



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS**

Ovidijus Rumšas

**SANDĖLIAVIMO PASKIRTIES PASTATO SU
ADMINISTRACINĖMIS PATALPOMIS STATYBINIŲ
KONSTRUKCIJŲ DALIES PROJEKTAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Mindaugas Kasiulevičius

KAUNAS, 2018

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS**

**SANDĖLIAVIMO PASKIRTIES PASTATO SU
ADMINISTRACINĖMIS PATALPOMIS STATYBINIŲ
KONSTRUKCIJŲ DALIES PROJEKTAS**

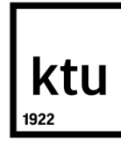
Baigiamasis magistro projektas
Statyba (kodas 621J80001)

Vadovas
Mindaugas Kasiulevičius

Recenzentas
dr. Mindaugas Augonis

Projektą atliko
SSM-6 gr. stud. Ovidijus Rumšas

KAUNAS, 2018



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS

(Fakultetas)

Ovidijus Rumšas

(Studento vardas, pavardė)

Statyba (kodas 621J80001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Baigiamojo projekto pavadinimas“
AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 17 m. gruodžio 4 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Ovidijaus Rumšo**, baigiamasis projektas tema „**Sandėliavimo paskirties pastato su administracinėmis patalpomis 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)

Rumšas, Ovidijus. SANDĖLIAVIMO PASKIRTIES PASTATO SU ADMINISTRACINĖMOS PATALPOMIS STATYBINIŲ KONSTRUKCIJŲ DALIES PROJEKTAS. Magistro projektas / vadovas Mindaugas Kasiulevičius; Kauno technologijos universitetas, Statybos ir architektūros fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Technologiniai mokslai, Statyba

Reikšminiai žodžiai: *Dvišlaitė sija, rėmsijė, kiaurymėta plokštė, kolona, polinis pamatas.*

Kaunas, 2018. 127 p.

SANTRAUKA

Magistrinio projekto tema – Sandėliavimo paskirties pastato su administracinėmis patalpomis statybinių konstrukcijų dalies projektas. Pastatas projektuojamas Kauno rajone, Domeikavos seniūnijoje, Kumpių kaime, Tikslų gatvėje. Sklypo plotas 10000,50 m². Pastato ilgis – 116,66 metrai, plotis – 49,41 metrai. Bendras pastato plotas - 6530,41 m², kurį sudaro: sandėlio plotas – 5705,78 m², administracinių patalpų plotas – 824,63 m².

Magistro projektas susideda iš šių dalių:

- 1. Architektūrinės dalies, kurioje aptariami architektūriniai pastato sprendimai. Atliekamas stogo šiluminės varžos skaičiavimas.*
- 2. Konstrukcinės dalies, kurioje skaičiuojama dvišlaitė iš anksto įtempta gelžbetoninė sija, gelžbetoninė rėmsijė, kiaurymėta iš anksto įtempta gelžbetoninė perdanga, gelžbetoninė kolona ir monolitiniai poliniai pamatai.*
- 3. Tiriamosios dalies, kurioje pateikiamas kompozitinės kolonos skaičiavimas naudojantis EC projektavimo normomis.*
- 4. Technologinės ir ekonominės dalies, kurioje aprašoma gelžbetoninių kolonų montavimo technologija, darbų kokybei keliami reikalavimai ir jos kontrolė. Palyginama gelžbetoninės ir kompozitinės kolonos įrengimo kaina.*
- 5. Priešgaisrinės dalies, kurioje atliekami priešgaisriniai skaičiavimai, dūmų šalinimui iš patalpų.*

Rumšas, Ovidijus. Warehouse's with administration accommodation's building construction part project . *Master's thesis / supervisor assoc. Mindaugas Kasiulevičius. The Faculty of Construction and architecture., Kaunas University of Technology.*

Research area and field: Technological science, Building

Key words: Double-sided beam, beam, holed slab, column, pole foundation

Kaunas, 2018. 127 p.

SUMMARY

Master's thesis – Warehouse's with administration accommodation's building construction part project. Building is being projected in region of Kaunas, eldership of Domeikava, Kumpiai village, Tikslė street. Area of plot – 10000,50 m², Length of the build – 116,66 meter, width – 49,41 meter. Area of the build 6530,41 m², of which warehouse - 5705,78 m², administration accommodation 824,63 m².

Master's thesis consists of:

- 1. Architectural part, where solutions to the architectural part of the building is being discussed.*
- 2. Construction part, where double-sided reinforced concrete with beforehand strained strands, reinforced concrete beam, holed reinforced concrete slab with beforehand strained strands, reinforced concrete column, and pole drilled monolith foundation is being calculated.*
- 3. Research part, where calculation of composite column is being given using Euro Code norms.*
- 4. Technological and economical part, where instructions of reinforced concrete column assembly, requirements of quality and its inspection criteria is being given. Also the price of reinforced concrete column and composite column assembly price is being compared.*
- 5. Fire fighting part, where calculations for smoke removal from the rooms are being made.*

Įvadas.....	8
Architektūriniai sprendimai.....	9
Bendrieji reikalavimai	9
Planinis – tūrinis sprendimas.....	10
Konstrukciniai sprendimai	11
Stogo šiluminio perdavimo koeficiento skaičiavimas.....	15
Konstruktinė dalis.....	19
Apkrovų skaičiavimas	19
SI1 sijos projektavimas	23
SI2 sijos projektavimas	37
SPL1 kiaurymėtos perdangos plokštės projektavimas	46
SPL2 kiaurymėtos perdangos plokštės projektavimas	50
SPL3 kiaurymėtos perdangos plokštės projektavimas	54
SPL4 kiaurymėtos perdangos plokštės projektavimas	58
SPL5 kiaurymėtos perdangos plokštės projektavimas	62
SPL6 kiaurymėtos perdangos plokštės projektavimas	66
SPL7 kiaurymėtos perdangos plokštės projektavimas	70
SPL8 kiaurymėtos perdangos plokštės projektavimas	75
SRY1 rėmsijės projektavimas	79
SRY2 rėmsijės projektavimas	79
SRY3 rėmsijės projektavimas	80
SRY4 rėmsijės projektavimas	81
SRY5 rėmsijės projektavimas	82
SRY6 rėmsijės projektavimas	82
SRY7 rėmsijės projektavimas	83
SRY8 rėmsijės projektavimas	84
SRY9 rėmsijės projektavimas	85
SRY10 rėmsijės projektavimas	85
SRD1 rėmsijės projektavimas	86
KO1 kolonos projektavimas.....	87
KO2 kolonos projektavimas.....	87
KO3 kolonos projektavimas.....	88
KO4 kolonos projektavimas.....	89
KO5 kolonos projektavimas.....	90

KO6 kolonos projektavimas	91
Poliaus po KO1 projektavimas	92
Poliaus po KO2 projektavimas	96
Poliaus po KO3 projektavimas	99
Poliaus po KO4 projektavimas	101
Poliaus po KO5 projektavimas	104
Poliaus po KO6 projektavimas	107
Tiriamoji dalis	111
Technologinė, organizacinė ir ekonominė dalys	116
Statybos darbų apimčių skaičiavimas.....	116
Montavimo (kabinimo ir kėlimo) priemonių parinkimas.....	116
Darbo ir mašinų darbo sąnaudų, materialinių ir techninių išteklių poreikio skaičiavimas	118
Gelžbetoninės kolonos montavimas tvirtinant inkariniais varžtais.....	119
Dūmų šalinimo iš pastato parametrų skaičiavimas	123
Išvados.....	126
Literatūra	127

Įvadas

Magistro projekto tikslas – suprojektuoti sandėlio su administracinėmis patalpomis laikančiąsias konstrukcijas, taip pat pateikti tiriamąją dalį, kurioje lyginsime gelžbetoninę koloną su kompozitine, jų privalumus, trūkumus bei ekonomiškesnės konstrukcijos įrengimo technologiją.

Pagrindiniai šio darbo skyriai: architektūriniai sprendimai; konstrukcinė dalis; tiriamoji konstrukcinė dalis; technologinė, organizacinė ir ekonominė dalis ir priešgaisrinė dalis.

Architektūros skyriuje pateikiama bendra informacija apie pastatą, sklypo ir pastato bendrųjų rodiklių lentelė, apžvelgiami konstrukciniai sprendimai, apskaičiuojamas stogo atitvaros šilumos perdavimo koeficientas.

Konstrukcinėje dalyje nagrinėjamos visos pastato laikančiosios konstrukcijos. Statiniai skaičiavimai atliekami naudojantis kompiuterine programa „Autodesk Robot Structural Analysis“.

Pastatą galima suskirstyti į 3 dalis. Pirma dalis yra vieno aukšto sandėliavimui skirta erdvė. Antra dalis, tai dviejų aukštų sandėliavimui skirta erdvė su tarpiniu aukštu tarp pirmo ir antro aukšto, kuri skirta darbuotojų reikmėms. Trečia, tai administracinės paskirties, dviejų aukštų pastato dalis.

Pirmoje pastato dalyje apskaičiuojama kiaurymėta gelžbetoninė denginio plokštė, armuota iš anksto įtemptais lynais, dvišlaitė gelžbetoninė sija, armuota iš anksto įtemptais lynais, gelžbetoninės kolonos, poliniai sprautiniai gręžtiniai pamatai.

Antroje dalyje skaičiuojama dvišlaitė gelžbetoninė sija, armuota iš anksto įtemptais lynais, gelžbetoninės rėmsijės, kiaurymėtos gelžbetoninės denginio plokštės, armuotos iš anksto įtempta lynais, gelžbetoninės kolonos, poliniai sprautiniai gręžtiniai pamatai.

Trečioje dalyje – gelžbetoninės rėmsijės, gelžbetoninės kolonos, kiaurymėtos gelžbetoninės denginio plokštės armuotos iš anksto įtempta armatūra, poliniai gręžtiniai pamatai.

Tiriamoje dalyje pateikiamas kompozitinės kolonos skaičiavimas naudojantis EC projektavimo normomis. Gauti rezultatai palyginami su gelžbetoninės kolonos.

Technologinėje, organizacinėje ir ekonominėje dalyje aprašoma tiriamosios konstrukcijos montavimo technologija, statybos darbų organizavimas, pateikiamas tiriamosios konstrukcijos ekonominis palyginimas. Ekonominiai skaičiavimai atliekami sąmatų programa „Sistela“.

Priešgaisrinėje dalyje atliekami priešgaisriniai skaičiavimai. Skaičiuojamas reikalingų angų plotas dūmų šalinimui iš patalpų.

