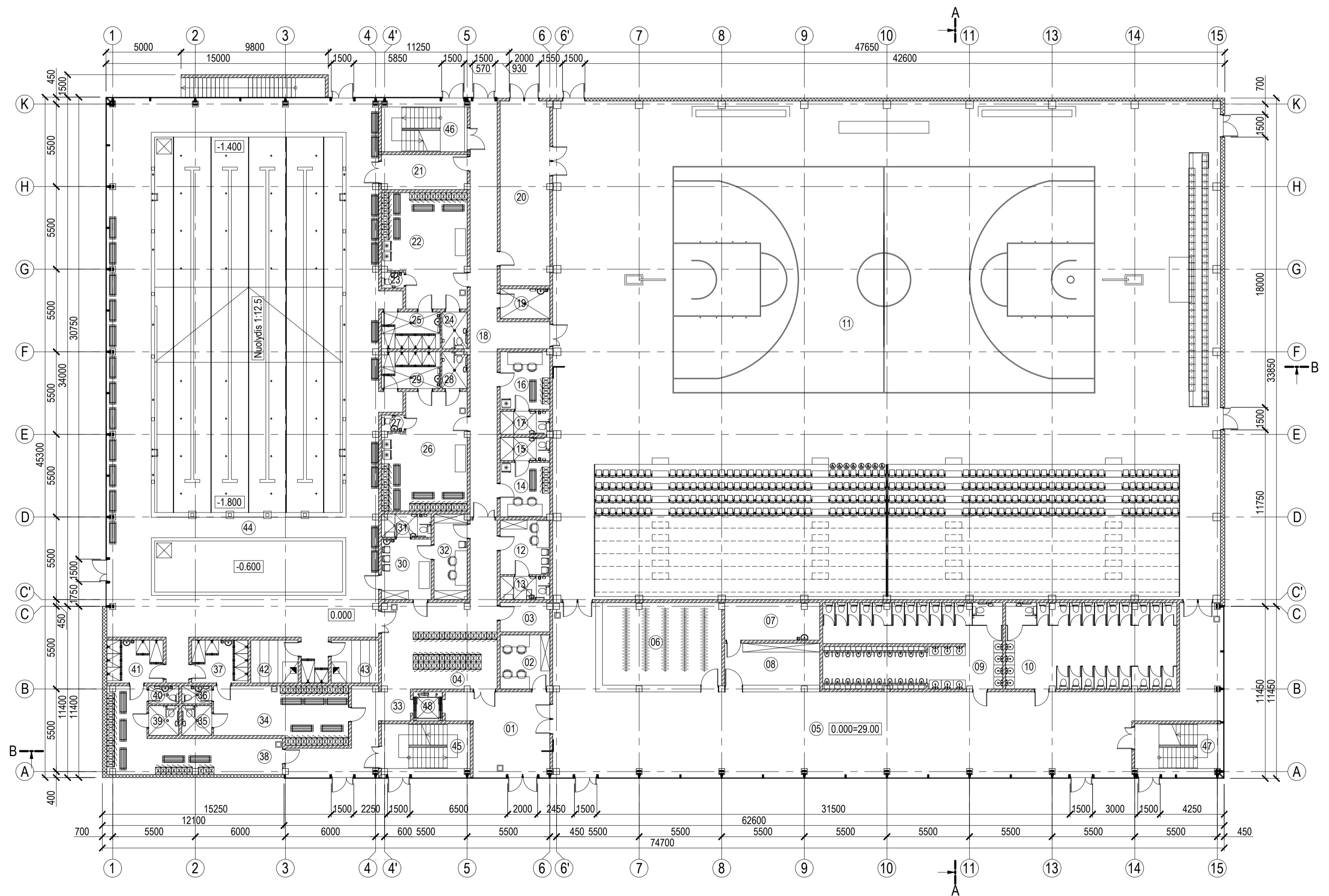
Sutartinis žymėjimas

Žymėjimas	Pavadinimas
---	Projektuojamo pastato sklypo riba
A	Asfalto danga
▾	Įėjimas į pastatą
▨	Betoninių trinkelų danga
+	Veja
⊙	Lengvųjų automobilių stovėjimo vietos skirtos ŽN
⊙	Lapuočiai medžiai

Eksplikacija

Eil. Nr.	Pavadinimas
1	Projektuojamas pastatas
2	Lengvųjų automobilių stovėjimo aikštelė
3	Futbolo stadionas

Pirmo aukšto planas Mastelis 1:200



Pirmo aukšto patalpų eksplikacija

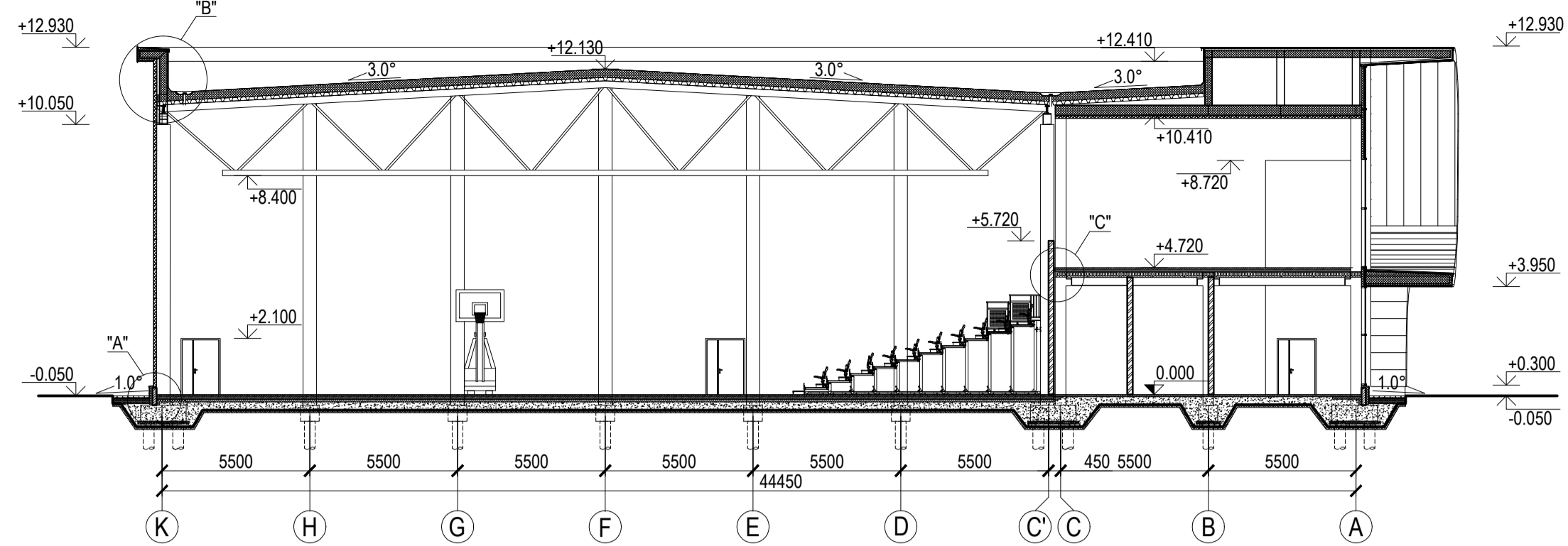
Eil. Nr.	Pavadinimas	Plotas, m ²	Eil. Nr.	Pavadinimas	Plotas, m ²	Eil. Nr.	Pavadinimas	Plotas, m ²	Eil. Nr.	Pavadinimas	Plotas, m ²	Eil. Nr.	Pavadinimas	Plotas, m ²
1.	Tambūras	31,55	11.	Universali sporto salė	1469,47	21.	Sandėlis	13,02	31.	WC/Dušo patalpa	4,96	41.	Dušo patalpa	10,67
2.	Kasa/Apsaugos patalpa	11,84	12.	Dopingo patikros patalpa	11,98	22.	Persirengimo patalpa	39,83	32.	Gdytojo kabinetas	12,42	42.	Pirtis	8,97
3.	Serverinė	6,35	13.	WC/Dušo patalpa	5,07	23.	WC	1,58	33.	Koridorius	55,12	43.	Pirtis	8,97
4.	Sportininkų rūbinė	21,28	14.	Teisėjų patalpa	11,94	24.	WC	4,12	34.	Persirengimo patalpa	32,38	44.	Baseino patalpa	658,48
5.	Holas	255,00	15.	WC/Dušo patalpa	5,11	25.	Dušo patalpa	9,56	35.	WC	3,98	45.	Laiptinė	19,91
6.	Statinio užimamas žemės plotas	44,07	16.	Delegato patalpa	12,59	26.	Persirengimo patalpa	40,75	36.	WC	2,38	46.	Laiptinė	19,00
7.	Komercinė patalpa	15,87	17.	WC/Dušo patalpa	5,07	27.	WC	1,62	37.	Dušo patalpa	10,67	47.	Laiptinė	19,00
8.	Komercinė patalpa	17,73	18.	Koridorius	56,16	28.	WC	4,08	38.	Persirengimo patalpa	37,38	48.	Keltuvas	3,69
9.	Vyrų WC	66,81	19.	Valytojų patalpa	6,59	29.	Dušo patalpa	9,48	39.	WC	3,92	Viso:	3211,77	
10.	Moterų WC	65,33	20.	Sandėlis	40,35	30.	Medicinos patalpa	13,29	40.	WC	2,38			

Bendrieji sklypo rodikliai

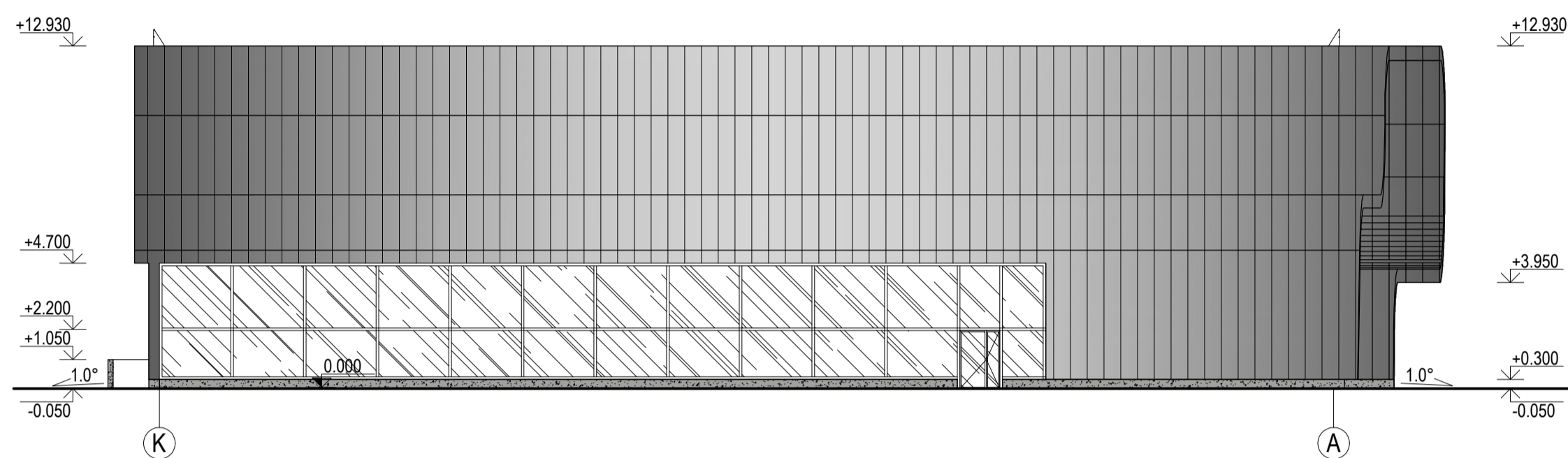
Eil. Nr.	Pavadinimas	Mato vnt.	Kiekis
1.	Sklypo plotas	ha	4,01
2.	Sklypo užstatymo plotas	m ²	4326,8
3.	Sklypo užstatymo intensyvumas	%	15,47
4.	Statinio užimamas žemės plotas	m ²	3394,67
5.	Apželdintas žemės plotas	ha	2,05
6.	Automobilių stovėjimo vietų skaičius	vnt.	90
7.	Sanitarinės (apsaugos) zonos plotis	m	25,0
8.	Sklypo užstatymo tankumas	%	10,79

Grupė	KTU Statybos ir architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis projektas	
SSM-5	Studentas A. Bagdonas	Sporto paskirties pastato Kretingoje statybių konstrukcijų dalies projektas	
Vadovas	M. Kasulevičius		
AK Konsult.	G. Šukalytė		
PES Konsult.	V. Paukštys	Situacijos schema, Fasadas 1-15, Sklypo planas, Pirmo aukšto planas	
Pr. etapas	Statybių konstrukcijų katedra	Laida	0
MBP	Studentų g. 48, Kaunas, LT-51367	Lapas	Lapų
		2017-MBP-SK-01	1