Architektūriniai sprendimai

Sandėliavimo paskirties pastatas su administracinėmis patalpomis, projektuojamas Kauno rajone, Kumpių kaime, Tikslų gatvėje. Sklypas šalia automagistralės A1 Kaunas–Klaipėda, tai užtikrina gerą susisiekimą. Sklypą daugiausia supa apžėlę laukai, tačiau yra suformuoti keliai lengvajam ir sunkiajam transportui. Projektuojamo pastato statybai suformuotas 100 arų sklypas, o projektuojamas pastatas sklype užima 48,49 aro. Likusi sklypo dalis išasfaltuojama, išklojama trinkelėmis arba užsėjama veja. Taip pat įrengiamos stovėjimo vietos sunkiajam, lengvajam transportui bei numatomos vietos žmonėms su negalia.

Pastatas ilgąją ašimi orientuotas šiaurės–vakarų kryptimi. Pagrindinis įvažiavimas ir pagrindinis įėjimas šiaurės–vakarų pusėje.

Bendrieji reikalavimai

Sklypo ir pastato bendrieji rodikliai

1.1 lentelė. Bendrieji sklypo ir pastato rodikliai

Pavadinimas	Matavimo vnt.	Kiekis
I Sklypas:		
1.1. Sklypo plotas	m ²	10000,50
1.2. Sklypo užstatymo plotas	m ²	4848,96
1.3. Statinio užstatymo intensyvumas	%	48,49
1.4. Statinio užimamas plotas	m ²	4848,96
1.5. Apželdintas žemės plotas	m ²	802,98
1.6. Automobilių stovėjimo vietų skaičius	vnt.	17,00
1.7. Sanitarinės zonos plotis	m	300,00
1.8. Sklypo užstatymo tankumas	%	484,87
II Pastatai:		
2.1. Negyvenamieji pastatai		
2.1. Bendras plotas	m ²	6530,41
2.1.1. Sandėlio plotas	m ²	5705,78
2.1.2. Administracinės patalpos	m ²	824,63
2.2. Pastato tūris	m ³	34184,09
2.3. Pastato aukštis	m	12,00
2.4. Aukštų skaičius	vnt.	2
2.5. Pastato atsparumas ugniai	kat.	II

Planinis – tūrinis sprendimas

Pastato sandėliavimo paskirties dalies išorinės atitvaros iš surenkamų „Sandwitch“ tipo plokščių. Vyrauja oranžinė, pilka ir balta spalvos. Administracinės paskirties pastato išorinės atitvaros iš mūro, tinkuotos ir padengtos pilka spalva. Statinio tūris suskirstytas į 3 dalis.

Pirmoje dalyje (ašys 1-14 ir B-L) dėl priešgaisrinių reikalavimų įrengta ugniasienė padalina erdvę į dvi dalis. Ugniasienė iš ugniai atsparių plokščių, be papildomos apdailos. Išorinės atitvaros iš vidinės pusės be papildomos apdailos. Grindys betoninės, plotas $2891,65 m^2$, padengtos betono savybes gerinančiu kietikliu. Lubos taip pat be papildomos apdailos, matomos dvišlaitės gelžbetoninės sijos ir denginio plokštės. Aukštis iki denginio sijos apačios $8,65 m$, iki stogo konstrukcijos $9,15 m$. Šiaurės pusėje įrengtos durys patekimui į pastatą, taip pat ir vartai su pakyla šakiniams krautuvams užvažiuoti pakrauti ir iškrauti mašinas. Langai įrengiami beveik visu pastato perimetru, 4 metrų aukštyje. Tarp ašių 14-15 ir D-E įrengti vartai patekimui į antrą pastato dalį.

Antra pastato dalis (ašys 15-18 ir A-J) sudaryta iš dviejų aukštų ir tarpinio aukšto tarp pirmo ir antro. Pirmo aukšto išorinės sienos iš vidaus be apdailos. Pertvarinės sienos sumūrytos, nuguntuotos, nuglaistytos ir nudažytos gelsva spalva. Grindys betoninės, plotas $1412,01 m^2$, padengtos betono kietikliu. Lubos be apdailos, matomos rėmsijos ir denginio plokštės. Aukštis iki rėmsijos apačios $5,465 m$. Šiaurės pusėje įrengtos durys ir vartai patekimui į pastato antrą dalį, o taip pat dar vienos durys į pastate suformuotas prekių pristatymo patalpas ir elektros skydinę. Pietų pusėje iš lauko pusės įrengtos durys patekimui į vandens įvado mazgą ir katilinę. Taip pat pietų pusėje, lauke prie pastato, įrengta evakuacinė laiptinė, per kurią iš antro aukšto antros pastato dalies ir iš administracinių patalpų galima saugiai evakuotis kilus gaisrui. Ašių 16-B susikirtime įrengta laiptinė, pro kurią patenkama į tarpinį ir antrą aukštą. Patekimui į antrą aukštą taip pat įrengiamas liftas.

Tarpinis aukštas skirtas darbuotojų poreikiams. Į jį patenkama pro laiptinę, esančią 16-B ašių susikirtime. Grindys padengtos PVC danga, išskyrus dušinė ir sanitarinis mazgas iškloti plytelėmis. Jų plotas $55,47 m^2$. Sienos sumūrytos, nuguntuotos, nuglaistytos ir nudažytos. Lubos be papildomos apdailos, matomos rėmsijos ir denginio plokštės. Aukštis nuo grindų iki lubų $2,165 m$.

Antras aukštas skirtas sandėliavimui. Į jį patenkama pro laiptinę, esančią 16-B ašių susikirtime, įrengtą liftą, administracines patalpas ir lauke prie išorinės sienos esančią evakuacinę laiptinę. Grindys betoninės, dengtos betono kietikliu. Grindų plotas $1412,01 m^2$. Sienos be papildomos apdailos, tik iš administracinių patalpų pusės nuguntuotos, nuglaistytos ir nudažytos. Šiaurinėje ir pietinėje pastato pusėje išorinių sienų atitvarose įrengti langai. Lubos be apdailos, matomos dvišlaitės denginio sijos ir stogo konstrukcija. Aukštis nuo grindų iki dvišlaitės denginio sijos apačios $3,4 m$.

Trečia pastato dalis (ašys 19-20 ir A-K) skirta administracijai. Tai yra dviejų aukštų dalis į kurią patenkama pro pagrindinį įėjimą esantį pastato vakarų pusėje. Taip pat galima įeiti pro evakuacinį įėjimą esantį pastato pietuose ir iš antros pastato dalies antro aukšto. Patekimui tarp aukštų įrengta laiptinė. Pirmo aukšto sienos iš mūro, gruntuotos, glaistytos ir nudažytos. Grindys išklotos PVC danga, tik sanitariniai mazgai iškloti plytelėmis. Lubos įrengtos iš pakabinamos konstrukcijos, uždengiant antro aukšto grindų detalę. Antrame aukšte grindų, lubų ir sienų sprendimai tokie patys kaip ir pirmo aukšto. Vakarų pusėje per visą sieną įrengti langai.

Konstruktiniai sprendimai

Pamatai

Pamatai visose pastato dalyse – poliniai gręžtiniai. Jie yra apvalaus skerspjūvio. Pirmoje pastato dalyje poliai įrengiami 0,45 metro skersmens ir 2 metrų ilgio. Antroje pastato dalyje polių skersmuo 0,35 metras, o ilgis 2,86 ir 3,1 metro. Administracinės paskirties pastato dalyje poliai 0,35 ir 0,4 metro skersmens ir 2,4 metro ilgio. Šiems poliams naudojamas C30/37 betonas, atitinkantis XC2 aplinkos klasę ir W-6 nelaidumo vandeniui markę. Poliai armuojami Ø14 S500 markės plieno strypais. Šie plieniniai strypai į erdvinį karkasą sujungiami S500 plieno markės skersine armatūra, kurios skersmuo – 6 mm. Poliaus viršaus altitudė – 0,74 metro.

Visu pastato perimetru įrengiama surenkama trisluoksnė cokolonė sija. Jos apačios altitudė – 0,74 metro. Jos bendras storis yra 640 mm. Surenkama sieninė plokštė montuojama viduriniame cokolio sijos sluoksnyje, atitraukus nuo išorinio gelžbetonio sluoksnio 10 mm atstumu į vidinę pastato pusę. Sijos viršutinė sandūra su sienine plokšte sujungiama įrengiant sandūros profilį ir jį užpildžius silikoniniu hermetiku. Lauko pusėje įrengiamas latakas su grotelėmis, lietaus vandens surinkimui.

Kolonos

Kolonos pirmoje pastato dalyje – 500 x 500 mm. Joms naudojamas C30/37 klasės, XC1 aplinkos poveikio klasės betonas. Jos armuojamos 8 išilginės armatūros S400 klasės strypais, kurių skersmuo – 16 mm. Skersinei armatūrai naudojama S240 klasės armatūra, 6 mm skersmens. Skersinės armatūros žingsnis galuose sumažinamas dėl skersinės jėgos, veikiančios kolonos galuose. Prie šoninių kolonų tvirtinamos surenkamos sieninės plokštės, o ant jų remiama surenkama dvišlaitė gelžbetoninė sija. Ant vidurinių kolonų remiamos dvi gelžbetoninės sijos. Jos armuojamos taip pat kaip ir išorinės kolonos.

Antroje pastato dalyje kolonų skersmuo taip pat 500 x 500 mm. Išorinėms naudojamas C25/30 klasės ir XC1 aplinkos klasės betonas. Jos armuojamos 8 strypais, kurių skersmuo 16 mm. Skersinei armatūrai naudojama S240 klasės armatūra, 6 mm skersmens. Prie kolonų tvirtinamos pertvarinės surenkamos sieninės plokštės. Šios kolonos su konsolėmis. Ant konsolės įrengiama neopreno tarpinė, dėl kurios lietimosi plote tolygiai paskirstoma apkrova. Ant konsolių montuojamos rėmo sijos. Kolonos viršuje montuojama 12 metrų dvišlaitė gelžbetoninė sija. Vidurinės kolonos turi dvi konsoles, ant kurių dedama neopreno tarpinė, o ant jų montuojamos rėmsijos. Kolonos viršuje atremiamos dvi dvišlaitės gelžbetoninės sijos. Šios kolonos armuojamos S400 klasės 8 išilginiais strypais, kurių skersmuo 22 mm. Skersinė armatūra tokia kaip ir antros pastato dalies šoninių kolonų. Abejose pastato dalyse apsauginis armatūros sluoksnis pasirenkamas 40 mm vietoje įprastų 25 mm, dėl galimo išorinio kolonos pažeidimo.

Trečioje pastato dalyje kolonų skersmuo yra 400 x 400 mm. Vidinė kolona išlieka vientisa per du aukštus, o išorinė trumpesnė. Pirmoji sumontuojama ant žemės, o kita sumontavus rėmsiją, montuojama ant jos. Kolonos armuojamos S400 klasės 4 strypais, kurių skersmuo 22 mm, skersinei armatūrai naudojama S240 klasės armatūra, kurios skersmuo 6 mm. Šios kolonos projektuojamos su konsolėmis. Konsolės viršaus altitudė – 3,185 metro. Ant konsolės klijuojama neopreno tarpinė, o ant jos montuojama rėmsijė.

Rėmsijos

Rėmsijos įrengiamos antroje ir trečioje pastato dalyse. Naudojamo betono klasė C30/37, armatūros klasė išilginiai armatūrai S400, skersinei armatūrai S240.

Antros pastato dalies antrame aukšte yra 5 vienodo aukščio, bet skirtingo ilgio ir armavimo rėmo sijos. Keturios iš jų yra RL tipo, penkta – RT tipo. RL tipo rėmsijos matmenys – 700 x 700 mm, su lentyna iš vienos pusės, kurios matmenys – 400 x 200 mm. RT tipo rėmsijos matmenys – 900 x 700 mm, lentynų matmenys tokie, kaip ir RL tipo, tik lentynos yra iš abiejų pusių. Trumpiausios RL tipo rėmo sijos ilgis 5,25 metro, apačioje armuojamos 4Ø25 mm strypais. Likusių trijų ilgiai vienodi, 11,25 metro, tačiau dėl skirtingo apkrovimo skiriasi armavimai – 4Ø36 mm, 6Ø36 mm ir 8Ø32 mm. RT tipo rėmsijos ilgis yra 5,5 metro, armavimas – 4Ø36 mm. Tarpiniame aukšte naudojamos RL tipo rėmo sijos, kurių matmenys – 700x650 mm, lentynos matmenys – 200x250 mm, armavimas – 4Ø32 mm.

Trečioje pastato dalyje numatomos 4 vienodo aukščio rėmsijos: 2 RL tipo ir 2 RT tipo. RL tipo rėmo sijos 600 x 550 mm su lentyna 200 x 250 mm. Ilgiai ir armavimas: 9 metrai ir 4Ø20 mm, 9

metrai ir 4Ø25 mm. RT tipo rėmsių 800 x 550 mm su dviem lentynomis iš abiejų pusių 200 x 250 mm ilgiai ir armavimas: 9 metrai ir 4Ø32 mm, 9 metrai ir 4Ø36 mm.

Perdangos plokštės

Perdangos plokštės montuojamos antroje ir trečioje pastato dalyse. Perdangos plokštės armuojamos iš anksto įtempama armatūra. Betonai ir lynų stiprumas parenkami pagal veikiančias apkrovas ir susidarantią įrašą.

Pirmoje pastato dalyje skaičiuojama denginio plokštė SPL1. Jos skerspjūvio forma parenkama HCS200, naudojamas betonai C25/30 klasės stiprumo, armavimui numatomi 8Ø9,3 mm lynai, kurių stiprumo klasė Y1860S.

Antroje pastato dalyje, antram aukštui suformuoti skaičiuojamos 4 skirtingų ilgių, tačiau vienodo aukščio perdangos HCS400. 3,23 ir 5,25 metro ilgio perdangos, naudojamas betonai C25/30, armavimas 4Ø9,3 mm, kai lyno klasė Y1770S; 6,62 metro ilgio perdangos, betonai C25/30, armavimas 6Ø9,3 mm, kai lyno klasė Y1770S; 11,5 metro ilgio perdangos, betonai – C30/37, armavimas 8Ø12,5 mm, kai lyno klasė Y1860S. Tarpinio aukšto perdangos HCS250, kuriai naudojamas betonai C25/30, ilgis 5,56 metro, armavimas 4Ø9,3 mm, kai lyno klasė Y1770S.

Trečioje pastato dalyje nagrinėjamos dvi perdangos HCS250, kurioms naudojamas betonai C25/30. 5,6 metro ilgio perdangos armavimas 4Ø9,3 mm, kai lyno klasė Y1770S, o 8,7 metro ilgio 6Ø12,5 mm, lyno klasė – Y1770S.

Denginio laikančiosios konstrukcijos

Vieno aukšto sandėliavimo paskirties pastato dalyje laikančioji stogo konstrukcija yra dvišlaitė gelžbetoninė sija su iš anksto įtemptais lynais. Per pastato plotį dedamos dvi dvišlaitės gelžbetoninės sijos. Dėl per ilgį kintančio pastato pločio, viena dvišlaitė sija paliekama pastovios geometrijos, o kitos ilgis vis mažinamas. Apačioje jos armuojamos Y1960S klasės 8Ø15,7 mm iš anksto įtemptais lynais. Naudojamas C30/37 stiprumo klasės betonai.

Dviejų aukštų sandėliavimo paskirties su tarpiniu aukštu pastato dalyje laikančioji stogo konstrukcija taip pat dvišlaitė sija su iš anksto įtemptais lynais. Įrengiamos trys dvišlaitės sijos, kurios montuojamos viena šalia kitos. Apačioje jos armuojamos Y1860S klasės 9Ø12,5 mm įtemptais lynais. Naudojamas C30/37 stiprumo klasės betonai.

Trečioje dalyje naudojamos stačiakampio skerspjūvio 300 mm aukščio sijos, kurios armuojamos 3 strypais, 16 mm skersmens apačioje, o viršuje 2 strypais 10 mm skersmens. Naudojamas C25/30 stiprumo klasės betonas. Skersinės armatūros skersmuo 6 mm, ties atramomis skersinė armatūra išdėliojama tankiau.

Stogo detalė

Pirmoje pastato dalyje stogo detalė susideda iš kiaurymėtos perdangos plokštės, kuri montuojama ant dvišlaitės denginio sijos. Ant denginio plokštės įrengiama garo izoliacija, toliau dedamas polistireninis putplastis EPS80 220 mm storio. Toliau dedama akmens vata PAROC ROB80 30 mm storio, kuri prie perdangos plokštės tvirtinama smeigėmis. Galiausiai klojamas apatinis ir viršutinis prilydomos dangos sluoksnis.

Antroje pastato dalyje stogo detalė susideda iš profiliuoto plieninio pakloto, ant kurio dedama akmens vata PAROC ROB60 20 mm storio, garso izoliacija, polistireninis putplastis EPS80 150 mm storio, akmens vata PAROC ROB60 30 mm storio, kuri prie pakloto tvirtinama smeigėmis. Tada užlydomas apatinis ir viršutinis dangos sluoksnis.

Trečioje pastato dalyje naudojama tokia pati stogo detalė kaip ir antroje, tačiau skirtingai nei antroje, viskas įrenginama ant stačiakampio skerspjūvio gelžbetoninės sijos.

Grindų detalė

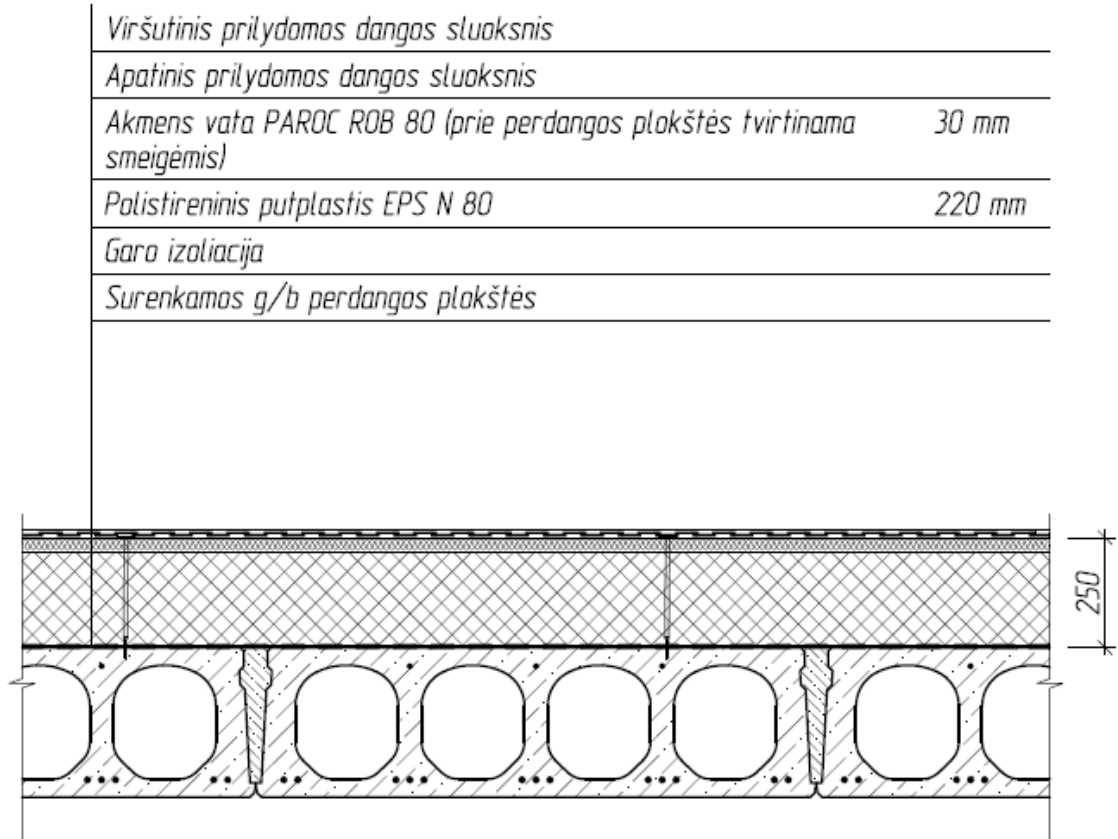
Antroje pastato dalyje antro aukšto grindų detalė susideda iš išlyginamojo keramzito pasluoksnio, kurio storis yra 45 mm, garso izoliacijos – mineralinės vatos, kurios storis yra 30 mm, armuoto betono C20/25 klasės, kurio storis 60 mm, kuris vėliau padengiamas betono paviršiaus savybes gerinančiu kietikliu.

Antroje pastato dalyje tarpiniame aukšte naudojama grindų detalė: išlyginamasis keramzito pasluoksnis, kurio storis yra 45 mm, garso izoliacija – mineralinė vata, kurios storis 30 mm, armuotas betonas C20/25 klasės, kurio storis 60 mm, viršus padengiamas apdailinėmis plytelėmis.