Pjūvis A-A Mastelis 1:200



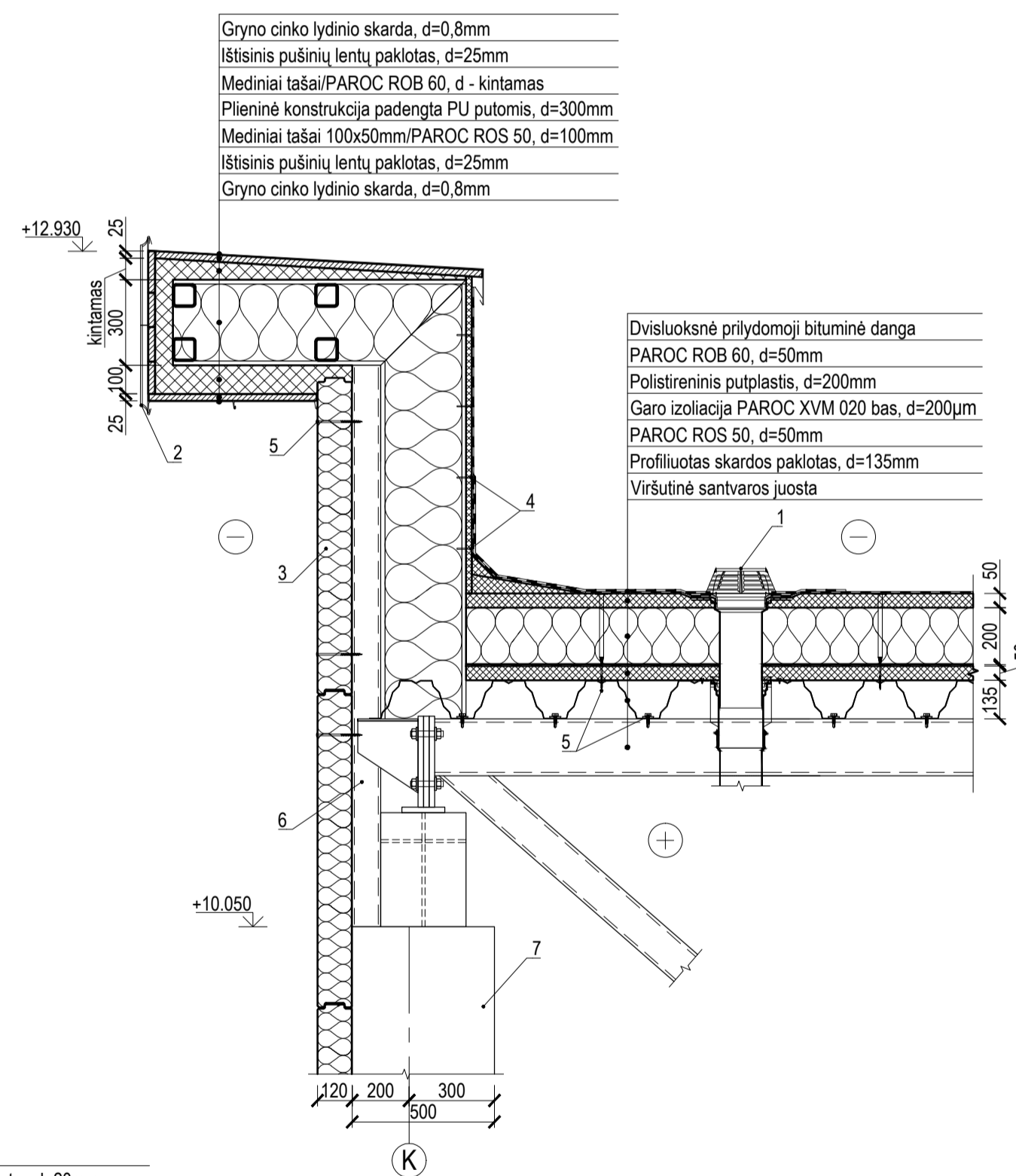
Fasadas K-A Mastelis 1:200



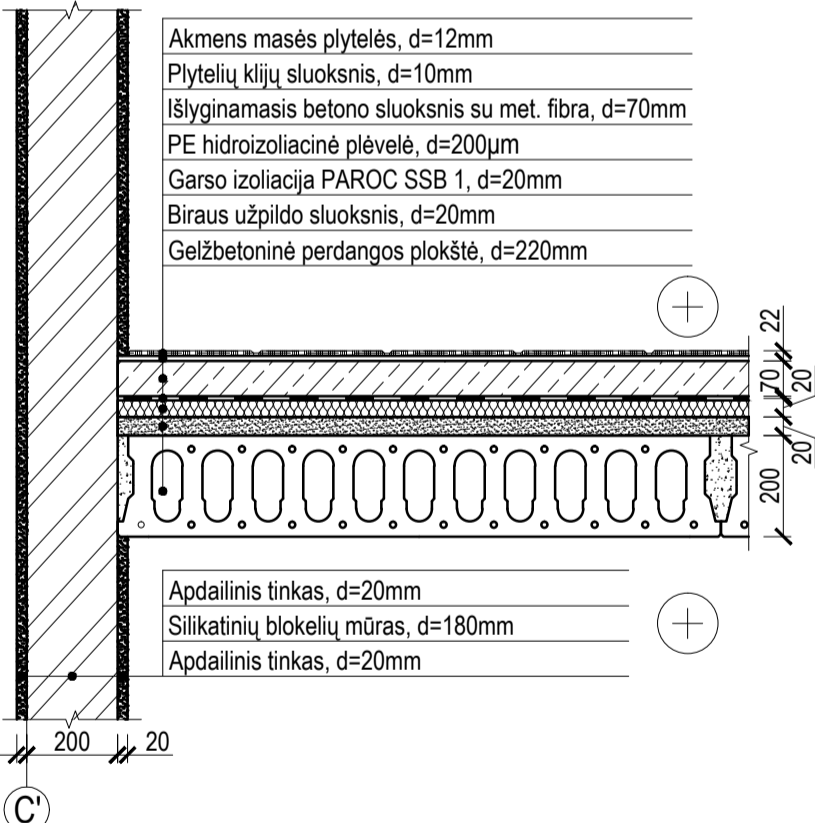
Detalės "B" Eksplikacija

Eil. Nr.	Pavadinimas
1.	Lietaus vandens įlaja, Ø150
2.	Cinko lydinio skardos lankstinys
3.	Daugiasluksnė statybinė plokštė
4.	Tvirtinimo elementas
5.	Savisriegis su EPDM tarpine
6.	Plokščių tvirtinimo konstrukcija
7.	Gelžbetoninė kolona 500x500mm

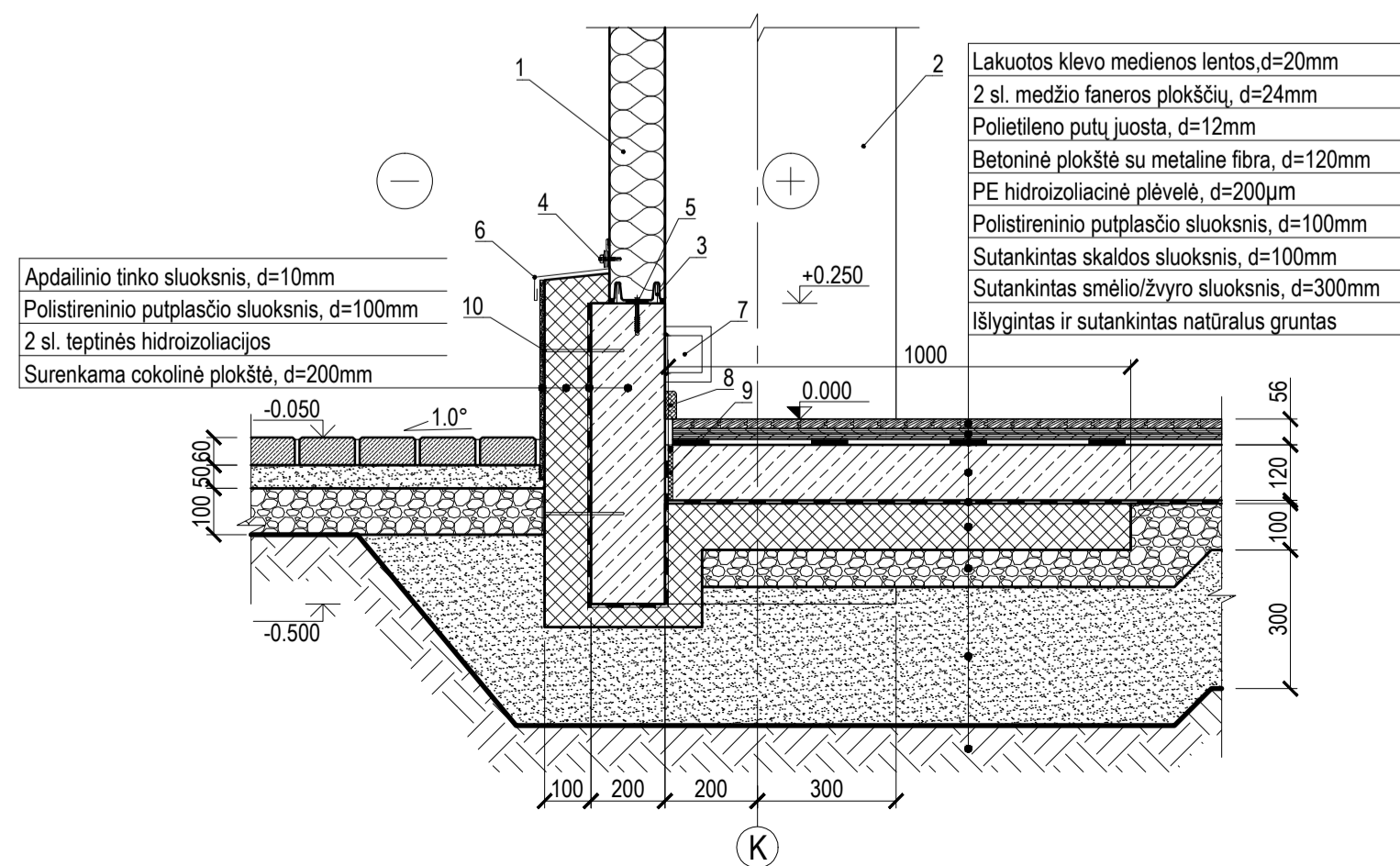
Detalė "B" Mastelis 1:20



Detalė "C" Mastelis 1:15



Detalė "A" Mastelis 1:15



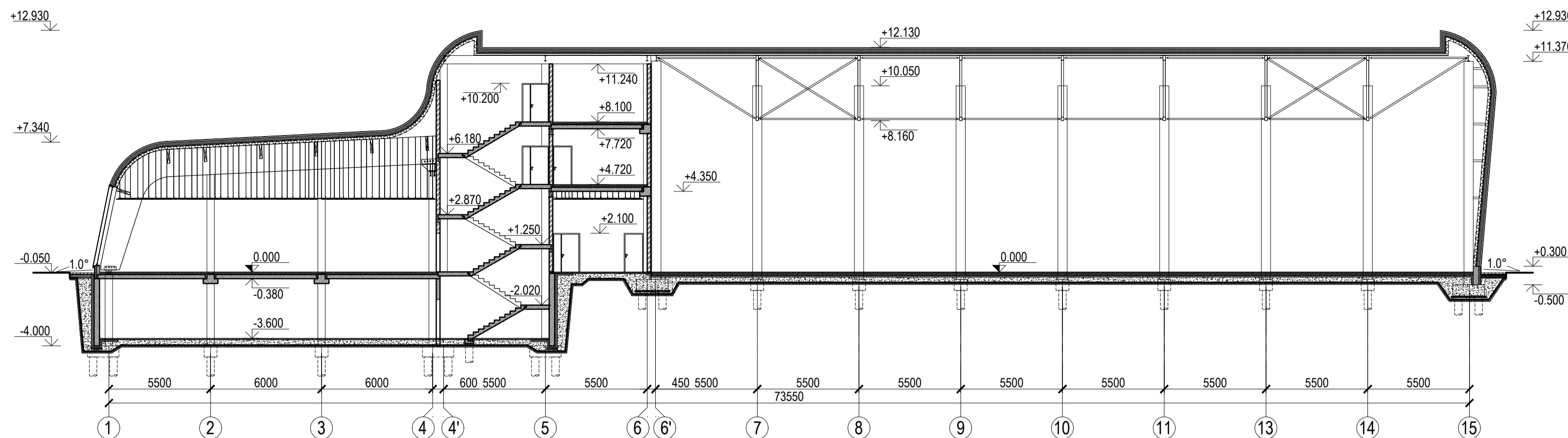
Detalės "A" Eksplikacija

Eil. Nr.	Pavadinimas
1.	Daugiasluksnė statybinė plokštė
2.	Gelžbetoninė kolona
3.	Cinkuotos skardos lankstinys
4.	Savisriegis su EPDM tarpine
5.	Ankeris su EPDM tarpine
6.	Lankstinys
7.	Metalinė rostverko tvirtinimo detalė
8.	Medinė grindjuostė
9.	Tarpinė, d=10mm
10.	EPS tvirtinimo elementas

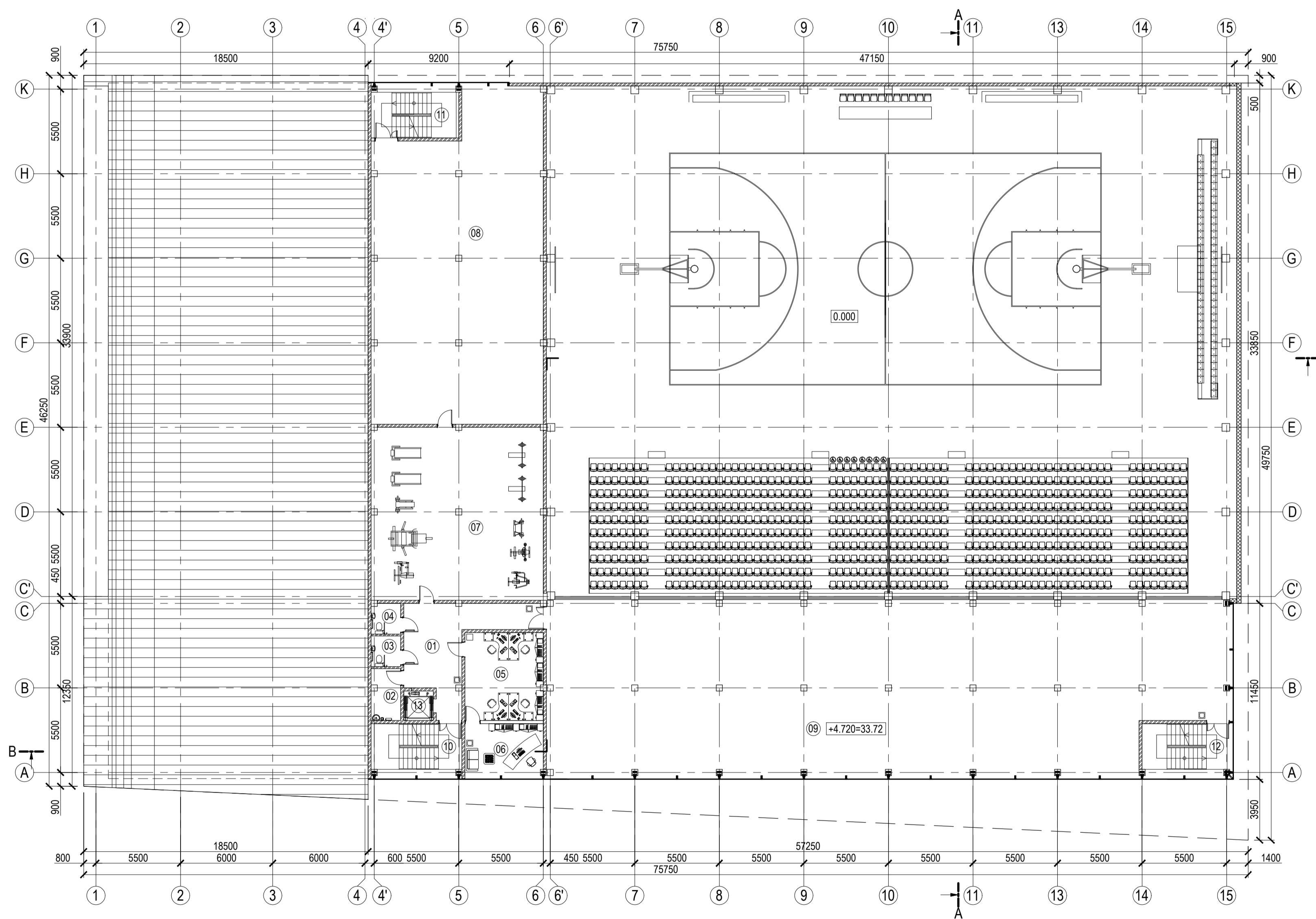
Sutartinis žymėjimas

Žymėjimas	Pavadinimas
	Cokolinė plokštė, apdailos spalva RAL 9006
	Tonuotas stiklas, rėmo profilio spalva RAL 9007
	Gryno cinko lydinio skarda