Trečioje pastato dalyje grindų detalė: išlyginamasis keramzito pasluoksnis, kurio storis yra 45 mm, garso izoliacija – mineralinė vata, kurios storis 30 mm, armuotas betonas C20/25 klasės, kurio storis 60 mm, o paviršius padengiamas PVC danga.

Stogo šiluminio perdavimo koeficiento skaičiavimas

Stogo detalė. 1 pastato dalis



1.1 pav. I pastato dalies stogo detalė [1]

1.2 lentelė. I pastato dalies stogo detalė

Pavadinimas
Apatinis ir viršutinis prilydomos dangos sluoksnis
Akmens vata Paroc Rob 80; d=30 mm
Polistireninis putplastis EPS 80N; d=220 mm
Garo izoliacija

Pramonės pastatų stogo norminė šilumos perdavimo koeficiento vertė:

$$U_N = 0,16 \frac{W}{m^2K}$$

Stogo šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas:

$$U = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{6,295} = 0,159 \frac{W}{m^2K} \quad (1.1)$$

Stogo visuminės šiluminės varžos skaičiavimas:

$$R_t = R_{si} + R_s + R_{se} = 0,1 + 6,155 + 0,04 = 6,295 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \quad (1.2)$$

Suminė šiluminė varža:

$$R_s = R_{h,s} + R_2 + R_3 + R_{q,s} = 0,02 + 0,716 + 5,379 + 0,04 = 6,155 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \quad (1.3)$$

- Hidroizoliacinė stogo danga:

$$R_{h,s} = 0,02 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

- Akmens vata Paroc Rob 80, $d = 30 \text{ mm}$:

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_{2,ds}} = \frac{0,03}{0,0419} = 0,716 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \quad (1.4)$$

$$\lambda_{2,ds} = \lambda_D + \Delta\lambda_\omega + \Delta\lambda_{CV} = 0,038 + 0,002 + 0,0019 = 0,0419 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \quad (1.5)$$

$$\Delta\lambda_{CV} = \lambda_D \cdot K_{CV} = 0,038 \cdot 0,05 = 0,0019 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \quad (1.6)$$

- Polistireninis putplastis EPS 80N, $d = 220 \text{ mm}$:

$$R_3 = \frac{d_3}{\lambda_{3,ds}} = \frac{0,22}{0,0409} = 5,379 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \quad (1.7)$$

$$\lambda_{3,ds} = \lambda_D + \Delta\lambda_\omega + \Delta\lambda_{CV} = 0,037 + 0,002 + 0,0019 = 0,0409 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \quad (1.8)$$

$$\Delta\lambda_{CV} = \lambda_D \cdot K_{CV} = 0,037 \cdot 0,05 = 0,0019 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \quad (1.9)$$

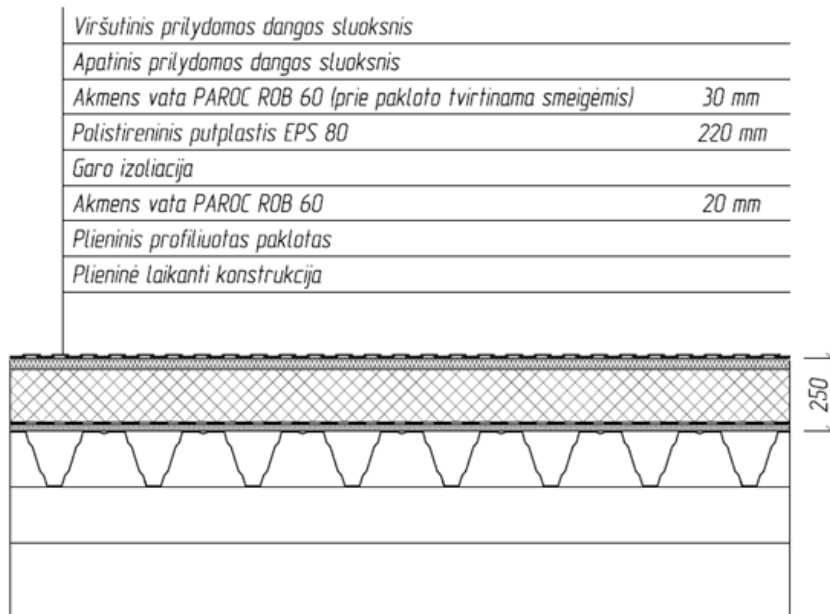
- Orą ir garus izoliuojantis sluoksnis PAROC XMV 020 bas:

$$R_{q,s} = 0,04 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

Pramonės pastatų stogo norminę šilumos perdavimo koeficiento vertę lyginame su gautąja:

$$U = 0,159 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} < U_N = 0,16 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

Išvada: Norminės sąlygos tenkinamos.



Stogo detalė. 2 pastato dalis

1.2 pav. I pastato dalies stogo detalė [1]

1.3 lentelė. II ir III pastato dalies stogo detalė

Pavadinimas
Apatinis ir viršutinis prilydomos dangos sluoksnis
Akmens vata Paroc Rob 60; d=30 mm
Polistireninis putplastis EPS 80; d=220 mm
Garo izoliacija
Akmens vata Paroc Rob 60; d=20 mm
Plieninis profiliuotas paklotas

Pramonės pastatų stogo norminė šilumos perdavimo koeficiento vertė:

$$U_N = 0,16 \frac{W}{m^2K}$$

Stogo šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas:

$$U = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{6,742} = 0,148 \frac{W}{m^2K} \quad (1.10)$$

Stogo visuminės šiluminės varžos skaičiavimas:

$$R_t = R_{si} + R_s + R_{se} = 0,1 + 6,602 + 0,04 = 6,742 \frac{m^2K}{W} \quad (1.11)$$

Suminė šiluminė varža:

$$R_s = R_{h,s} + R_2 + R_3 + R_{q,s} + R_5 = 0,02 + 0,698 + 5,379 + 0,04 + 0,465$$

$$= 6,602 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \quad (1.12)$$

- Hidroizoliacinė stogo danga:

$$R_{h,s} = 0,02 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

- Akmens vata Paroc Rob 60, $d = 30 \text{ mm}$:

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_{2,ds}} = \frac{0,03}{0,043} = 0,698 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \quad (1.13)$$

$$\lambda_{2,ds} = \lambda_D + \Delta\lambda_\omega + \Delta\lambda_{CV} = 0,039 + 0,002 + 0,002 = 0,043 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \quad (1.14)$$

$$\Delta\lambda_{CV} = \lambda_D \cdot K_{CV} = 0,039 \cdot 0,05 = 0,002 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \quad (1.15)$$

- Polistireninis putplastis EPS 80, $d = 220 \text{ mm}$:

$$R_3 = \frac{d_3}{\lambda_{3,ds}} = \frac{0,22}{0,0409} = 5,379 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \quad (1.16)$$

$$\lambda_{3,ds} = \lambda_D + \Delta\lambda_\omega + \Delta\lambda_{CV} = 0,037 + 0,002 + 0,0019 = 0,0409 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \quad (1.17)$$

$$\Delta\lambda_{CV} = \lambda_D \cdot K_{CV} = 0,037 \cdot 0,05 = 0,0019 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \quad (1.18)$$

- Orą ir garus izoliuojantis sluoksnis:

$$R_{q,s} = 0,04 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

- Akmens vata Paroc Rob 60, $d = 20 \text{ mm}$:

$$R_5 = \frac{d_5}{\lambda_{5,ds}} = \frac{0,02}{0,043} = 0,465 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}} \quad (1.19)$$

$$\lambda_{5,ds} = \lambda_D + \Delta\lambda_\omega + \Delta\lambda_{CV} = 0,039 + 0,002 + 0,002 = 0,043 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \quad (1.20)$$

$$\Delta\lambda_{CV} = \lambda_D \cdot K_{CV} = 0,039 \cdot 0,05 = 0,002 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \quad (1.21)$$

Pramonės pastatų stogo norminę šilumos perdavimo koeficiento vertę lyginame su gautąja:

$$U = 0,148 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} < U_N = 0,16 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

Išvada: Norminės sąlygos tenkinamos.

Konstruktinė dalis

Apkrovų skaičiavimas

2.1 lentelė. I pastato dalies stogo detalės apkrovos skaičiavimas

Pavadinimas	Charakteristinė apkrova, kN/m^2
Apatinis ir viršutinis prilydomos dangos sluoksnis	0,12
Akmens vata Paroc Rob 80; d=30 mm	0,069
Polistireninis putplastis EPS 80N; d=220 mm	0,0363
Garų izoliacija	0,0017
Σ	0,227

2.2 lentelė. II ir III pastato dalies stogo detalės apkrovos skaičiavimas

Pavadinimas	Charakteristinė apkrova, kN/m^2
Apatinis ir viršutinis prilydomos dangos sluoksnis	0,12
Akmens vata Paroc Rob 60; d=30 mm	0,06
Polistireninis putplastis EPS 80; d=220 mm	0,0253
Garų izoliacija	0,0017
Akmens vata Paroc Rob 60; d=20 mm	0,04
Plieninis profiliuotas paklotas	0,14
Σ	0,387

2.3 lentelė. II pastato dalies grindų detalės apkrovos skaičiavimas

Pavadinimas	Charakteristinė apkrova, kN/m^2
Paviršiaus savybes gerinantis kietiklis	0,002
Armuotas betonas C20/25; d=60 mm	1,5
Garso izoliacija – mineralinė vata; d=30 mm	0,036
Išlyginamasis keramzito pasluoksnis; d=45 mm	0,18
Σ	1,718

2.4 lentelė. II pastato dalies tarpinės perdangos grindų detalės apkrovos skaičiavimas

Pavadinimas	Charakteristinė apkrova, kN/m^2
Plytelės	0,25
Armuotas betonas C20/25; d=60 mm	1,5
Garso izoliacija – mineralinė vata; d=30 mm	0,036
Išlyginamasis keramzito pasluoksnis; d=45 mm	0,18
Σ	1,966

2.5 lentelė. III pastato dalies grindų detalės apkrovos skaičiavimas

Pavadinimas	Charakteristinė apkrova, kN/m^2
PVC danga	0,025
Armuotas betonas C20/25; d=60 mm	1,5
Garso izoliacija – mineralinė vata; d=30 mm	0,036
Išlyginamasis keramzito pasluoksnis; d=45 mm	0,18
Σ	1,741

Sniego apkrova.

Projektuojamas pastatas yra I – amė sniego rajone, kuriame sniego antžeminės apkrovos charakteristinė reikšmė $s_k = 1,2 kN/m^2$ [3]

Sniego apkrova į pastato stogą vertinama kaip tolygiai išskirstytas krūvis. Stogo nuolydis $\alpha \leq 25^\circ$, todėl $\mu=1$.

Sniego apkrova į stogą:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 1,2 kN/m^2 \quad (2.1)$$

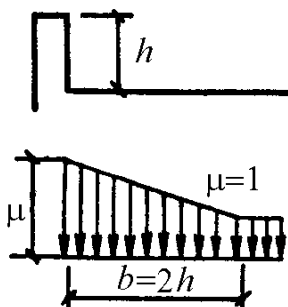
Čia C_e - sniego apkrovos atodangos koeficientas, kurio reikšmė paprastai lygi 1,0. [3]

C_t - terminis koeficientas, priklausantis nuo šilumos nuostolių per stogą ar kitos terminės įtakos, dažniausiai lygus 1. [3]

Sniego apkrova į tiesinį metrą:

$$\begin{aligned} \sum s_k &= s_k \cdot 3 = 1,2 \cdot 3 = 3,6 kN/m \\ \sum s_k &= s_k \cdot 6 = 1,2 \cdot 6 = 7,2 kN/m \end{aligned} \quad (2.2)$$

Sniego maišai



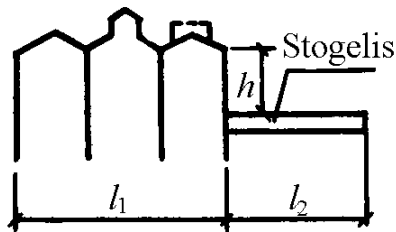
2.1 pav. Stogo su parapetu schema [3]

$$\begin{aligned} h &> \frac{s_k}{2} \\ h &> \frac{1,2}{2} = 0,6 m \end{aligned} \quad (2.3)$$

Priimu parapeto aukštį $h=1$ metras.

$$\mu = \frac{2h}{s_k} < 3$$

$$\mu = \frac{2h}{s_k} = \frac{2 \cdot 1}{1,2} = 1,667 < 3 \quad (2.4)$$



2.2 pav. Statinių su aukščio perkryčiu schema [3]

Koeficientas

$$\mu_0 = 1 + \frac{1}{h} \cdot (m_1 \cdot l_1 + m_2 \cdot l_2) = 1 + \frac{1}{4} \cdot (0,5 \cdot 36 + 0,5 \cdot 72) = 14,5 > \frac{2h}{s_k} = \frac{2 \cdot 4}{1,2} = 6,67 \quad (2.5)$$

Čia:

$m_1; m_2$ – koeficientai imami atsižvelgiant į stogo profilį (mūsų atveju 0,5 – plokštiesiems stogams esant nuolydžiui $\alpha \leq 20^\circ$).[3]

Priimame:

$$\mu_0 = 6,67$$

Kai:

$$\mu_0 = 14,5 > \frac{2h}{s_k} = \frac{2 \cdot 4}{1,2} = 6,67 \quad (2.6)$$

Zonos ilgį b reikia imti lygų:

$$b = \frac{\mu_0 - 1}{\frac{2h}{s_k} - 1} \cdot 2h = \frac{14,5 - 1}{\frac{2 \cdot 4}{1,2} - 1} \cdot 2 \cdot 4 = 19,06 \text{ m} > 15 \text{ m} \quad (2.7)$$

Priimame:

$$b = 15 \text{ m}$$

Vėjo apkrova.

Projektuojamas pastatas yra I – amė vėjo greičio rajone, kuriame vėjo greičio pagrindinė ataskaitinė reikšmė $v_{\text{ref},0} = 24 \text{ m/s}$. [3]

Ataskaitinis vėjo greitis:

$$v_{\text{ref}} = c_{\text{DIR}} \cdot c_{\text{TEM}} \cdot c_{\text{ALT}} \cdot v_{\text{ref},0} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 24 = 24 \text{ m/s} \quad (2.8)$$

c_{DIR} – krypties koeficientas, lygus 1,0; [3]

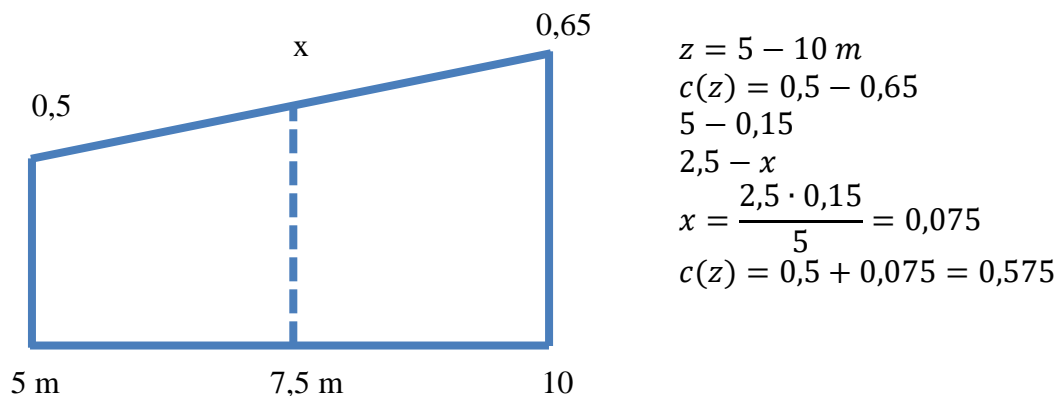
c_{TEM} – laikotarpio (sezono) koeficientas, lygus 1,0; [3]

c_{ALT} – aukščio virš jūros lygio koeficientas, lygus 1,0. [3]

Ataskaitinis vėjo slėgis:

$$q_{ref} = \frac{\rho}{2} \cdot v_{ref}^2 = \frac{1,25}{2} \cdot 24^2 = 360 N/m^2 \quad (2.9)$$

Kai $c_e = 0,8$, $c(z) = 0,65$ parenkamas B vietovės tipas (B – miestų teritorijos, miškų masyvai ir kitos vietovės, kurios yra tolygiai užstatytos aukštesnėmis kaip 10 m kliūtimis), o pastato aukštis 7,5 metro:



2.3 pav. Interpoliacija $c(z)$

Vidutinė vėjo slėgio reikšmė:

$$W_{me} = q_{ref} \cdot c(z) \cdot c_e = \frac{360 \cdot 6}{1000} \cdot 0,575 \cdot 0,8 = 0,994 \text{ kN/m} \quad (2.10)$$

$$W_{me} = q_{ref} \cdot c(z) \cdot c_e = \frac{360 \cdot 6}{1000} \cdot 0,575 \cdot (-0,6) = -0,745 \text{ kN/m}$$

Parapeto momentas (1 dalis):

$$M_{parapeto} = \frac{W_{me} \cdot l^2}{2} = \frac{0,994 \cdot 1^2}{2} = 0,497 \text{ kNm} \quad (2.11)$$

Parapeto momentas (2 dalis):

$$M_{parapeto} = \frac{W_{me} \cdot l^2}{2} = \frac{1,192 \cdot 1^2}{2} = 0,596 \text{ kNm} \quad (2.12)$$

SI1 sijos projektavimas

Preliminarių sijos matmenų parinkimas

Preliminarūs sijos matmenys:

$$h_{max} = \frac{1}{10} l = \frac{21}{10} = 2,1 \text{ m} \quad (2.13)$$

$$h_{min} = 2,1 - \frac{1}{16} \cdot \frac{20,5}{2} = 1,45 \text{ m} \quad (2.14)$$

Išankstinis sijos išilginės armatūros parinkimas

Sijos skaičiuojamasis tarptračio ilgis imamas lygus atstumui tarp inkarinių varžtų:

$$l_0 = l - 2 \cdot b_c + 2 \cdot 0,15 = 21 - 2 \cdot 0,4 + 2 \cdot 0,15 = 20,5 \text{ m} \quad (2.15)$$

$$l_x = (\sqrt{a \cdot (a + 1)} - a) \cdot l_0 = (\sqrt{1,115 \cdot (1,115 + 1)} - 1,115) \cdot 20,5 = 8,623 \text{ m} \quad (2.16)$$

Atstumas nuo sijos atramos iki jos pavojingojo normalinio pjūvio x-x nustatomas:

$$a = \frac{0,5 \cdot h_{min}}{h_{max} - h_{min}} = \frac{0,5 \cdot 1,45}{2,1 - 1,45} = 1,115 \quad (2.17)$$

Sijos aukštis

$$h = h_{min} + (l_x + 0,15) \cdot i = 1,45 + (8,623 + 0,15) \cdot \frac{1}{16} = 1,998 \text{ m} \quad (2.18)$$

Imama $a_s = 0,1 \text{ m}$

$$d = h_x - a_s = 1,998 - 0,1 = 1,898 \text{ m} \quad (2.19)$$

Sijai naudojami lynai Y1960S, lyno išankstinio įtempimo dydis:

$$\sigma_{sp} + p \leq f_{yk}; \quad \sigma_{sp} - p \leq 0,3 \cdot f_{yk}; \quad p = 0,05 \cdot \sigma_{sp} \quad (2.20)$$

Todėl:

$$\sigma_{sp} \leq \frac{f_{yk}}{1,05} = \frac{1680}{1,05} = 1600 \text{ MPa} \quad (2.21)$$

$$\sigma_{sp} \geq \frac{0,3 \cdot f_{yk}}{0,95} = \frac{0,3 \cdot 1680}{0,95} = 530,526 \text{ MPa} \quad (2.22)$$