Pjūvis B-B Mastelis 1:200



Antro aukšto planas Mastelis 1:200

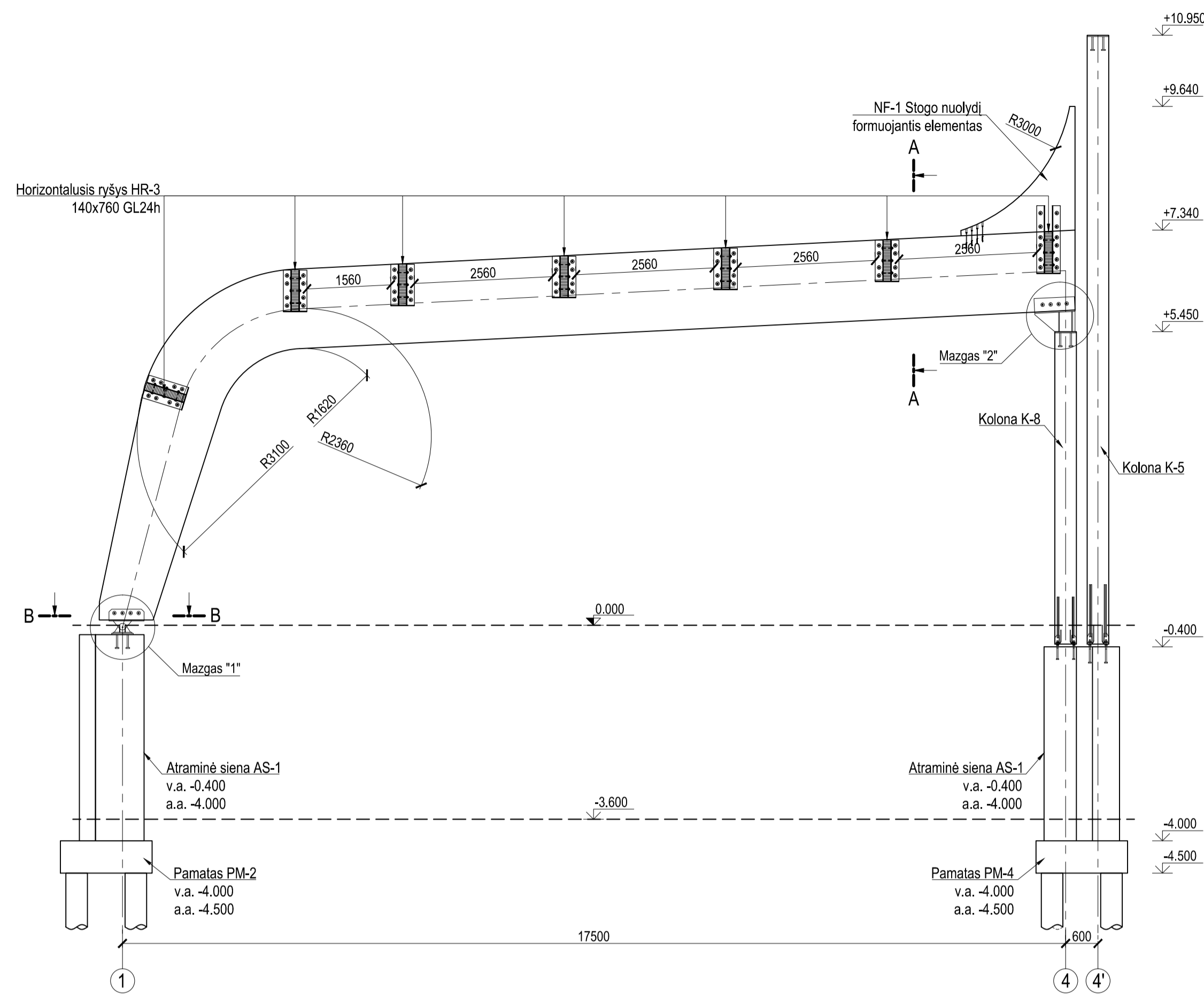


Antro aukšto patalpų eksplikacija

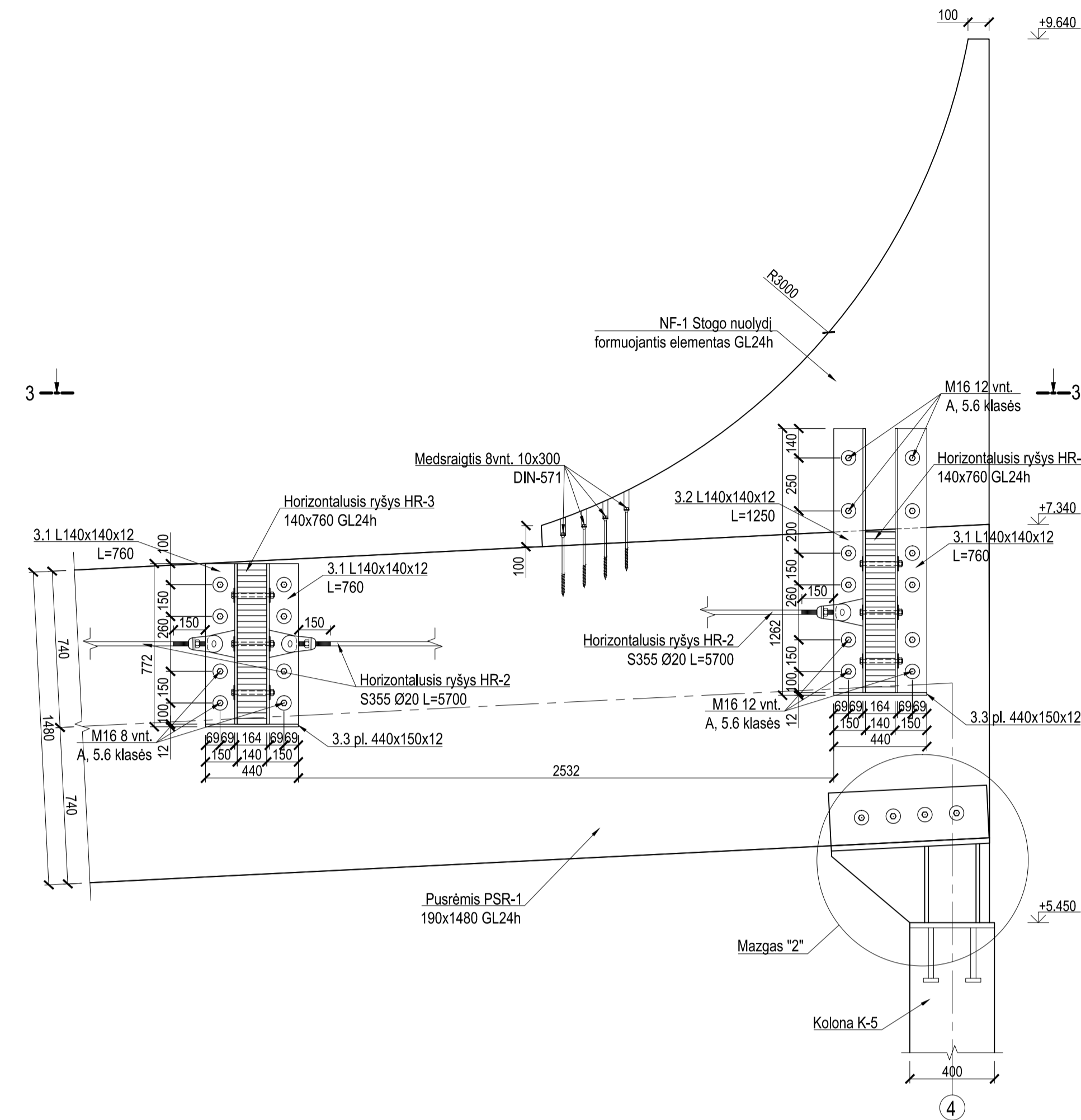
Eil. Nr.	Pavadinimas	Plotas, m ²	8.	9.	10.	11.	12.	13.
1.	Holas	33,12	8.	Sporto salė	225,23			
2.	Valytojų patalpa	6,49	9.	Balkonas/Atvira erdvė į salę	487,86			
3.	WC	3,84	10.	Laiptinė	19,91			
4.	WC	3,84	11.	Laiptinė	19,00			
5.	Administracijos patalpa	29,11	12.	Laiptinė	19,00			
6.	Direktoriaus kabinetas	17,13	13.	Keituvai	3,69			
7.	Sporto salė	125,99		Viso:	994,21			

Grupė	KTU Statybos ir architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis projektas	
SSM-5	Studentas A. Bagdonas	Sporto paskirties pastato Kretingoje statybių konstrukcijų dalies projektas	
Vadovas	M. Kasulevičius		
AK Konsult.	G. Šukailytė		
PES Konsult.	V. Paukštys	Pjūvis A-A, Pjūvis B-B, Fasadas K-A, Antro aukšto planas, Detalės "A", "B", "C"	
Pr. etapas	Statybių konstrukcijų katedra	2017-MBP-SK-02	
MBP	Studentų g. 48, Kaunas, LT-51367		
		Laida	0
		Lapas	2
		Lapų	7