Priimame $\sigma_{sp} = 1300 \text{ MPa}$

Orientaciniai nusistovėję išankstiniai Y1960S lynų įtempimai

$$\sigma_{sp2} = \sigma_{sp} - \sigma_{los} = 1300 - 200 = 1100 \text{ MPa} \quad (2.23)$$

$$\begin{aligned} M'_f &= f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot h_{eff} \cdot (d - 0,5 \cdot h_{eff}) \\ &= 18 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 0,198 \cdot (1,898 - 0,5 \cdot 0,198) = 3205818 \text{ Nm} \\ &= 3205,818 \text{ kNm} < M_x = 3210,36 \text{ kNm} \end{aligned} \quad (2.24)$$

$$M_s = f_{cd} \cdot (b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff} \cdot (d - 0,5 \cdot h_{eff}) \quad (2.25)$$

$$= 18 \cdot (0,5 - 0,12) \cdot 0,1975 \cdot (1,889 - 0,5 \cdot 0,1975)$$

$$= 2424232,8 \text{ Nm} = 2424,23 \text{ kNm}$$

$$A_0 = \frac{M_x - M_s}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{(3210,36 - 2424,23) \cdot 1000}{0,12 \cdot 1,889^2 \cdot 18 \cdot 10^6} = 0,102 \text{ m}^2 \quad (2.26)$$

$$x = 0,204 \text{ m} > h_{eff} = 0,198 \text{ m, vadinasi neutrali ašis yra sienutėje} \quad (2.27)$$

$$A_{sp} = (\xi \cdot b_w \cdot d + (b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff}) \cdot \frac{f_{cd}}{\gamma_s \cdot f_{pd}} \quad (2.28)$$

$$= (0,108 \cdot 0,12 \cdot 1,889 + (0,5 - 0,12) \cdot 0,198) \cdot \frac{18 \cdot 10^6}{1,15 \cdot 1460 \cdot 10^6}$$

$$= 1,069 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 = 10,69 \text{ cm}^2$$

Tikrinama armavimo sąlyga:

$$\mu = \frac{A_{sp}}{b_{eff} \cdot d} = \frac{1,069 \cdot 10^{-3}}{0,12 \cdot 1,889} = 0,005 < \mu_{lim} = 0,351 \quad (2.29)$$

Taigi, $A_{sp} = 10,69 \text{ cm}^2$, parenkame 8Ø15,7, kurių $A_{sp} = 12,00 \text{ cm}^2$

Kita armatūra. Viršutinėje juostoje numatyta neįtempta išilginė armatūra 4Ø10 ($A_s = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2$) atstumu $a_s = 0,05 \text{ m}$.

Sijos įrašų apskaičiavimas

2.6 lentelė. Lenkimo momentų skaičiavimo rezultatai

Būvis	Sijos lenkimo momentų reikšmės pjūviuose (kNm) saugos ir tinkamumo rib. būviams			
	0-0	I-I	x-x	II-II
Saugos rib. būvis	0	252,03	3210,36	3293,34
Tinkamumo rib. būvis	0	190,55	2427,24	2489,98

2.7 lentelė. Skersinių jėgų skaičiavimo rezultatai

Būvis	Sijos skersinių jėgų reikšmės pjūviuose (kN) saugos ir tinkamumo rib. būviams			
	0-0	I-I	x-x	II-II
Saugos rib. būvis	642,6	617,531	102	0
Tinkamumo rib. būvis	489,85	466,89	77,12	0

Sijos skerspjūvio geometrinės charakteristikos

Sijos skerspjūvio geometrinės charakteristikos apskaičiuojamos naudojantis ekvivalentiško skerspjūvio schema

2.8 lentelė. Sijos pjūvių geometrinės charakteristikos

Skaičiuojamieji dydžiai	Matavimo vnt.	Skaičiuojamųjų dydžių reikšmės sijos pjūviuose			
		0-0	I-I	x-x	II-II
x	m	0,000	0,400	8,623	10,250
0,23+x	m	0,230	0,630	8,853	10,480
h _x	m	1,450	1,475	1,989	2,091
b _w	m	0,500	0,250	0,120	0,120
b _{eff}	m	0,500	0,500	0,500	0,500
h _{eff}	m	0,198	0,198	0,198	0,198
b _{fl}	m	0,000	0,500	0,500	0,500
h _{fl}	m	0,000	0,248	0,248	0,248
A _{red}	m ²	0,736	0,491	0,419	0,431
S _{red}	m ³	0,526	0,348	0,392	0,424
y _{red}	m	0,715	0,709	0,935	0,984
h _x -y _{red}	m	0,735	0,766	1,054	1,107
I _{red}	m ⁴	0,132	0,116	0,219	0,249
W _{redbotom}	m ³	0,185	0,163	0,235	0,253
W' _{redtop}	m ³	0,180	0,151	0,208	0,225
r'	m	0,244	0,307	0,497	0,521
r	m	0,251	0,332	0,560	0,586
γ		1,750	1,500	1,500	1,500
γ'		1,750	1,500	1,500	1,500
W _{pl,1}	m ³	0,323	0,245	0,352	0,379
W' _{pl}	m ³	0,314	0,226	0,312	0,337

Išankstiniai armatūros įtempimai ir jų nuostoliai

$$\sigma_{sp} = 1300 \text{ MPa}$$

Pirminiai nuostoliai

1. Dėl relaksacijos

$$\Delta\sigma_p = \left(0,22 \cdot \frac{\sigma_{sp}}{f_{pk}} - 0,1\right) \cdot \sigma_{sp} = \left(0,22 \cdot \frac{1300}{1680} - 0,1\right) \cdot 1300 = 91,31 \text{ MPa} \quad (2.30)$$

2. Dėl įrengimų inkarų deformacijos ($\Delta l = 2 \text{ mm}$)

$$\Delta\sigma_l = \frac{\Delta l}{l} \cdot E = \frac{2}{21000} \cdot 195000 = 18,571 \text{ MPa} \quad (2.31)$$

3. Dėl plieninio klojinio formos deformacijų į atsparas

$$\Delta\sigma_{los}^5 = 30 \text{ MPa}$$

Pjūvyje 0-0

$$M_{0-0}^{I\check{s}} = 0,5 \cdot q_{k,sija} \cdot l_{0-0} \cdot (l_{sk} - l_{0-0}) = 0,5 \cdot 9,512 \cdot 0,23 \cdot (20,5 - 0,23) = 22,173 \text{ kNm} \quad (2.32)$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = \frac{5,777}{0,7 \cdot 37} = 0,223 < \alpha = 0,315 \quad (2.33)$$

$$\Delta\sigma_{los}^6 = \chi \cdot \left(40 \cdot \left(\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} \right) \right) = 1,0 \cdot (40 \cdot 0,223) = 8,92 \text{ MPa} \quad (2.34)$$

Antrieji nuostoliai

4. Dėl betono susitraukimo:

$$C^{30/37}, \text{ natūraliai kietėjusio betono [4]} \Delta\sigma_{los}^8 = 50 \text{ MPa}$$

5. Dėl betono valkšnumo:

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = \frac{5,478}{0,7 \cdot 37} = 0,212 < 0,75 \quad (2.35)$$

$$\Delta\sigma_{los}^9 = 150 \cdot \chi \cdot \left(\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} \right) = 150 \cdot 1,0 \cdot 0,212 = 31,729 \text{ MPa} \quad (2.36)$$

Suminiai armatūros įtempimų nuostoliai:

$$\Delta\sigma_{sum\ 0-0} = \Delta\sigma_p + \Delta\sigma_l + \Delta\sigma_{los}^5 + \Delta\sigma_{los}^6 + \Delta\sigma_{los}^8 + \Delta\sigma_{los}^9 = 91,31 + 18,571 + 30 + 8,92 + 50 + 31,729 = 230,532 \text{ MPa} \quad (2.37)$$

Pjūvyje I-I

$$M_{I-I}^{I\check{s}} = 0,5 \cdot q_{k,sija} \cdot l_{I-I} \cdot (l - l_{I-I}) = 0,5 \cdot 9,512 \cdot 0,63 \cdot (20,5 - 0,63) = 59,536 \text{ kNm} \quad (2.38)$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = \frac{6,974}{0,7 \cdot 37} = 0,269 > \alpha = 0,315 \quad (2.39)$$

$$\Delta\sigma_{los}^6 = \chi \cdot \left(40 \cdot \alpha \cdot \left(\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} \right) \right) = 1,0 \cdot (40 \cdot 0,315 \cdot 0,269) = 10,77 \text{ MPa} \quad (2.40)$$

Antrieji nuostoliai

1. Dėl betono susitraukimo

$$C^{30/37}, \text{ natūraliai kietėjusio betono [4]} \Delta\sigma_{los}^8 = 50 \text{ MPa}$$

2. Dėl betono valkšnumo

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = \frac{6,592}{0,7 \cdot 37} = 0,255 < 0,75 \quad (2.41)$$

$$\Delta\sigma_{los}^9 = 150 \cdot \chi \cdot \left(\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} \right) = 150 \cdot 1,0 \cdot 0,255 = 38,178 \text{ MPa} \quad (2.42)$$

Suminiai armatūros įtempimų nuostoliai:

$$\Delta\sigma_{sum\ I-I} = \Delta\sigma_p + \Delta\sigma_l + \Delta\sigma_{los}^5 + \Delta\sigma_{los}^6 + \Delta\sigma_{los}^8 + \Delta\sigma_{los}^9 = 91,31 + 18,571 + 30 + 10,77 + 50 + 38,178 = 238,829 \text{ MPa} \quad (2.43)$$

Pjūvyje X-X

$$M_{X-X}^{I\check{s}} = 0,5 \cdot q_{k,sija} \cdot l_{X-X} \cdot (l - l_{X-X}) = 0,5 \cdot 9,512 \cdot 8,853 \cdot (20,5 - 8,853) = 490,395 \text{ kNm} \quad (2.44)$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = \frac{5,885}{0,7 \cdot 45} = 0,227 < \alpha = 0,315 \quad (2.45)$$

$$\Delta\sigma_{los}^6 = \chi \cdot \left(40 \cdot \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}}\right) = 1,0 \cdot (40 \cdot 0,227) = 9,089 \text{ MPa} \quad (2.46)$$

Antrieji nuostoliai

1. Dėl betono susitraukimo

$C^{30}/_{37}$, natūraliai kietėjusio betono [4] $\Delta\sigma_{los}^8 = 50 \text{ MPa}$

2. Dėl betono valkšnumo

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = \frac{5,49}{0,7 \cdot 37} = 0,212 < 0,75 \quad (2.47)$$

$$\Delta\sigma_{los}^9 = 150 \cdot \chi \cdot \left(\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}}\right) = 150 \cdot 1,0 \cdot 0,212 = 31,795 \text{ MPa} \quad (2.48)$$

Suminiai armatūros įtempimų nuostoliai:

$$\begin{aligned} \Delta\sigma_{sum \text{ X-X}} &= \Delta\sigma_p + \Delta\sigma_l + \Delta\sigma_{los}^5 + \Delta\sigma_{los}^6 + \Delta\sigma_{los}^8 + \Delta\sigma_{los}^9 \\ &= 91,31 + 18,571 + 30 + 9,089 + 50 + 31,795 = 230,765 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (2.49)$$

Pjūvyje II-II

$$\begin{aligned} M_{II-II}^{\text{Iš}} &= 0,5 \cdot q_{k,sija} \cdot l_{II-II} \cdot (l - l_{II-II}) = 0,5 \cdot 9,512 \cdot 10,48 \cdot (20,5 - 10,480) \\ &= 499,426 \text{ kNm} \end{aligned} \quad (2.50)$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = \frac{5,826}{0,7 \cdot 37} = 0,225 < \alpha = 0,315 \quad (2.51)$$

$$\Delta\sigma_{los}^6 = \chi \cdot \left(40 \cdot \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}}\right) = 1,0 \cdot (40 \cdot 0,225) = 8,998 \text{ MPa} \quad (2.52)$$

Antrieji nuostoliai

1. Dėl betono susitraukimo

$C^{30}/_{37}$, natūraliai kietėjusio betono [4] $\Delta\sigma_{los}^8 = 50 \text{ MPa}$

2. Dėl betono valkšnumo

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = \frac{5,44}{0,7 \cdot 37} = 0,21 < 0,75 \quad (2.53)$$

$$\Delta\sigma_{los}^9 = 150 \cdot \chi \cdot \left(\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}}\right) = 150 \cdot 1,0 \cdot 0,21 = 31,503 \text{ MPa} \quad (2.54)$$

Suminiai armatūros įtempimų nuostoliai:

$$\begin{aligned} \Delta\sigma_{sum \text{ II-II}} &= \Delta\sigma_p + \Delta\sigma_l + \Delta\sigma_{los}^5 + \Delta\sigma_{los}^6 + \Delta\sigma_{los}^8 + \Delta\sigma_{los}^9 \\ &= 91,31 + 18,571 + 30 + 8,998 + 50 + 31,503 = 230,382 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (2.55)$$

Sijos skaičiavimas eksploatacijos stadijoje

Stiprumas įstrižuose pjūviuose

Stiprumas skersinei jėgai

$$d_o = 1,3 \text{ m}, \quad \text{tai } c = 2,6 \text{ m}, \quad d_c = 1,64$$

$$\varphi_n = 0,1 \cdot \frac{\sigma_{sp1.2} \cdot A_{sp}}{f_{ctd} \cdot b_w \cdot d} = 0,1 \cdot \frac{435,725 \cdot 1200}{1,2 \cdot 120 \cdot 1,54 \cdot 10^3} = 0,303 \quad (2.56)$$

Skaičiuotinis betono tempiamasis stipris

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk.0,05}}{1,5} \cdot 0,9 = \frac{2}{1,5} \cdot 0,9 = 1,2 \text{ MPa} \quad (2.57)$$

$$q_{eff} = (1,36 + 20,1 + 9,512 + 0,5 \cdot (23,54 + 2,4)) \cdot 10^{-3} = 0,044 \quad (2.58)$$

$$M_{c2} = \varphi_{c2} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot h_0^2 = 2,0 \cdot (1 + 0,303) \cdot 1,2 \cdot 0,12 \cdot 1,45^2 = 0,789 \text{ MNm} \quad (2.59)$$

$$\text{tg } \beta = \frac{d_c - d_0}{c} = \frac{1,66 - 1,45}{2,6} = 0,081 \quad (2.60)$$

$$v_\beta = \varphi_{c2} \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot (\text{tg } \beta)^2 = 2,0 \cdot 1,2 \cdot 0,12 \cdot 0,081^2 = 1,89 \cdot 10^{-3} \text{ MNm} \quad (2.61)$$

$$v_{sw} = \frac{f_{ywd} \cdot A_{sw} \cdot n}{s} = \frac{292 \cdot 2,83 \cdot 10^{-5} \cdot 2}{0,1} = 0,165 \text{ MN/m} \quad (2.62)$$

Skaičiuotinis skersinės armatūros stipris:

$$f_{ywd} = f_{yd} \cdot 0,8 \cdot 1 = 365 \cdot 0,8 \cdot 1 = 292 \text{ MPa} \quad (2.63)$$

$$\emptyset 6 A_{sw} = \frac{0,283}{100^2} = 2,83 \cdot 10^{-5} \text{ m} \quad (2.64)$$

$$n = 2 \quad (\text{strygų skaičius skerspjūvyje}), \quad S = 0,1 \text{ m}$$

$$C_0 = \sqrt{\frac{M_{c2}}{v_{sw}}} \cdot \left(1 + \frac{c}{d_o} \cdot \text{tg } \beta\right) = \sqrt{\frac{0,789}{0,165}} \cdot \left(1 + \frac{2,6}{1,3} \cdot 0,081\right) = 2,541 \text{ m} \quad (2.65)$$

$$V_{Ed,c} = \frac{M_{c2}}{c} \cdot \left(1 + \frac{c}{d_o} \cdot \text{tg } \beta\right)^2 + v_{sw} \cdot C_0 \quad (2.66)$$

$$= \frac{0,789}{2,6} \cdot \left(1 + \frac{2,6}{1,3} \cdot 0,081\right)^2 + 0,165 \cdot 2,541 = 0,772 \text{ MN}$$

$$q_{eff} = 0,044 < 0,562 \cdot v_{sw} - 2,5 \sqrt{v_{sw} \cdot v_\beta} \quad (2.67)$$

$$= 0,562 \cdot 0,165 - 2,5 \sqrt{0,165 \cdot 1,89 \cdot 10^{-3}}$$

$$= 0,048 \text{ Sąlyga tenkinama}$$

Tai

$$C_p = \sqrt{\frac{M_{c2}}{q_{eff} \cdot v_\beta + \sqrt{v_{sw} \cdot v_\beta}}} = \sqrt{\frac{0,789}{0,044 \cdot 1,89 \cdot 10^{-3} + \sqrt{0,165 \cdot 1,89 \cdot 10^{-3}}}} \quad (2.68)$$

$$= 6,669 \text{ m}$$

Stiprumas lenkimo momentui

Elementų stiprumas lenkimo momentui įstrižajame pjūvyje yra pakankamas, jeigu armatūros įtrepimų perdavimo zonos gale esantis C-C pjūvis yra atsparus pleišėjimui. Čia veikiantis lenkimo momentas, sukeltas visų apkrovų, apskaičiuotų saugos ribiniam būviui [6]:

$$M = Q_{0-0} \cdot (l_{p1} + \Delta l_{p1} - e_1) = 0,618 \cdot (1,096 + 0,274 - 0,23) = 0,705 \text{ MNm} \quad (2.69)$$

Tikrinama C-C pjūvio atsparumui pleišėjimui sąlyga:

$$M \leq M_{crc} = (f_{ctk0,05} \cdot W_{pl} + P_2 \cdot (e_{op} + \varphi \cdot r')) \cdot (1 - \lambda) \quad (2.70)$$

Apgniuždymo jėga $P^{1-5} = 1392,143 \text{ kN}$

$$\frac{\sigma_{cp1}^*}{f_{cp,cube}} = \frac{10,108}{0,7 \cdot 37} = 0,39 > \alpha = 0,315 \quad (2.71)$$

$$\Delta\sigma_{los}^6 = \chi \cdot \left(40 \cdot \alpha + 85 \cdot \beta \cdot \left(\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} - \alpha \right) \right) \quad (2.72)$$

$$= 1,0 \cdot (40 \cdot 0,315 + 85 \cdot 1,1 \cdot (0,39 - 0,315)) = 15,526 \text{ MPa}$$

Antrieji nuostoliai

1. Dėl betono susitraukimo

$C^{30}/_{37}$, natūraliai kietėjusio betono [4] $\Delta\sigma_{los}^8 = 50 \text{ MPa}$

2. Dėl betono valkšnumo

$$\frac{\sigma_{cp2}^*}{f_{cp,cube}} = \frac{6,562}{0,7 \cdot 37} = 0,253 < 0,75 \quad (2.73)$$

$$\Delta\sigma_{los}^9 = 150 \cdot \chi \cdot \left(\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} \right) = 150 \cdot 1,0 \cdot 0,253 = 37,95 \text{ MPa} \quad (2.74)$$

Suminiai armatūros įtempimų nuostoliai:

$$\Delta\sigma_{sum\ C-C} = \Delta\sigma_p + \Delta\sigma_l + \Delta\sigma_{los}^5 + \Delta\sigma_{los}^6 + \Delta\sigma_{los}^8 + \Delta\sigma_{los}^9 \quad (2.75)$$

$$= 91,31 + 18,571 + 30 + 15,526 + 50 + 37,95 = 243,357 \text{ MPa}$$

Apgniuždymo jėga įvertinus suminius nuostolius:

$$P_2 = p_{sp} \cdot (\sigma_{sp} - \Delta\sigma_{sum\ C-C}) \cdot A_{sp} = 0,9 \cdot (1300 - 243,357) \cdot 1200 \quad (2.76)$$

$$= 1141174,44 \text{ N} = 1141,174 \text{ kN}$$

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_c}{f_{cp,cube}} = 1,6 - \frac{2,391}{0,7 \cdot 37} = 1,508 > 1,0, \text{ tai } \varphi = 1,0 \quad (2.77)$$

$$M_{crc} = (f_{ctd} \cdot W_{pl} + P_2 \cdot (e_{op} + \varphi \cdot r')) \cdot (1 - \lambda) \quad (2.78)$$

$$= (1,2 \cdot 0,245 + 1,141 \cdot (0,609 + 1,0 \cdot 0,307)) \cdot (1 - 0)$$

$$= 1,339 \text{ MNm}$$

$$M = 0,705 \text{ MNm} < M_{crc} = 1,339 \text{ MNm} \text{ sąlyga tenkinama}$$

Atsparumas normaliniams plyšiams

Normaliniai plyšiai sijos apatinės zonos krašte neatsivers, jei bus tenkinama sąlyga:

$$M \leq M_{crc} = (f_{ctd} \cdot W_{pl} + P_2 \cdot (e_{op} + \varphi \cdot r')) \cdot (1 - \lambda) \quad (2.79)$$

Pjūvis I-I

$$A_{red} = 0,491 \text{ m}^2$$

$$W_{pl} = 0,245 \text{ m}^3$$

$$y_{red} = 0,709 \text{ m}$$

$$W'_{red} = 0,151 \text{ m}^3$$

$$r' = 0,307 \text{ m} \qquad \lambda = 0$$

$$P_{I-I} = \gamma_{sp} \cdot (\sigma_{sp} - \Delta\sigma_{sumI-I}) \cdot A_{sp} = 1,0 \cdot (1300 - 238,829) \cdot 1200 \quad (2.80)$$

$$= 1273405,2 \text{ N} = 1273,405 \text{ kN}$$

$$M = M_{I-I} = 190,55 \text{ kNm} = 0,191 \text{ MNm} \quad (2.81)$$

$$M_{crc} = (f_{ctd} \cdot W_{pl} + P_{I-I} \cdot (e_{op} \cdot \varphi \cdot r')) \cdot (1 - \lambda) \quad (2.82)$$

$$= (1,2 \cdot 0,245 + 1,2734 \cdot (0,609 + 1,0 \cdot 0,307)) \cdot (1 - 0)$$

$$= 1,46 \text{ MNm}$$

$$M = 0,191 \text{ MNm} < M_{crc} = 1,46 \text{ MNm} \quad \text{sąlyga tenkinama}$$