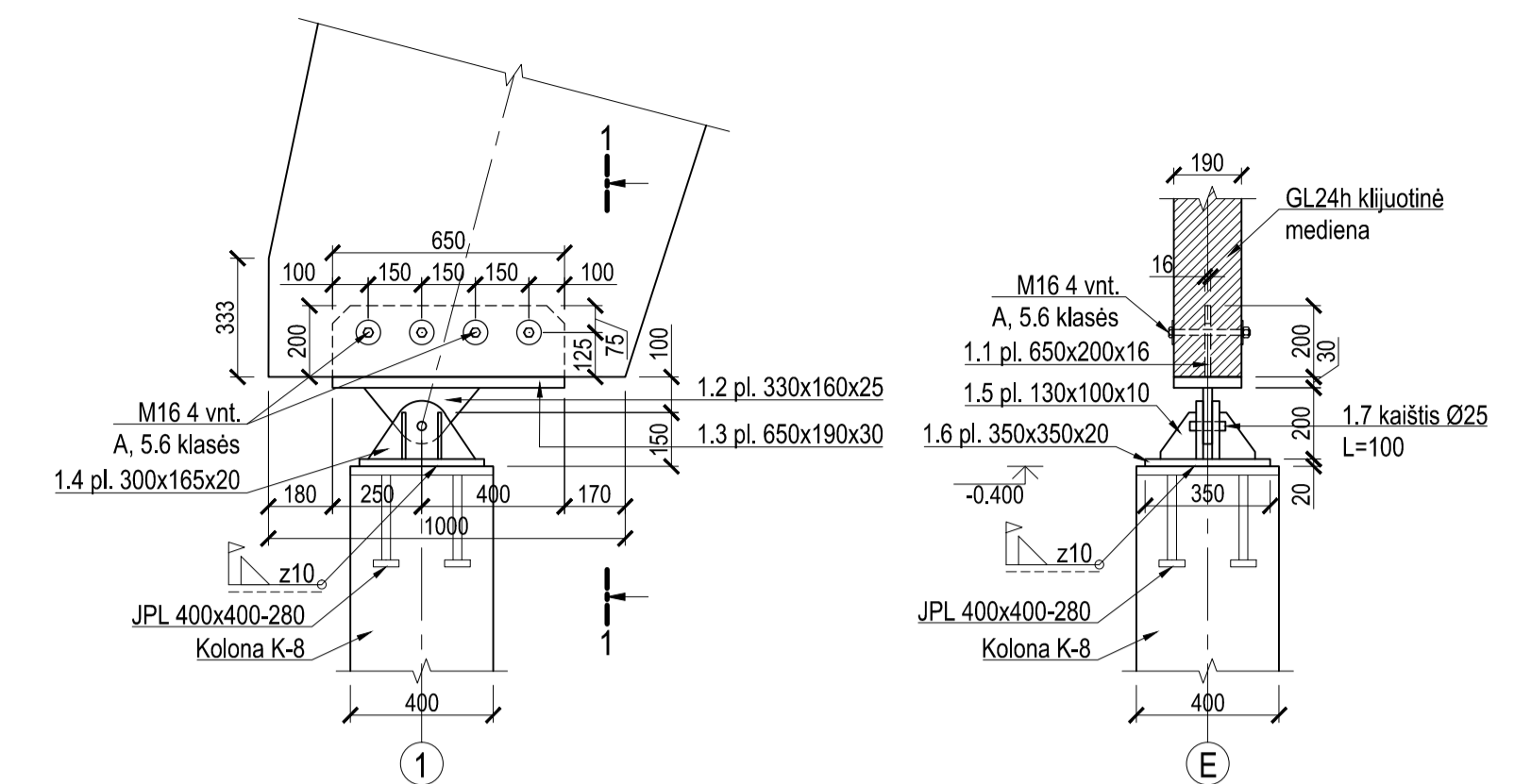
Pusrėmis PSR-1 Mastelis 1:75



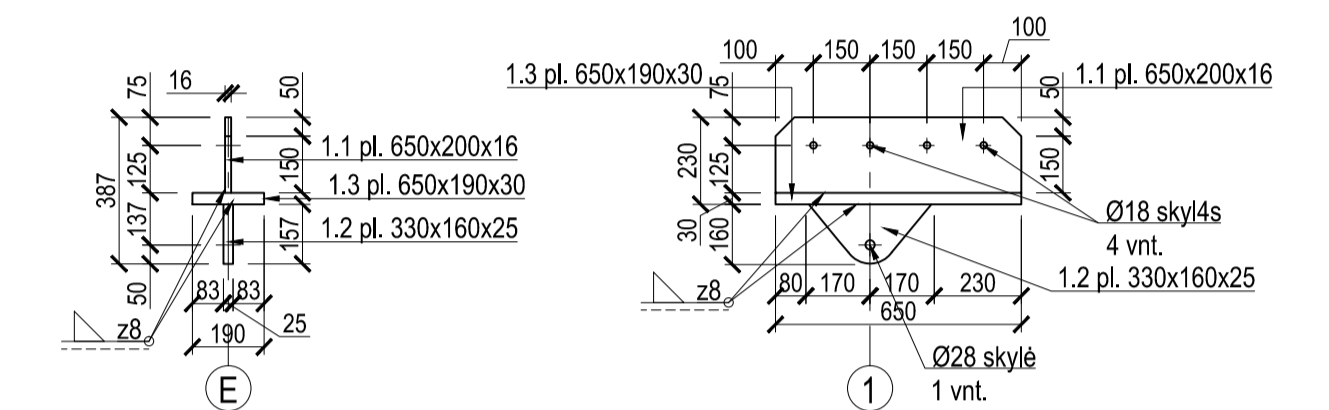
Ryšių prijungimo mazgas Mastelis 1:20



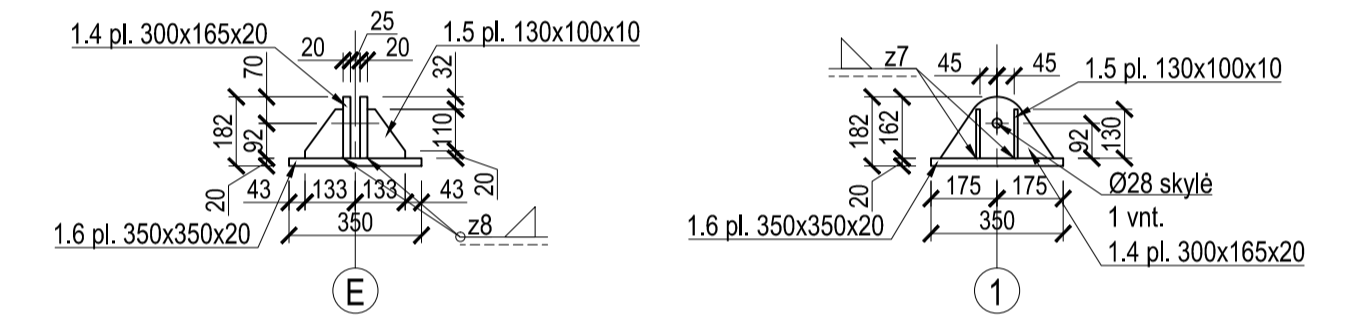
Mazgas "1" Mastelis 1:20



Mazgo "1" detalės Mastelis 1:20



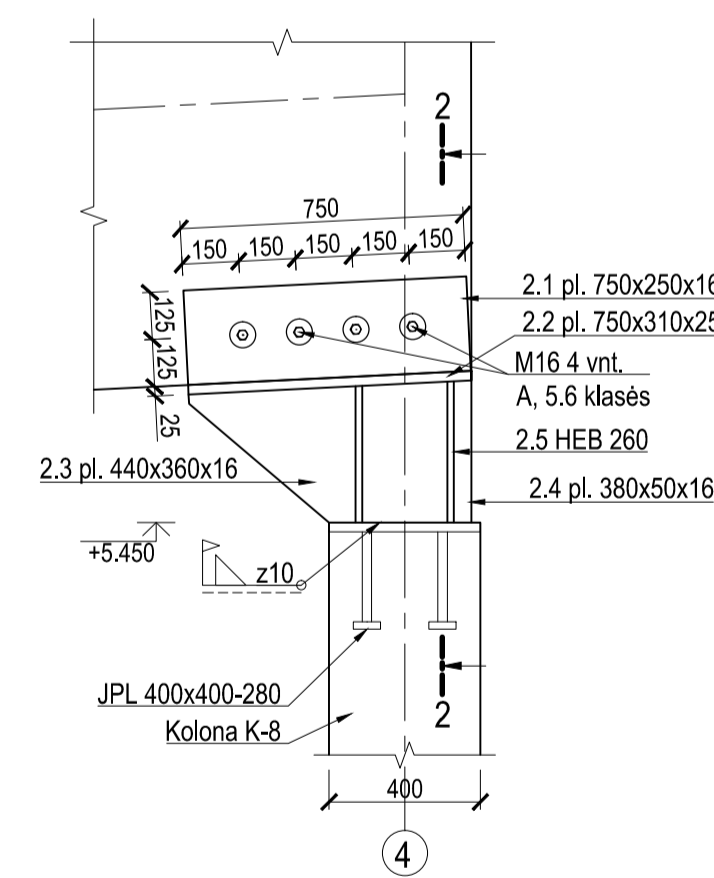
Mazgo "1" detalės Mastelis 1:20



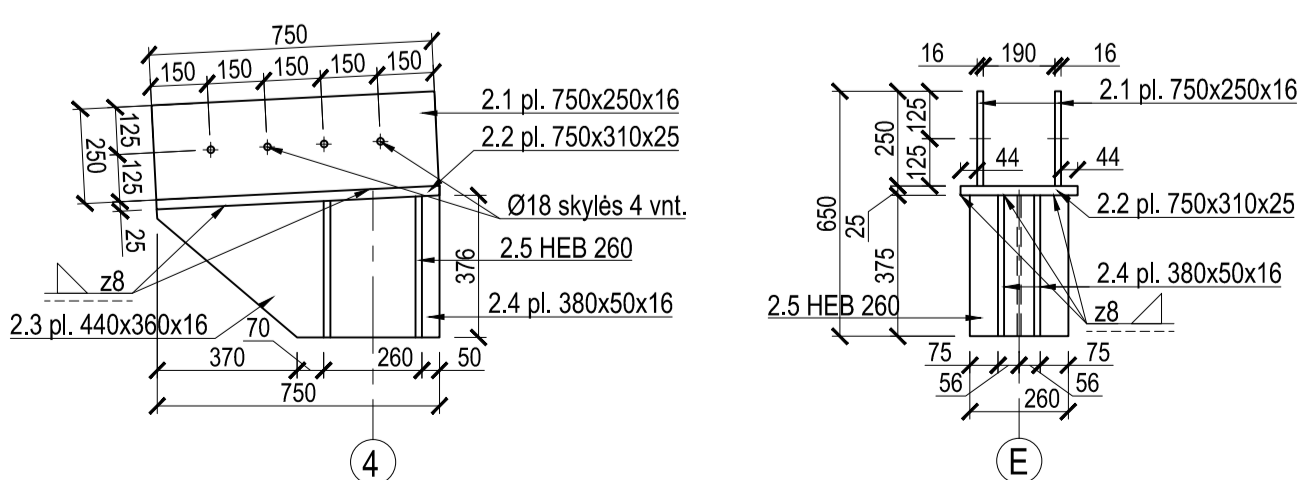
Medinio pusrėmio PSR-1 specifikacija

Gaminių markė	El. Nr.	Pavadinimas (skerpjūvis, mm)	Medienos markė	Ilgis, mm	Kiekis	Tūris, m ³			Pastabos
						Elemento	Bendra	Markės	
Pusrėmis PSR-1									
PSR-1	1.	Pusrėmis (190x1480/190x1000)	GL24h	21540	1	5,88	5,88	5,88	
HR-3	-	Horizontalusis ramstis (140x760)	GL24h	5310	112	0,57	63,28	63,28	
NF-1	-	Klijuotas elementas (190x2300)	GL24h	-	9	0,34	3,06	3,06	Nupjauti lanku
Atraminis mazgas "1"									
M-1	1.1	Plokštelė 650x200x16	S355J2	-	1	16,33	16,33	92,97	Nupjauti kampus
	1.2	Plokštelė 330x160x25		-	1	10,36	10,36		Suapvalinti
	1.3	Plokštelė 650x190x30		-	1	29,08	29,08		
	1.4	Plokštelė 300x165x20		-	2	7,77	15,54		Suapvalinti
	1.5	Plokštelė 130x100x10		-	2	1,02	2,04		Nupjauti kampu
	1.6	Plokštelė 350x350x20		-	1	19,23	19,23		
	1.7	Kaištis Ø25		-	1	0,39	0,39		
Atraminis mazgas "2"									
M-2	2.1	Plokštelė 750x250x16	S355J2	-	2	23,55	23,55	126,43	
	2.2	Plokštelė 750x310x25		-	1	45,63	45,63		
	2.3	Plokštelė 440x360x16		-	2	19,89	19,89		Nupjauti kampu
	2.4	Plokštelė 380x50x16		-	2	2,39	2,39		Nupjauti kampu
	2.5	HEB 260		-	376	1	34,97		34,97
Ryšių sistema									
HR-2	Strypas Ø20			S355J2	5700	128	14,05	1798,40	Nusriegti galus
	3.1	Kampuošis L140x140x12	760		96	18,93	1817,28	Išgręžti skylės	
	3.2	Kampuošis L140x140x12	1250		16	31,56	504,96	Išgręžti skylės	
	3.3	Plokštelė 440x150x12	-		112	6,22	696,64	Nupjauti kampu	
						Markių:	219,40		
						Siūlės 1.5%	3,29		
						Varžtai 5%:	10,97		
						Viso:	233,66		

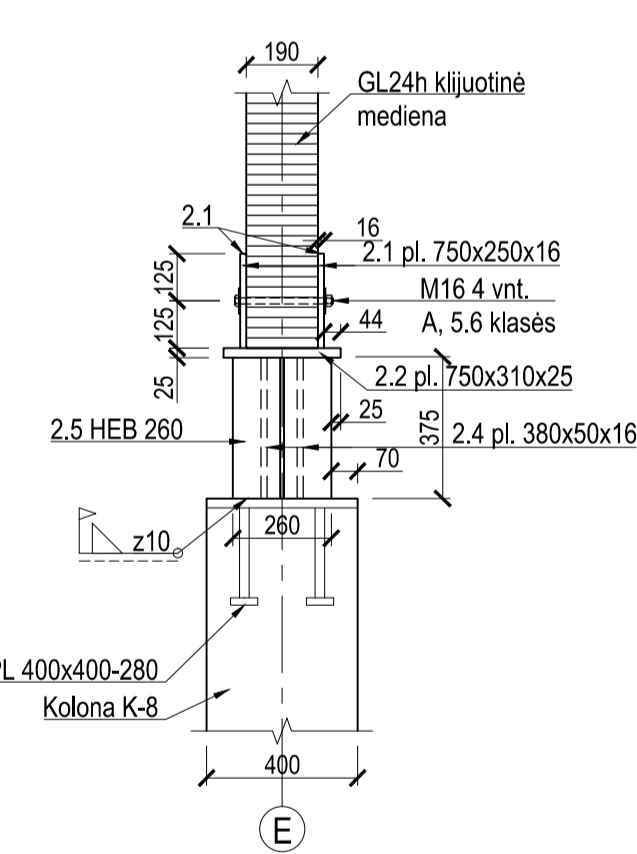
Mazgas "2" Mastelis 1:20



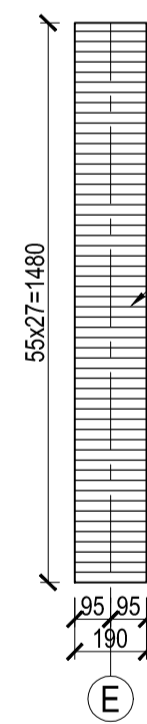
Mazgo "2" detalės Mastelis 1:20



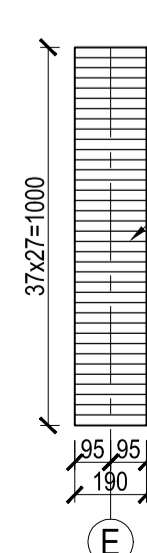
Pjūvis 1-1 Mastelis 1:20



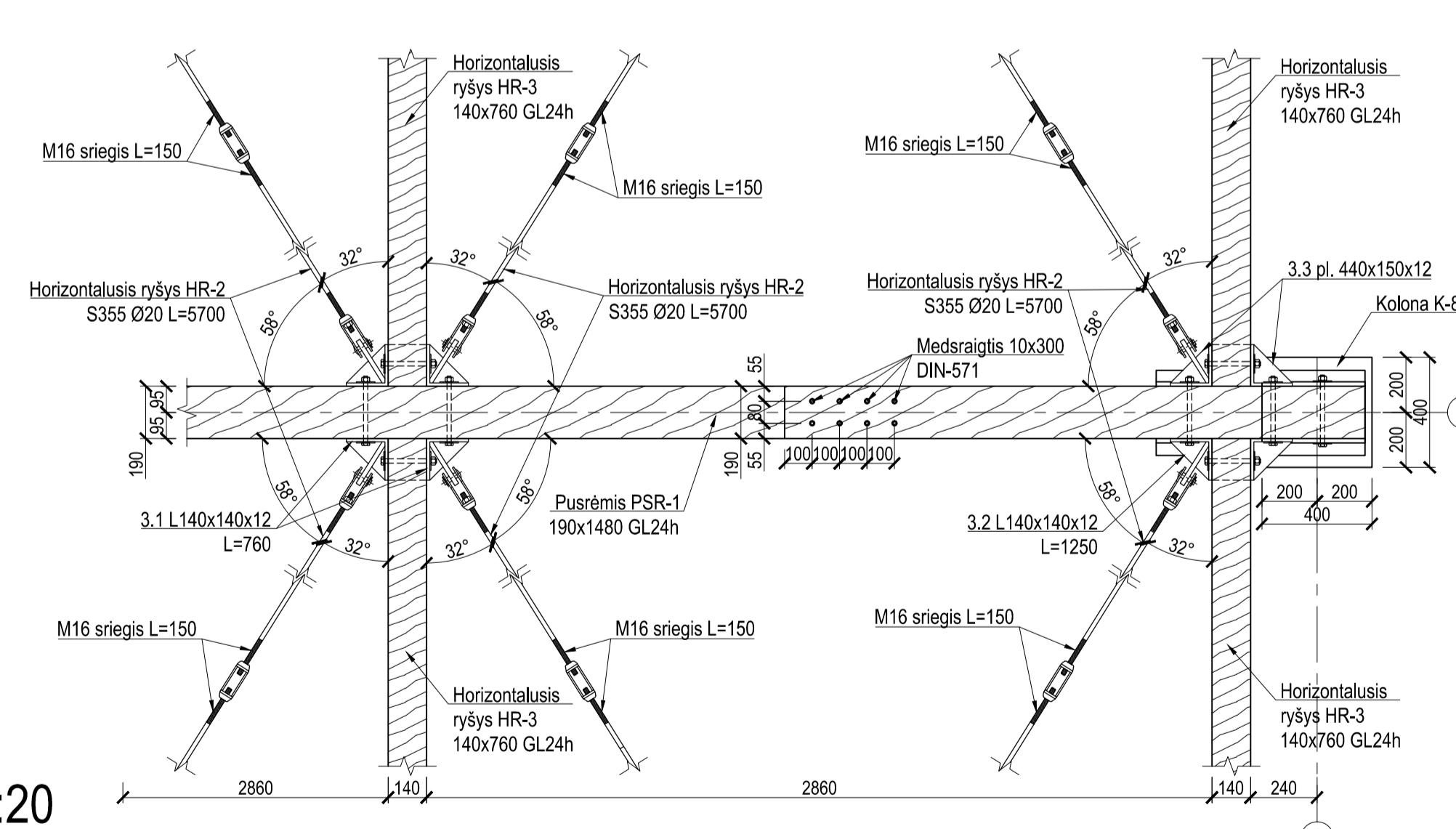
Pjūvis A-A Mastelis 1:20



Pjūvis B-B Mastelis 1:20



Vaizdas 3 Mastelis 1:20

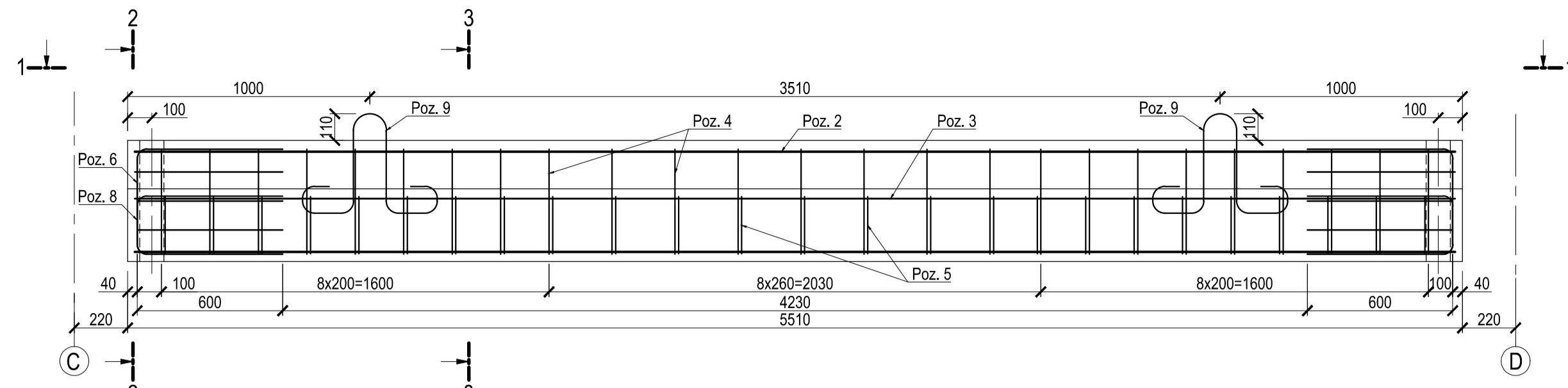


Pastabos:

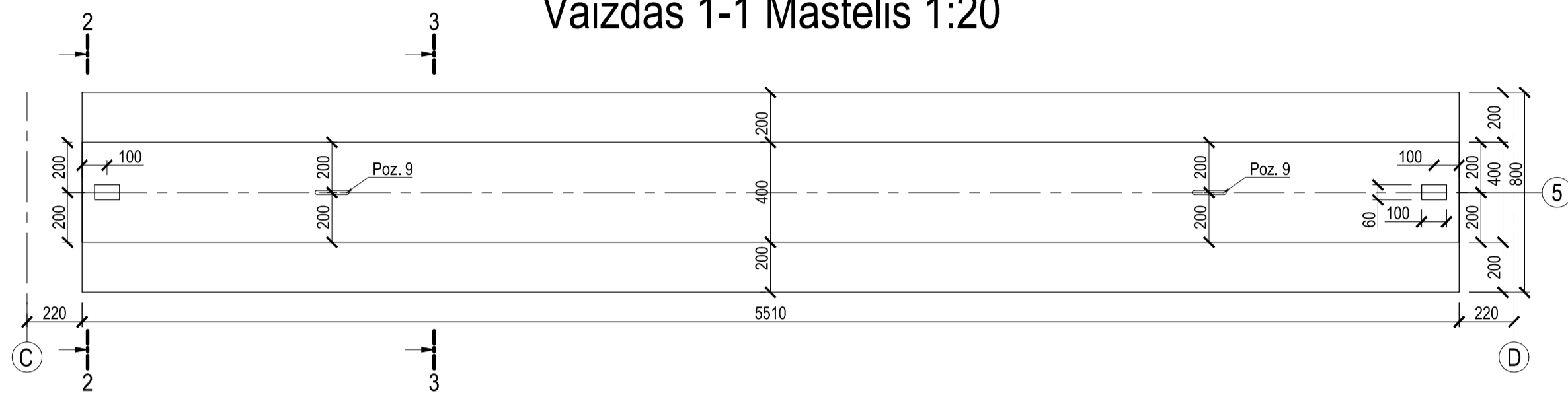
- Matmenys pateikti milimetrais, altitudės - metrais.
- Konstrukcijai gaminti naudojama klijuotinė GL24h klasės mediena, pagal EN 1194 ir EN 14080.
- Konstrukcijai naudojamos 32x200 dvigubo pjūvimo lentos, kurių visi paviršiai prieš klijavimą obliuojami. Galutiniai lentos matmenys - 27x190.
- Konstrukcijos atraminiai mazgai bei tempiami ryšių sistemų elementai konstruojami iš S355J2 klasės lakštinio cinkuoto plieno, pagal LST EN 10025 ir A klasės 5.6 M16 varžtų, pagal LST EN ISO 4014:2002.
- Plieniniai elementai nuo korozijos apsaugomi karštais cinkuojant. Cinko dangos minimalus vidutinis storis 85µm pagal EN/ISO 1461:1999
- Plieniniai elementai tarpusavyje virinami naudojant E 35 glaiстыuosius elektrodus, pagal LST EN 499:1997. Virintinės siūlės statinio aukštis z8 mm.
- Medinė konstrukcija eksploatuojama III eksploatavimo klasės aplinkoje. Plieniniai elementai eksploatuojami C4 korozijškumo klasės aplinkoje.
- Apsaugai nuo puvimo ir grybelio mediena dengiama antiseptikais, o apsaugai nuo ugnies - antipirenais.
- Medžiagų kiekiai specifikacijoje pateikti vienai konstrukcijai. Ryšiai - visam korpuso denginiui.

Grupė	KTU Statybos ir architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis projektas
SSM-5	Studentas A. Bagdonas	Sporto paskirties pastato Kretingoje statybių konstrukcijų dalies projektas
Vadovas	M. Kasulevičius	
PES	Konsult. V. Paukštys	Pusrėmis PSR-1, Mazgas 1, Ryšių prijungimo mazgas, Laida Mazgas 2, Pjūvis A-A, B Mazgo 1 detalės, Vaizdas 3, Mazgo 2 detalės, Pjūvis B-B
Pr. etapas	MBP	
Studentų g. 48, Kaunas, LT-51367		2017-MBP-SK-04
		Lapas Lapų
		4 7

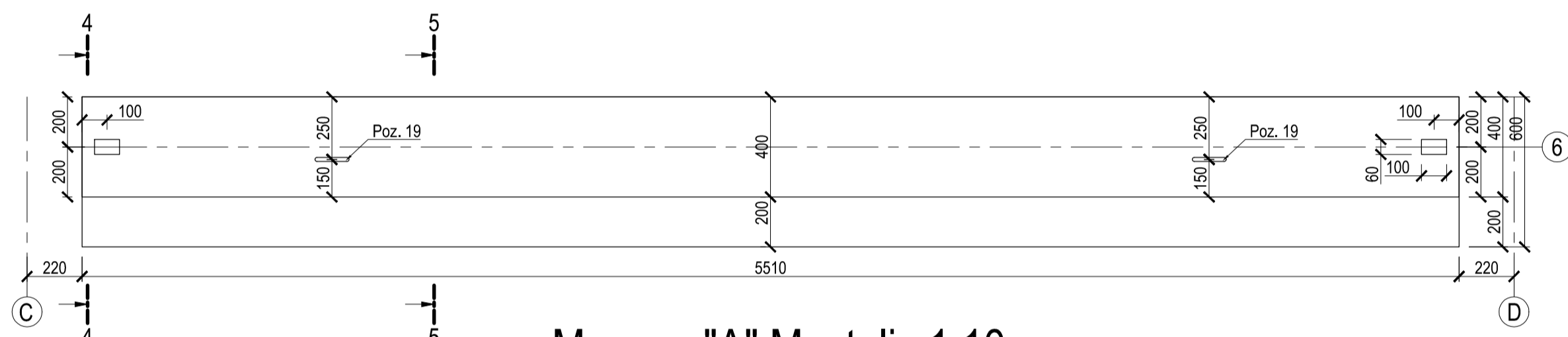
Rygelis RT-1 Mastelis 1:20



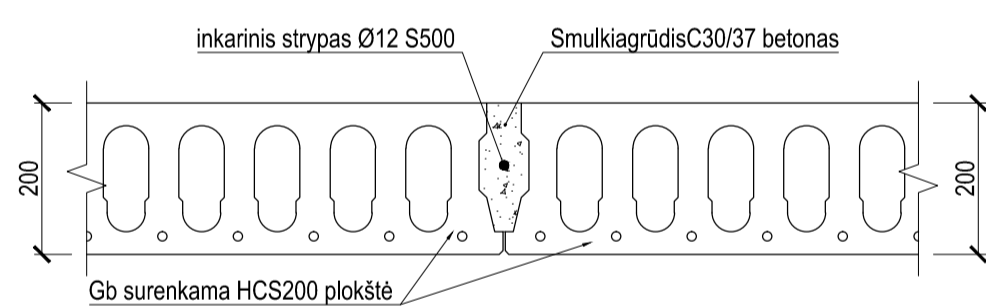
Vaizdas 1-1 Mastelis 1:20



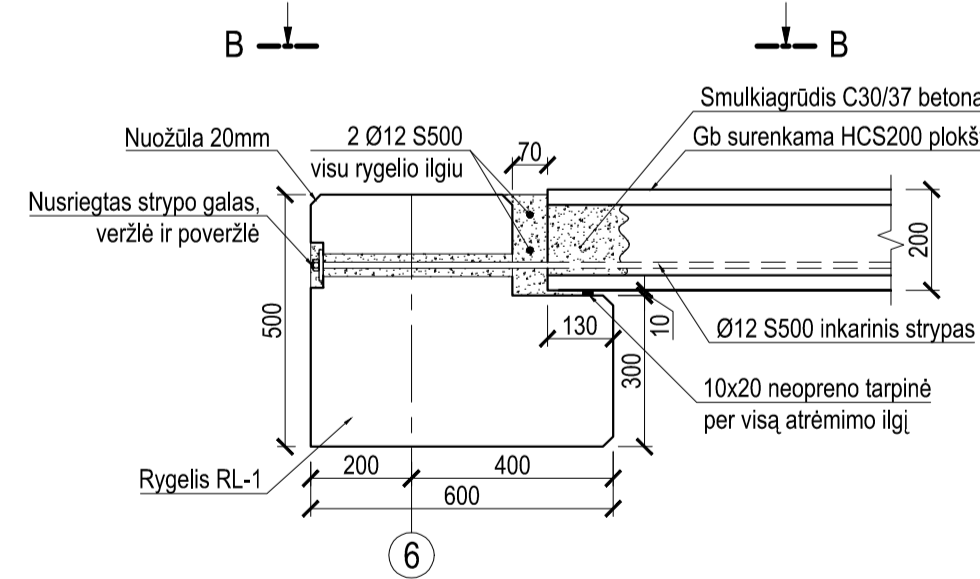
Rygelio RL-1 vaizdas iš viršaus Mastelis 1:20



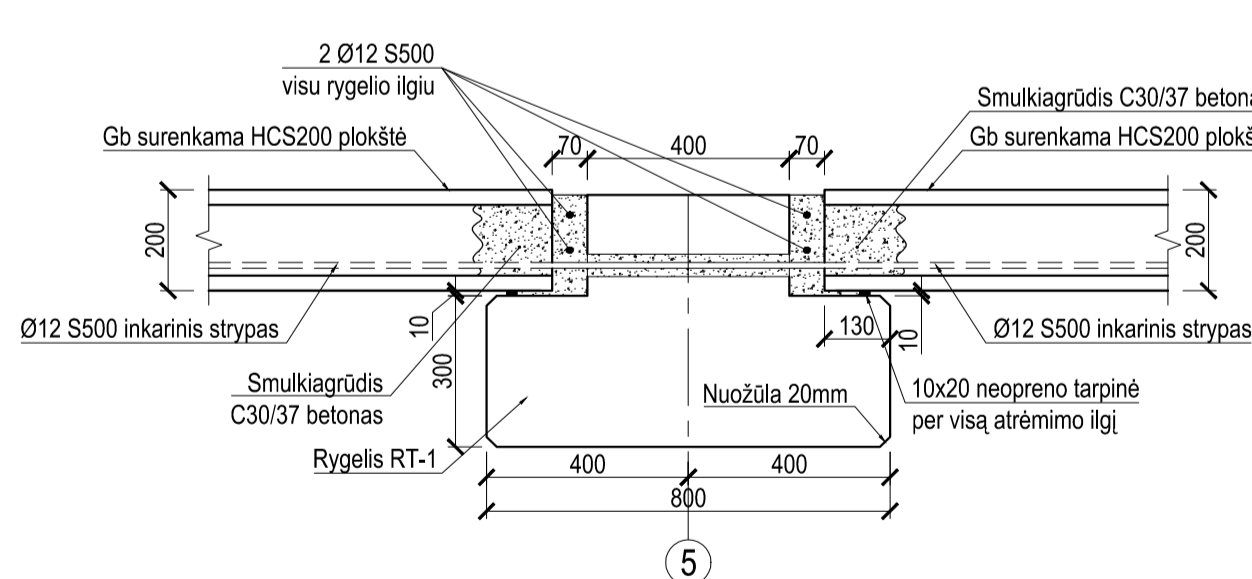
Mazgas "A" Mastelis 1:10



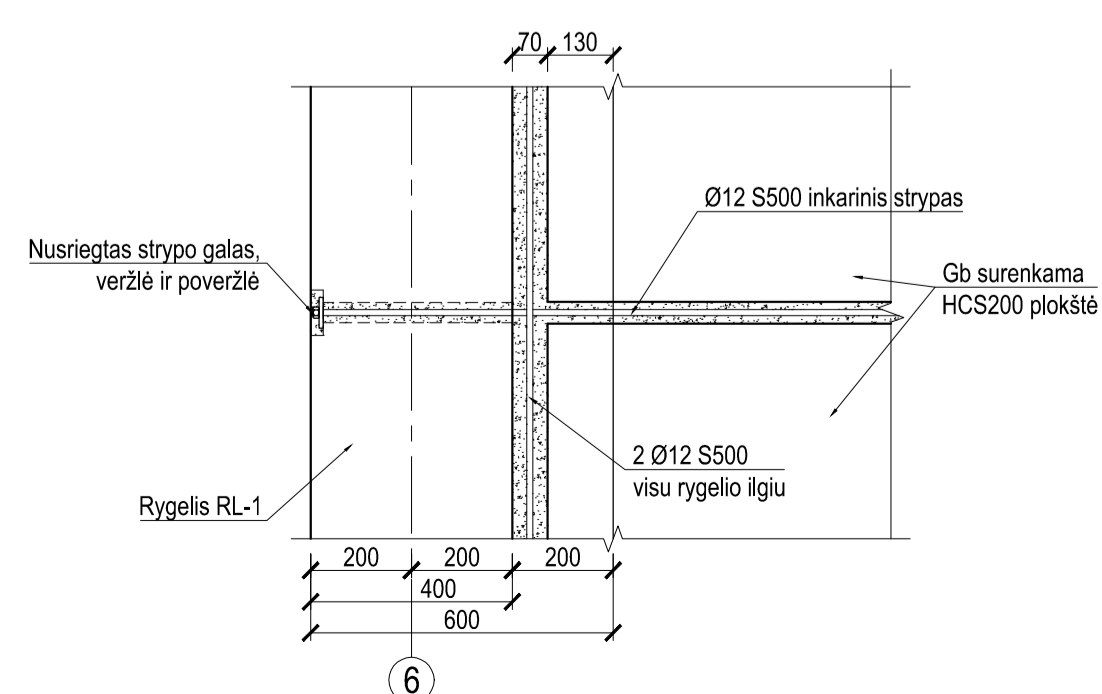
Mazgas "B" Mastelis 1:15



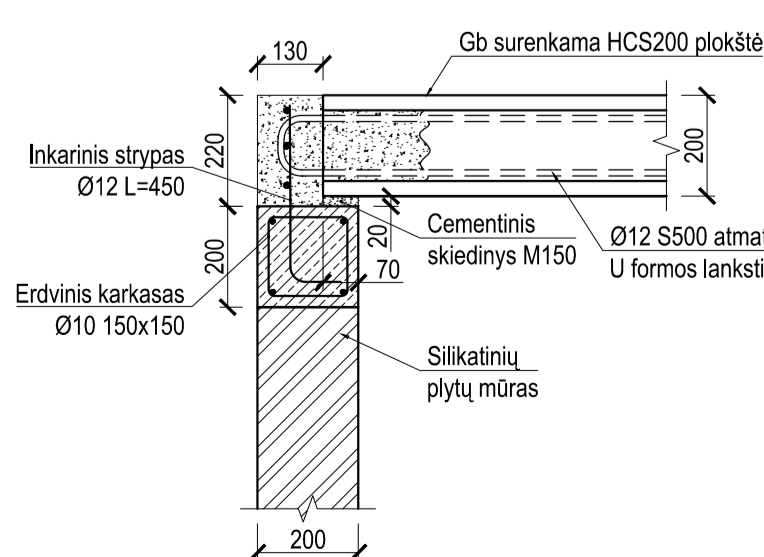
Mazgas "C" Mastelis 1:15



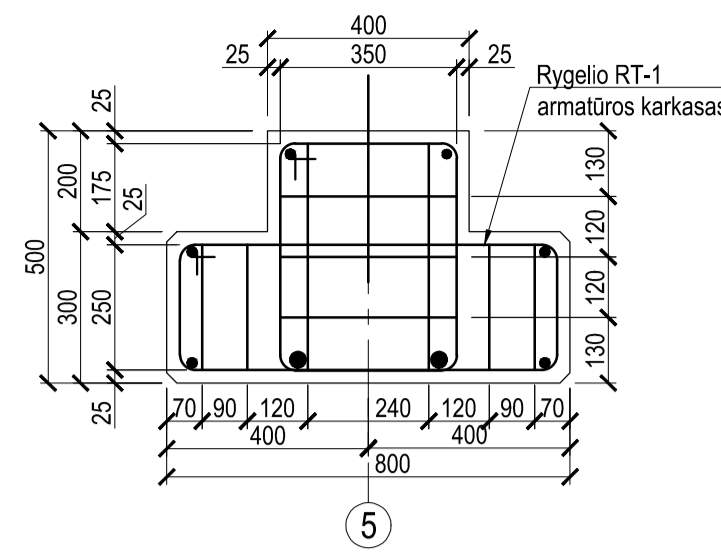
Vaizdas B-B Mastelis 1:15



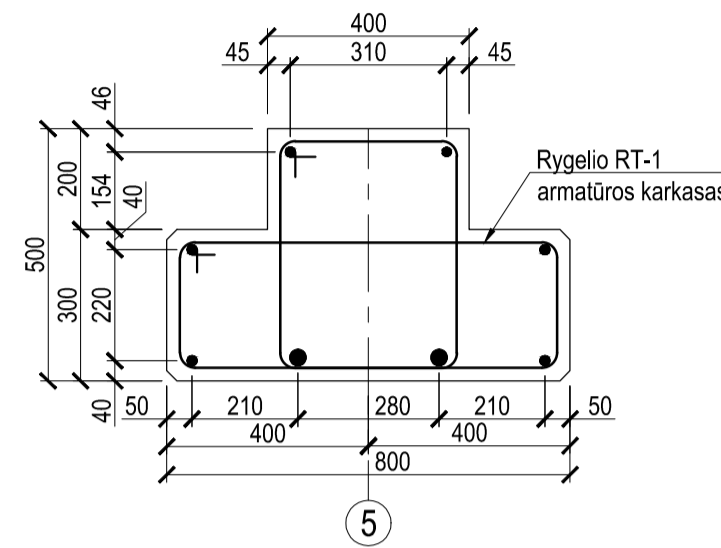
Mazgas "D" Mastelis 1:15



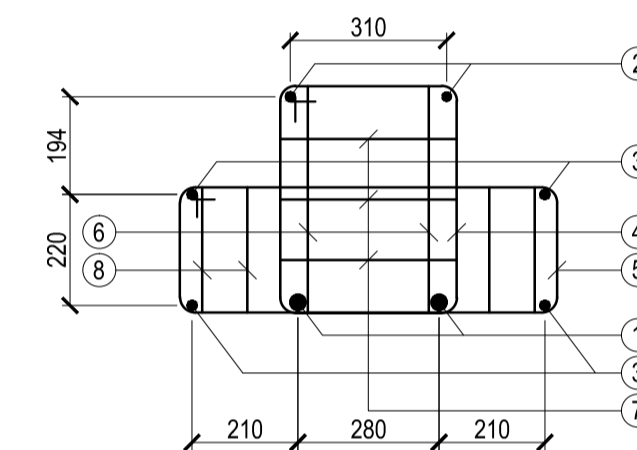
Pjūvis 2-2 Mastelis 1:15



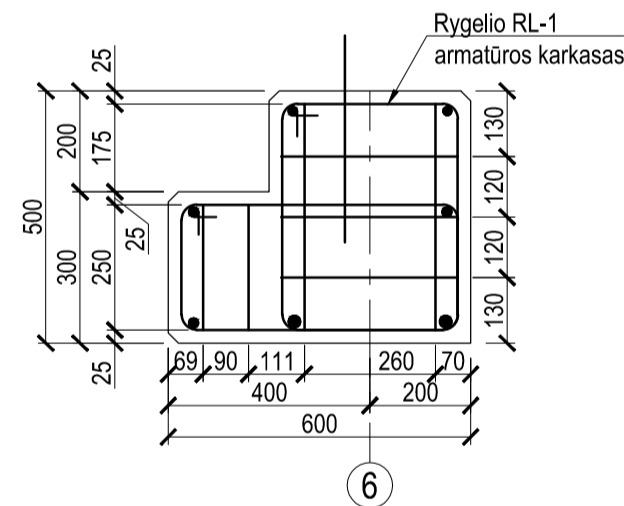
Pjūvis 3-3 Mastelis 1:15



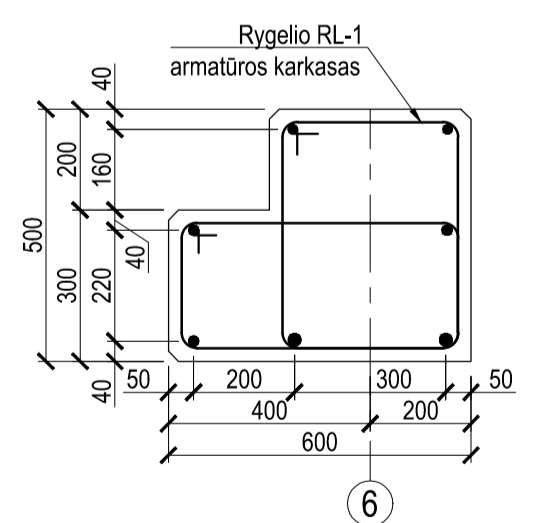
Rygelio RT-1 armavimas Mastelis 1:15



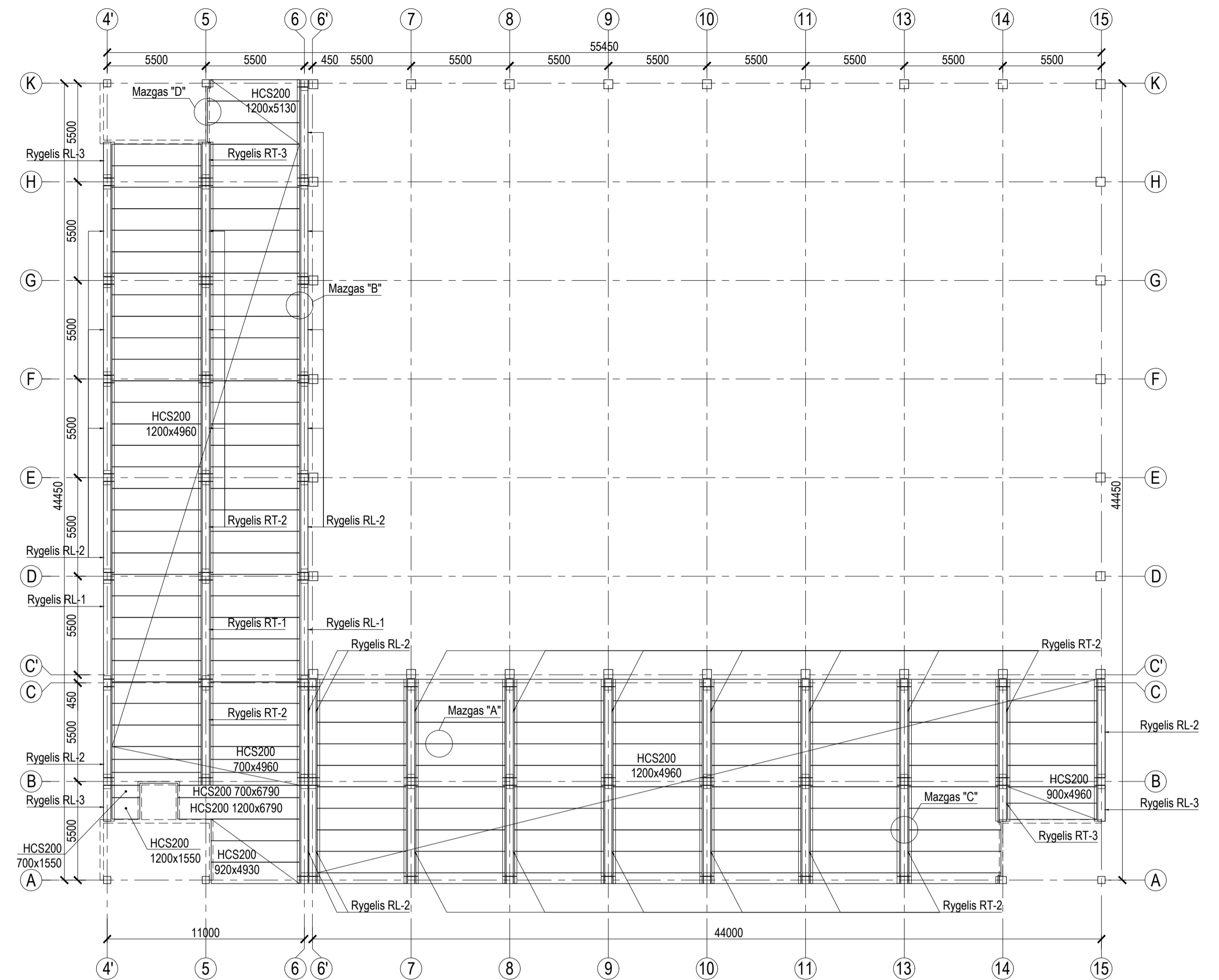
Pjūvis 4-4 Mastelis 1:15



Pjūvis 5-5 Mastelis 1:15



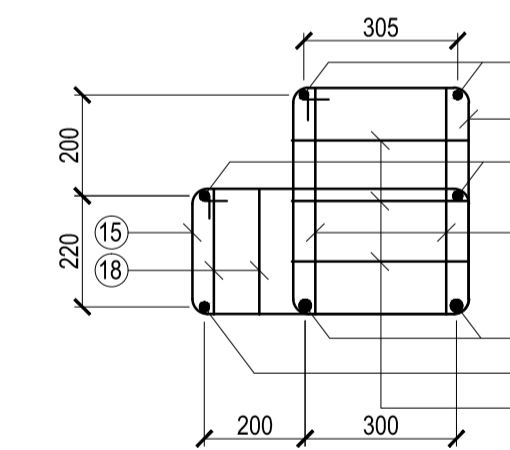
Sporto salės korpuso 1 aukšto perdangos planas Mastelis 1:200



Rygelio RT-1 armatūros specifikacija

Eil. Nr.	Gaminio žymuo	Armatūros skersmuo (mm), klasė	Ilgis, m	Vieneto svoris, kg	Kiekis	Bendras ilgis, m	Bendras svoris, kg	Pastabos
1.	1	Ø32, S500	5,45	34,41	2	10,90	68,82	
2.	2	Ø18, S500	5,45	10,89	2	10,90	21,77	
3.	3	Ø20, S500	5,45	13,44	4	21,80	53,76	
4.	4	Ø10, S240	1,75	1,08	25	43,75	26,97	
5.	5	Ø8, S240	2,15	0,85	25	53,75	21,21	
6.	6	Ø14, S500	1,65	1,99	4	6,60	7,98	
7.	7	Ø14, S500	1,55	1,87	6	9,30	11,24	
8.	8	Ø14, S500	1,40	1,69	8	11,20	13,53	
9.	9	Ø16, S240	1,65	2,60	2	3,30	5,21	Kėlimo kilpos
10.	Viso:	S240					53,39	
11.	Viso:	S500					177,10	

Rygelio RL-1 armavimas Mastelis 1:15



Betono specifikacija

Eil. Nr.	Gaminio žymuo	Betono klasė	Kiekis, m³	Pastabos
1.	RT-1	C30/37 XC1-CI. 0.1-16	1,76	Vienam rygeliui
2.	RL-1	C30/37 XC1-CI. 0.1-16	1,43	Vienam rygeliui

Rygelio RL-1 armatūros specifikacija

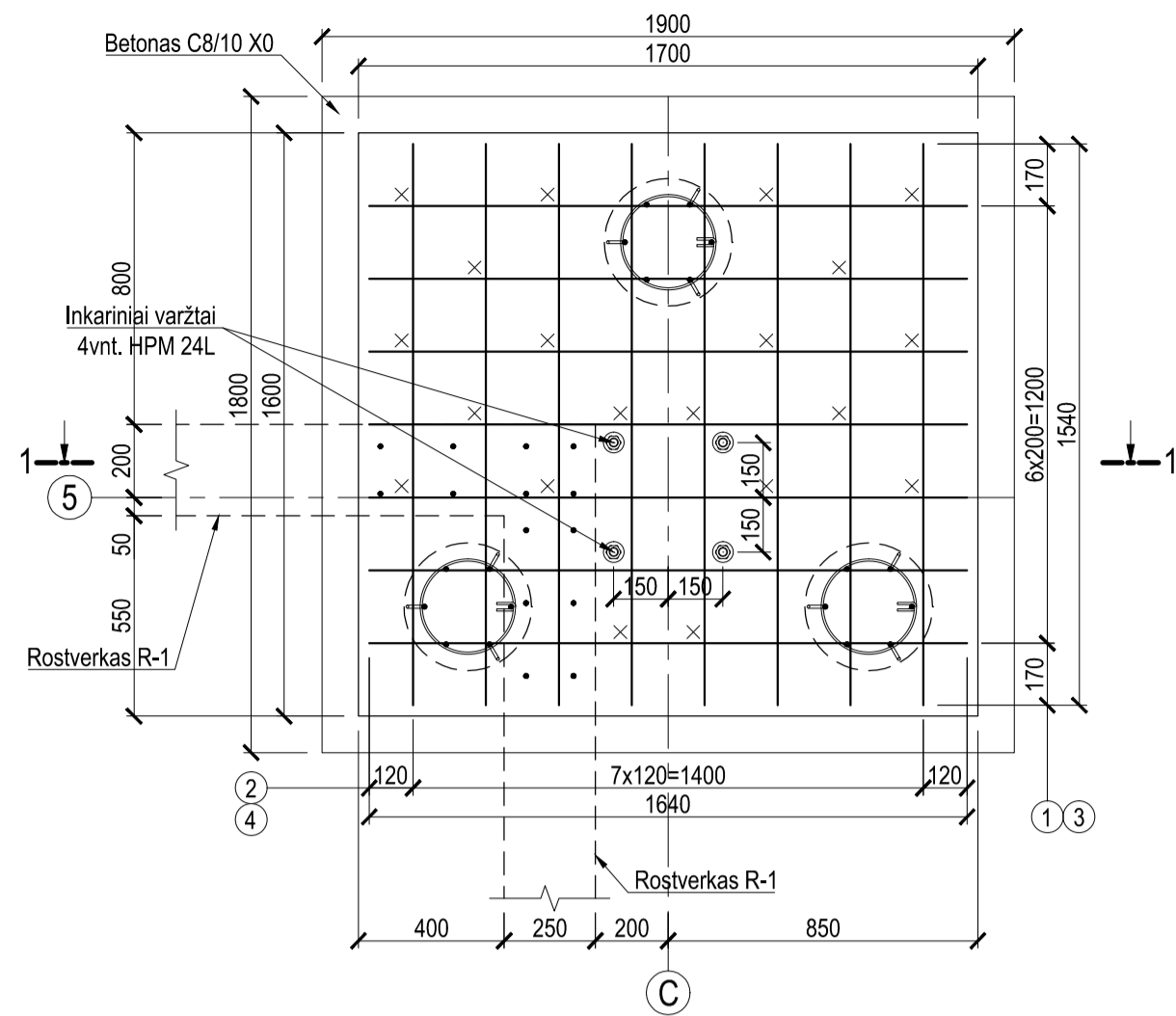
Eil. Nr.	Gaminio žymuo	Armatūros skersmuo (mm), klasė	Ilgis, m	Vieneto svoris, kg	Kiekis	Bendras ilgis, m	Bendras svoris, kg	Pastabos
1.	11	Ø25, S500	5,45	21,00	2	10,90	42,00	
2.	12	Ø18, S500	5,45	10,89	2	10,90	21,77	
3.	13	Ø20, S500	5,45	13,44	4	21,80	53,76	
4.	14	Ø8, S240	1,75	0,69	25	43,75	17,26	
5.	15	Ø8, S240	2,15	0,85	25	53,75	21,21	
6.	16	Ø14, S500	1,65	1,99	4	6,60	7,98	
7.	17	Ø14, S500	1,55	1,87	6	9,30	11,24	
8.	18	Ø14, S500	1,40	1,69	4	5,60	13,53	
9.	19	Ø16, S240	1,65	2,60	2	3,30	5,21	Kėlimo kilpos
10.	Viso:	S240					36,91	
11.	Viso:	S500					150,29	

Pastabos:

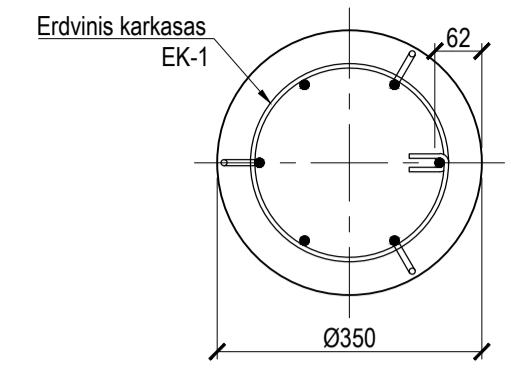
- Matmenys pateikti milimetrais, altitudės - metrais.
- RT ir RL skerspjūvio rygeliai gaminami naudojant C30/37 XC1-CI. 0.1-16 klasės betoną, pagal LST EN 206:2014.
- Konstrukcijos armuojamos erdviniais armatūros karkasais iš S500B klasės išilginis ir S240 skersinis armatūros strypų, pagal LST EN ISO 15630-1:2011.
- Armatūros karkasų suvirinimas vykdomas pusautomatiškai, pagal LST EN ISO 17660-1:2006 ir LST EN ISO 17660-2:2006.
- Perdangoms naudojamos surenkamos UAB "Betonika" gamyklinės plokštės HCS200.
- Išpjovos plokštėse atliekamos vadovaujantis gamintojo pateiktomis rekomendacijomis.
- Pastato perdangos atitinka REI45 gaisrinio skyriaus konstrukcijų elementų atsparumo ugniai klasę, pagal STR 2.01.01(2):1999.
- Perdangos plokštės montuojamos ant 10x20 neopreno juostos, klojamos visu rygelio ilgiu.
- Montuojant perdangos plokštes ant mūro sienos, naudojamos ne žemesnės kaip M150 klasės cementinis skiedinys, pagal LST EN 206:2014.
- Rygeliai su kolonomis jungiami M20 inkariniais varžtais, jungti užbetuojant smulkiagrūdžiui C30/37 XC1 betono mišiniui.
- Maksimali skaičiuojamoji apkrova RT tipo rygeliui - 78.8 kN/m, RL tipo rygeliui - 47.6 kN/m, HCS200 plokštei - 8.4 kN/m².
- Medžiagų kiekiai specifikacijoje pateikiami 1 vnt. rygeliams RT-1 ir RL-1.

Grupė	KTU Statybos ir architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis projektas
SSM-5	Studentas A. Bagdonas	Sporto paskirties pastato Kretingoje statybių konstrukcijų dalies projektas
	Vadovas M. Kasulevičius	
PES	Konsult. V. Paukštys	
Pr. etapas	Statybių konstrukcijų katedra	
MBP	Studentų g. 48, Kaunas, LT-51367	2017-MBP-SK-05

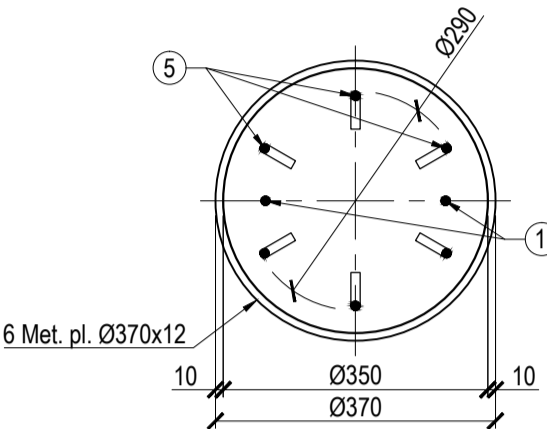
Pamatas PM-5 Mastelis 1:20



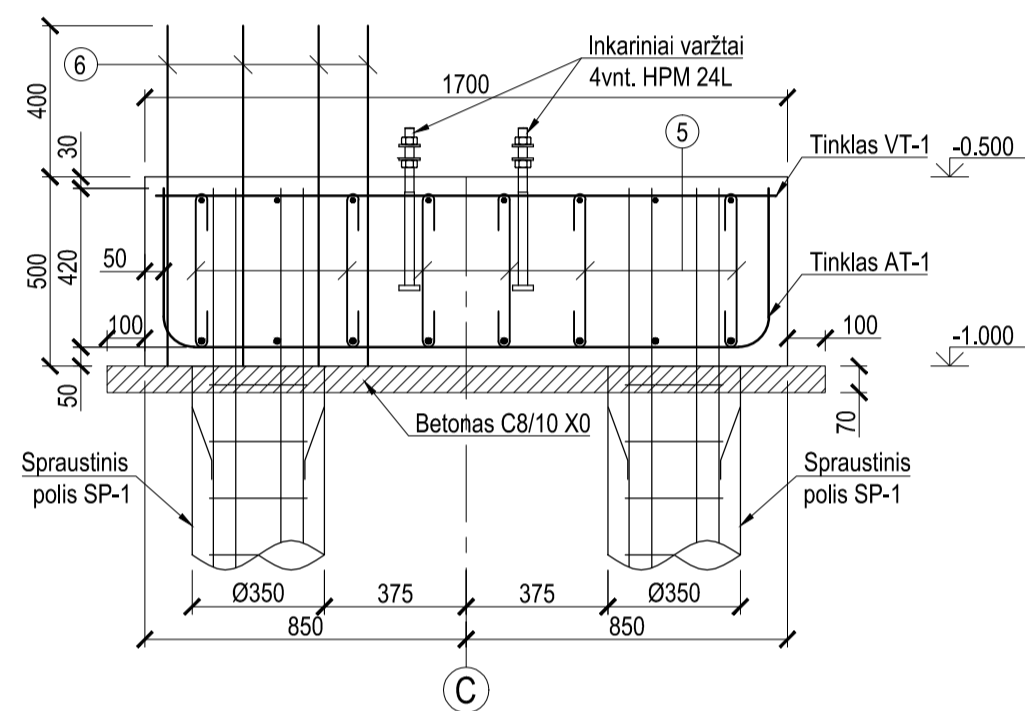
Pjūvis 1-1 Mastelis 1:10



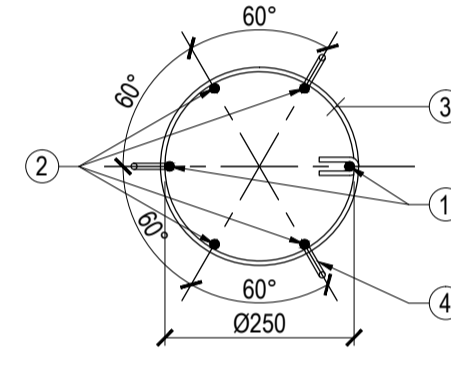
Pjūvis 2-2 Mastelis 1:10



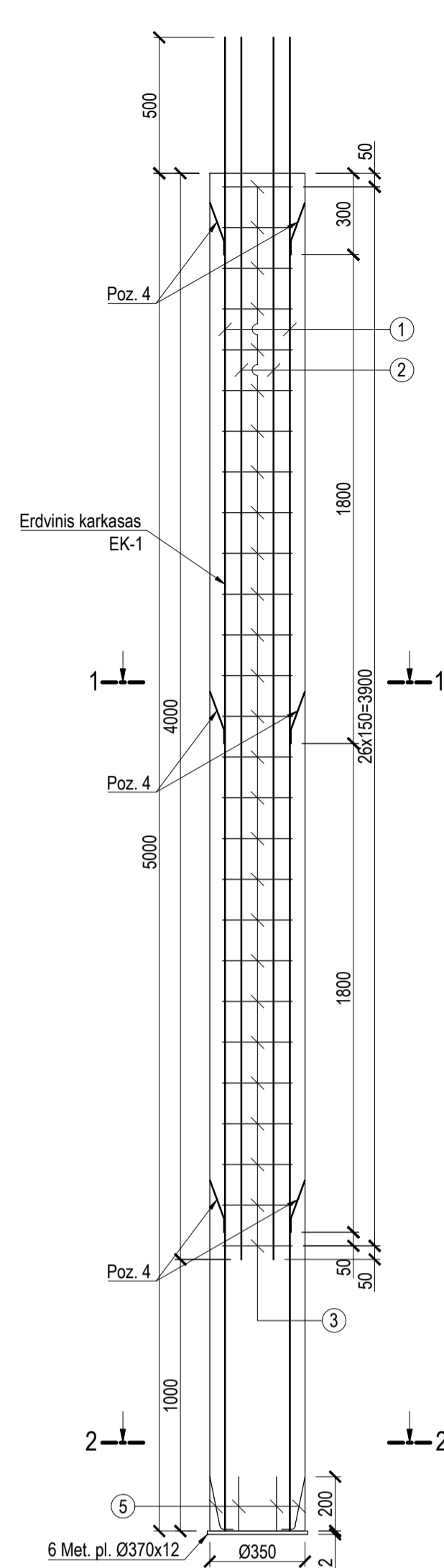
Pjūvis 1-1 Mastelis 1:20



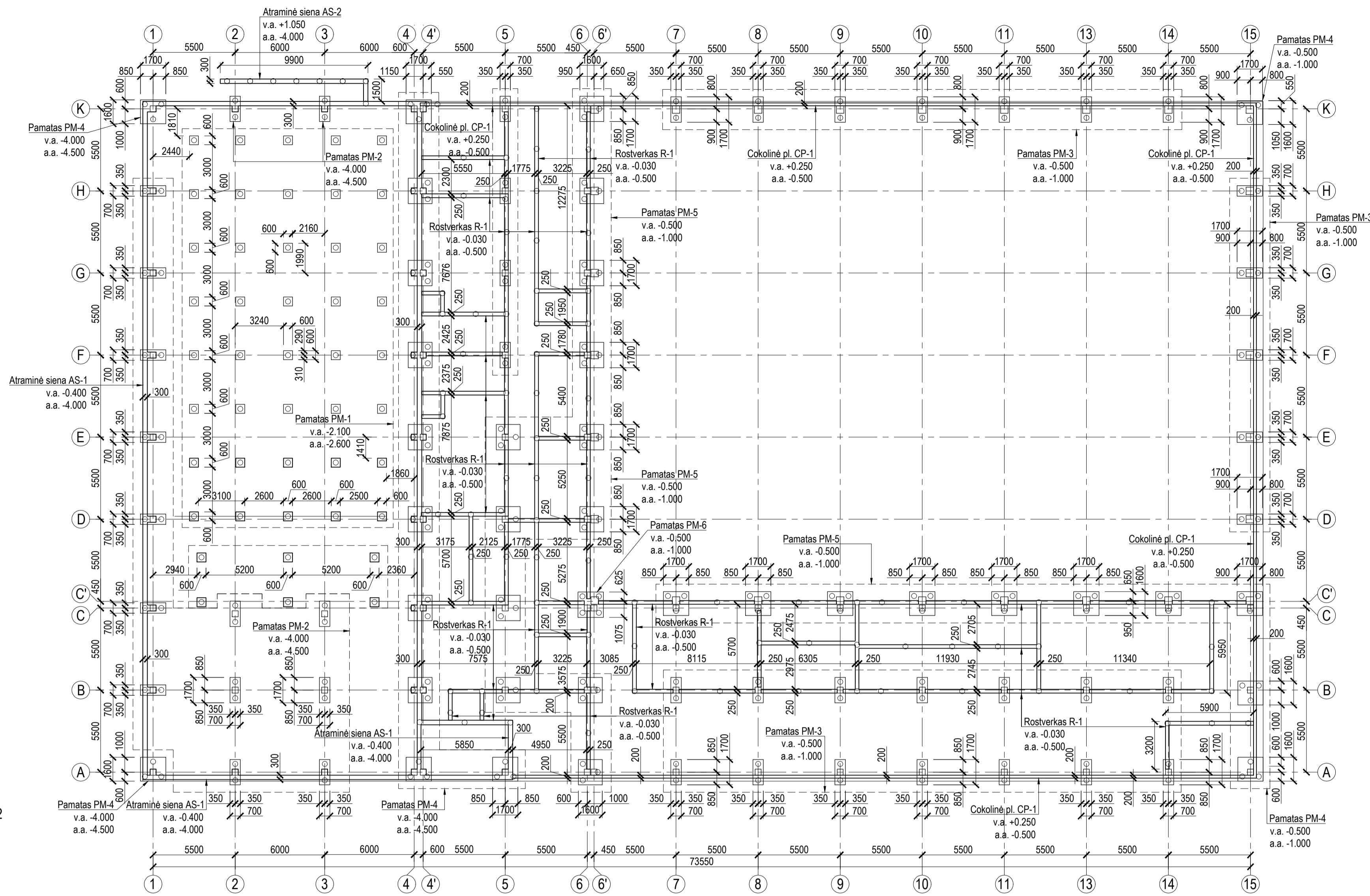
Erdvinis karkasas EK-1 Mastelis 1:10



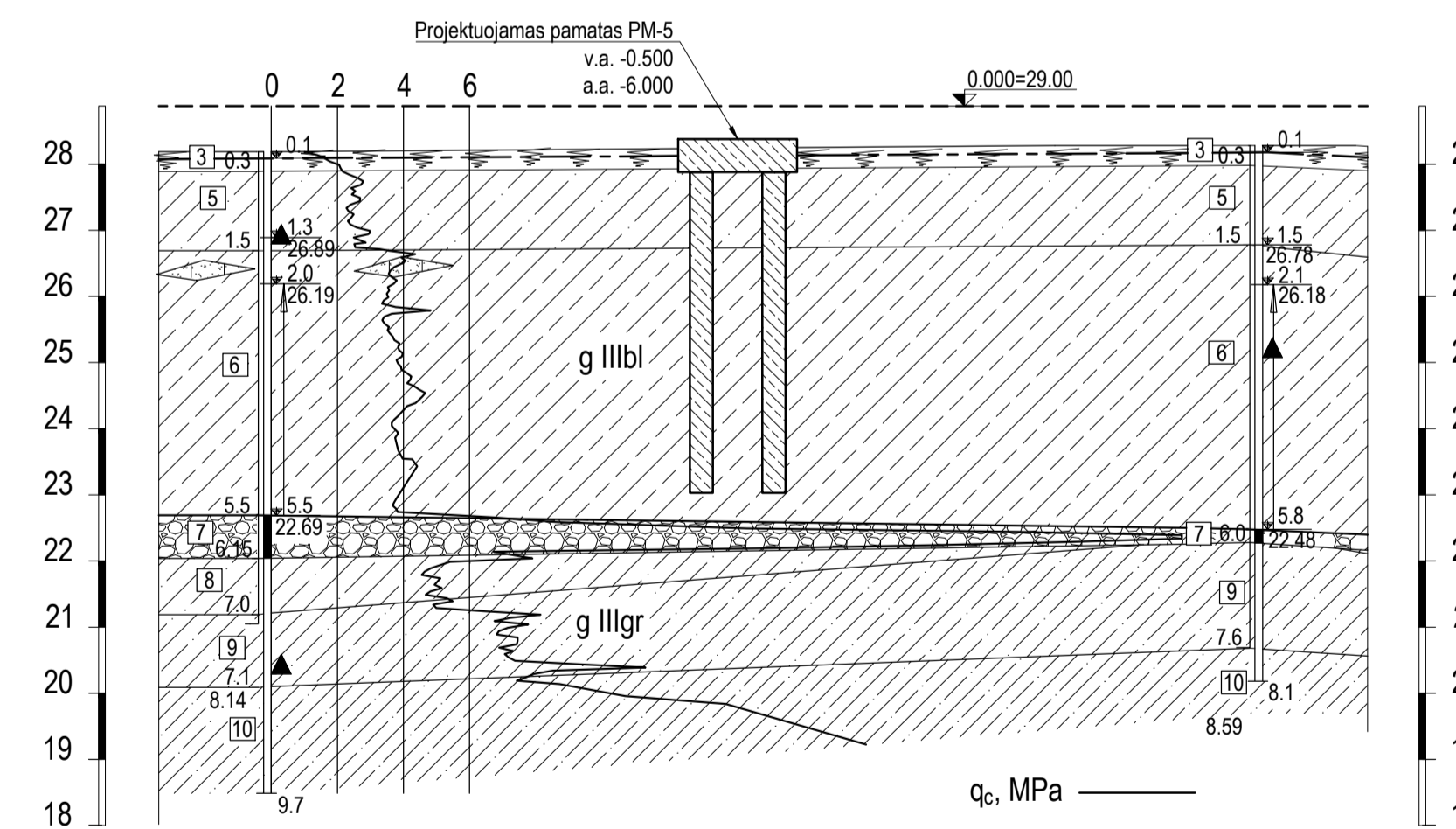
Spraustinis polis SP-1 Mastelis 1:20



Pamatų planas Mastelis 1:200



Geologinis pjūvis M_V 1:100 M_H 1:200



Galvenos G-5 armatūros specifikacija

Eil. Nr.	Gaminio žymuo	Armatūros skersmuo (mm), klasė	Ilgis, m	Vieneto svoris, kg	Kiekis	Bendras ilgis, m	Bendras svoris, kg	Pastabos
1.	1	Ø16, S500	1,64	2,59	7	11,48	18,12	Tinklas AT-1
2.	2	Ø16, S500	1,54	2,43	8	12,32	19,45	Tinklas AT-1
3.	3	Ø12, S500	1,64	1,46	7	11,48	10,19	Tinklas VT-1
4.	4	Ø12, S500	1,54	1,37	8	12,32	10,94	Tinklas VT-1
5.	5	Ø8, S240	0,63	0,25	20	12,60	4,97	Galus užlenkti vietoje
6.	6	Ø12, S500	0,85	0,75	14	11,90	10,57	Inkarinė rostverkiui
7.	HPM 24L	S355J2, S500	0,43	2,20	4	8,80		
8.	Viso:	S240					4,97	
9.	Viso:	S400					69,27	

Spraustinio polio SP-1 armatūros specifikacija

Eil. Nr.	Gaminio žymuo	Armatūros skersmuo (mm), klasė	Ilgis, m	Vieneto svoris, kg	Kiekis	Bendras ilgis, m	Bendras svoris, kg	Pastabos
1.	1	Ø12, S500	5,50	4,88	2	11,00	9,77	
2.	2	Ø12, S500	4,50	4,00	4	18,00	15,98	
3.	3	Ø6, S240	0,95	0,21	27	25,65	5,69	
4.	4	Ø8, S240	0,20	0,08	9	1,80	0,71	Galai atlenkiami vietoje
5.	5	Ø12, S500	0,25	0,22	6	1,50	1,33	
6.	6	Met. pl. Ø370x12	-	10,10	1	-	10,10	Polio pado plokštelė
8.	Viso:	S240					6,40	
9.	Viso:	S500					27,05	
10.	Viso:	S235JR					10,10	

Betono specifikacija

Eil. Nr.	Gaminio žymuo	Betono klasė	Kiekis, m ³	Pastabos
1.	G-5	C25/30 XC2-CI. 0.1-16	1,36	Vienai galvenai
2.	G-5	C8/10 X0	0,24	Vienai galvenai
3.	SP-1	C25/30 XC1-CI. 0.1-16	0,48	Vienam poliui
4.	R-1	C25/30 XC1-CI. 0.1-16	1,18	10 m'

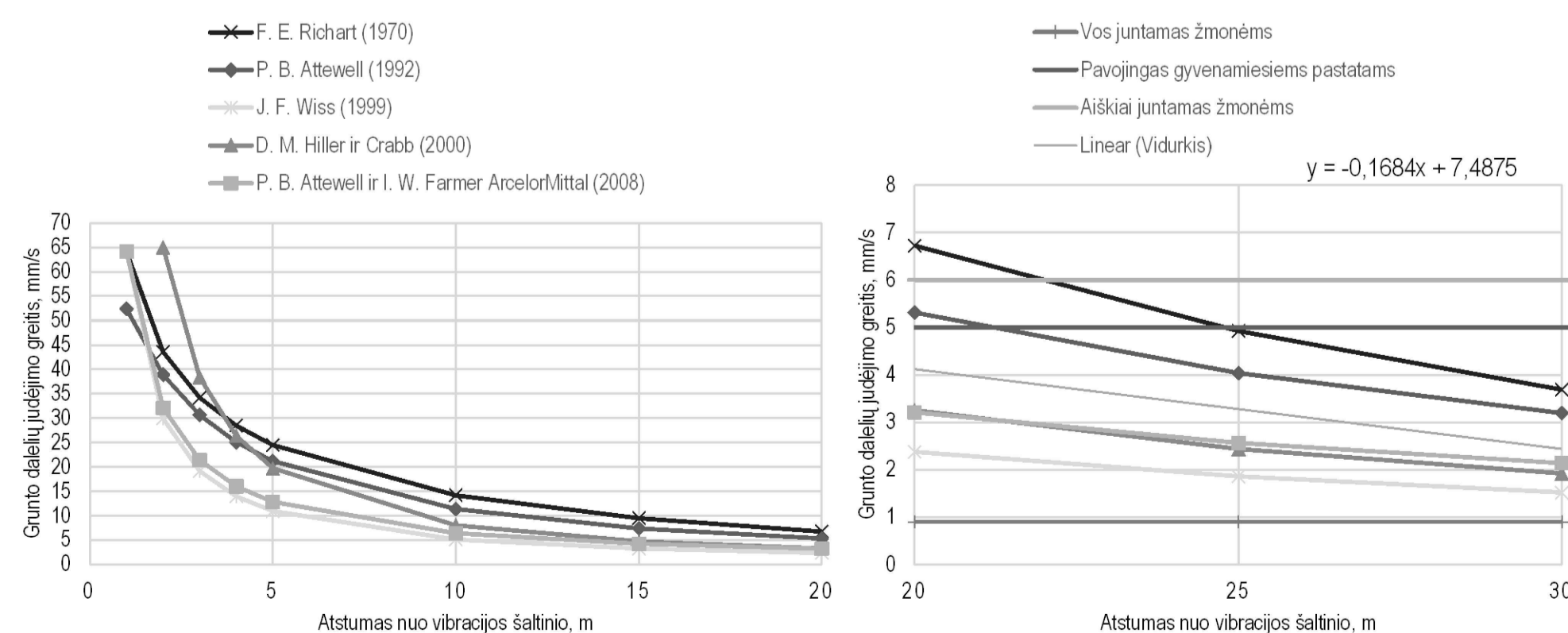
Sutartinis žymėjimas

Žymėjimas	Pavadinimas	q _{c, vid.} MPa	E, MPa
3	Derlingas dirvožemio sluoksnis	-	-
5	Smėlingas molingas dulkingas moreninis, mažo plastiškumo, kietai plastingas	2,6	31,2
6	Smėlingas dulkingas molis moreninis, mažo plastiškumo, kietai plastingas	3,9	46,8
7	Žvyras vendeningas, labai tankus	23,6	73,6
8	Smėlingas dulkingas molis moreninis, mažo plastiškumo, pusiau kietas	5,2	36,0
9	Smėlingas dulkingas molis moreninis, mažo plastiškumo, kietas	7,3	73,0
10	Smėlingas dulkingas molis moreninis, mažo plastiškumo, labai kietas	18,4	180,0

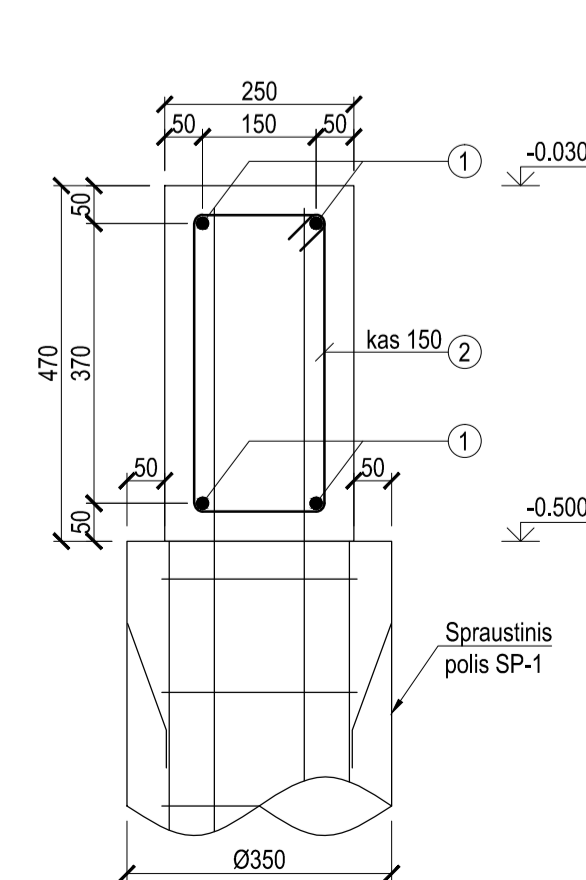
Pastabos:

- Matmenys pateikti milimetrais, altitudės - metrais.
- Poliai suprojektuoti pagal STR 2.05.21:2016 ir vadovaujantis UAB "InGeo" pateikta inžinerinių geologinių tyrinėjimų ataskaita.
- Spraustiniams poliams, galvenoms ir rostverkams betonuoti naudoti C25/30 XC2-CI. 0.1-16 klasės betoną, pagal LST EN 206:2014.
- Konstrukcijos armuojamos erdviniais armatūros karkasais iš S500 klasės išilginės ir S240 skersinės armatūros styrių, pagal LST EN ISO 15630-1:2011.
- Armatūros karkasų suvirinimas vykdomas pusautomatiškai, pagal LST EN ISO 17660-1:2006 ir LST EN ISO 17660-2:2006.
- Poliai įrengiami naudojant 900 kN vibroplaktą. Poliai įrengiami iki projekcinio gylio arba pasiekus atsaką - 10cm per 13s.
- Maksimali ašinė jėga poliui iki 450 kN.
- Maksimali leistina polių nuokrypa po rostverkais 5cm skersine ir 10 cm išilgine kryptimis. Nuokrypos po galvenomis iki 10cm abiejomis kryptimis.
- Inkarinių varžtų maksimali leistina nuokrypa kiekvienam varžtui 3mm abiejomis kryptimis.
- Medžiagų kiekiai specifikacijoje pateikiami 1 vnt. G-1 ir SP-1, bei 10m' rostverkui R-1.

Grunto virpesių nustatymo modelių analizė



Rostverkas R-1 Mastelis 1:10



Grupė	KTU Statybos ir architektūros fakultetas	Magistro baigiamasis projektas
SSM-5	Studentas A. Bagdonas	Sporto paskirties pastato Kretingoje statybių konstrukcijų dalies projektas
Vadovas	M. Kasulevičius	
PES	Konsult. V. Paukštys	
Pr. etapas	Statybių konstrukcijų katedra	Laido
MBP	Studentų g. 48, Kaunas, LT-51367	0
		Pamatas PM-4, Spraustinis polis SP-1, Pjūviai 1-1, 2-2, Erdvinis karkasas EK-1, Pamatų planas, Geologinis pjūvis, Grunto virpesių nustatymo modelių analizė
		Lapas Lapų
		2017-MBP-SK-07
		7 7