Pjūvis X-X

$$A_{red} = 0,419 \text{ m}^2 \qquad y_{red} = 0,935 \text{ m}$$

$$W_{pl} = 0,352 \text{ m}^3 \qquad W'_{red} = 0,208 \text{ m}^3$$

$$r' = 0,497 \text{ m} \qquad \lambda = 0$$

$$P_{X-X} = \gamma_{sp} \cdot (\sigma_{sp} - \Delta\sigma_{sumX-X}) \cdot A_{sp} = 1,0 \cdot (1300 - 230,765) \cdot 1200 \quad (2.83)$$

$$= 1283082 \text{ N} = 1283,082 \text{ kN}$$

$$M = M_{X-X} = 2427,24 \text{ kNm} = 2,427 \text{ MNm} \quad (2.84)$$

$$M_{crc} = (f_{ctd} \cdot W_{pl} + P_{X-X} \cdot (e_{op} + \varphi \cdot r')) \cdot (1 - \lambda) \quad (2.85)$$

$$= (1,2 \cdot 0,352 + 1,283 \cdot (0,835 + 1,0 \cdot 0,497)) \cdot (1 - 0)$$

$$= 2,131 \text{ MNm}$$

$$M = 2,427 \text{ MNm} < M_{crc} = 2,131 \text{ MNm} \quad \text{sąlyga netenkinama}$$

Pjūvis II-II

$$A_{red} = 0,431 \text{ m}^2 \qquad y_{red} = 0,984 \text{ m}$$

$$W_{pl} = 0,379 \text{ m}^3 \qquad W'_{red} = 0,225 \text{ m}^3$$

$$r' = 0,521 \text{ m} \qquad \lambda = 0$$

$$P_{II-II} = \gamma_{sp} \cdot (\sigma_{sp} - \Delta\sigma_{sumII-II}) \cdot A_{sp} = 1,0 \cdot (1300 - 230,282) \cdot 1200 \quad (2.86)$$

$$= 1283541,6 \text{ N} = 1283,542 \text{ kN}$$

$$M = M_{II-II} = 2489,98 \text{ kNm} = 2,49 \text{ MNm} \quad (2.87)$$

$$M_{crc} = (f_{ctd} \cdot W_{pl} + P_{II-II} \cdot (e_{op} + \varphi \cdot r')) \cdot (1 - \lambda) \quad (2.88)$$

$$= (1,2 \cdot 0,379 + 1,2835 \cdot (0,884 + 1,0 \cdot 0,521)) \cdot (1 - 0)$$

$$= 2,258 \text{ MNm}$$

$$M = 2,49 \text{ MNm} < M_{crc} = 2,258 \text{ MNm} \quad \text{sąlyga netenkinama}$$

Normalinių plyšių atsivėrimo pločio skaičiavimas

Trumpam laikui atsivėrusio plyšio plotis:

$$a_{crc,trump} = a_{crc1} - a_{crc2} + a_{crc3} \leq a_{crc,u,trump} = 0,3 \text{ mm} \quad (2.89)$$

O dėl ilgalaikės apkrovos atsiradusio plyšio plotis:

$$a_{crc,ilg} = a_{crc3} \leq a_{crc,u,ilg} = 0,2 \text{ mm} \quad (2.90)$$

Plyšys atsiveria veikiant suminės apkrovos lenkimo momentui M_{viso} , o a_{crc2} ir a_{crc3} dydžius sąlygoja ilgalaikių apkrovų lenkimo momentas M_{ilg} .

Pjūvyje x-x

Suminės apkrovos lenkimo momentas:

$$M_{viso} = 2427,24 \text{ kNm}$$

Ilgalaikių apkrovų lenkimo momentas:

$$M_{ilg} = 1483,54 \text{ kNm}$$

$$P_{X-X} = \gamma_{sp} \cdot (\sigma_{sp} - \Delta\sigma_{sumX-X}) \cdot A_{sp} = 1,0 \cdot (1300 - 230,765) \cdot 1200 = 1283082 \text{ N} = 1283,082 \text{ kN} \quad (2.91)$$

Kadangi $h_{f1} = 0,248 \text{ m} > a_{sp} = 0,1 \text{ m}$, tai armavimo koeficientas:

$$\mu_s = \frac{A_{sp}}{b_w \cdot d + (b_{f1} - b_w) \cdot (h_{f1} - a_{sp})} = \frac{1200}{120 \cdot 1889 + (500 - 120) \cdot (248 - 100)} = 0,004 < 0,02 \quad \text{Sąlyga tenkinama} \quad (2.92)$$

Kadangi konstrukcija yra lenkiama:

$$e_{sp} = 0 \\ \delta = 1$$

$$\varphi_{f1} = \frac{(b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff} + \alpha_s \cdot \frac{A_s}{2 \cdot v_1}}{b_w \cdot d} = \frac{(500 - 120) \cdot 198 + 6,094 \cdot \frac{312}{2 \cdot 0,45}}{120 \cdot 1,889} = 0,341 \quad (2.93)$$

$$\varphi_{f2} = \frac{(b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff} + \alpha_s \cdot \frac{A_s}{2 \cdot v_2}}{b_w \cdot d} = \frac{(500 - 120) \cdot 198 + 6,094 \cdot \frac{312}{2 \cdot 0,45}}{120 \cdot 1,889} = 0,341 \quad (2.94)$$

$$\varphi_{f3} = \frac{(b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff} + \alpha_s \cdot \frac{A_s}{2 \cdot v_3}}{b_w \cdot d} = \frac{(500 - 120) \cdot 198 + 6,094 \cdot \frac{312}{2 \cdot 0,15}}{120 \cdot 1,889} = 0,361 \quad (2.95)$$

$$\delta_{n1} = \frac{h_x - \xi_1 \cdot d - a_2}{h_x - \xi_1 \cdot d - a_1} = \frac{1,989 - 0,344 \cdot 1,889 - 0,05}{1,989 - 0,344 \cdot 1,889 - 0,1} = 1,04 \quad (2.96)$$

$$\delta_{n2} = \frac{h_x - \xi_2 \cdot d - a_2}{h_x - \xi_2 \cdot d - a_1} = \frac{1,989 - 0,972 \cdot 1,889 - 0,05}{1,989 - 0,972 \cdot 1,889 - 0,1} = 1,913 \quad (2.97)$$

$$\delta_{n3} = \frac{h_x - \xi_3 \cdot d - a_2}{h_x - \xi_3 \cdot d - a_1} = \frac{1,989 - 0,979 \cdot 1,889 - 0,05}{1,989 - 0,979 \cdot 1,889 - 0,1} = 2,29 \quad (2.98)$$

$$\Delta\sigma_{sp1} = \frac{M_{viso} - P_{X-X} \cdot (z_1 - e_{sp})}{A_{sp} \cdot z_1} \cdot \delta_{n1} = \frac{2427,24 - 1283,082 \cdot (1,676 - 0)}{1200 \cdot 10^{-4} \cdot 1,676} \cdot 1,04 = 142948,384 \text{ kPa} = 142,948 \text{ MPa} > 0 \quad (2.99)$$

$$\Delta\sigma_{sp2} = \frac{M_{ilg} - P_{X-X} \cdot (z_2 - e_{sp})}{A_{sp} \cdot z_2} \cdot \delta_{n2} = \frac{1483,54 - 1283,082 \cdot (1,184 - 0)}{1200 \cdot 10^{-4} \cdot 1,184} \cdot 1,913 = -48445,091 \text{ kPa} = -48,445 \text{ MPa} < 0 \quad (2.100)$$

$$\Delta\sigma_{sp2} = 0$$

$$\Delta\sigma_{sp3} = \frac{M_{ilg} - P_{x-x} \cdot (z_3 - e_{sp})}{A_{sp} \cdot z_3} \cdot \delta_{n3} = \frac{1483,54 - 1283,082 \cdot (1,186 - 0)}{1200 \cdot 10^{-4} \cdot 1,186} \cdot 2,29 \quad (2.101)$$

$$= -61164,722 \text{ kPa} = -61,165 \text{ MPa} < 0$$

$$\Delta\sigma_{sp3} = 0$$

$$a_{crc1} = \delta_{n1} \cdot \eta \cdot \varphi_{l1} \cdot \frac{\Delta\sigma_{sp1}}{E_s} \cdot 20 \cdot (3,5 - 100 \cdot \mu_s) \cdot \sqrt[3]{d_{lyno}} \quad (2.102)$$

$$= 1,04 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot \frac{142,948}{195000} \cdot 20 \cdot (3,5 - 100 \cdot 0,004) \cdot \sqrt[3]{15,7}$$

$$= 0,141 \text{ mm}$$

$$a_{crc2} = \delta_{n2} \cdot \eta \cdot \varphi_{l2} \cdot \frac{\Delta\sigma_{sp2}}{E_s} \cdot 20 \cdot (3,5 - 100 \cdot \mu_s) \cdot \sqrt[3]{d_{lyno}} = 0 \text{ mm} \quad (2.103)$$

$$a_{crc3} = \delta_{n3} \cdot \eta \cdot \varphi_{l3} \cdot \frac{\Delta\sigma_{sp3}}{E_s} \cdot 20 \cdot (3,5 - 100 \cdot \mu_s) \cdot \sqrt[3]{d_{lyno}} = 0 \text{ mm} \quad (2.104)$$

Tikriname trumpam laikui atsivėrusio plyšio pločio sąlygą:

$$a_{crc,trump} = a_{crc1} - a_{crc2} + a_{crc3} = 0,141 - 0 + 0 = 0,141 \text{ mm} < a_{crc,u,trump}$$

$$= 0,3 \text{ mm} - \text{sąlyga tenkinama}$$

Tikriname dėl ilgalaikės apkrovos atsiradusio plyšio pločio sąlygą:

$$a_{crc,ilg} = a_{crc3} = 0 \text{ mm} < a_{crc,u,ilg} = 0,2 \text{ mm} - \text{sąlyga tenkinama}$$

Pjūvyje II-II

Suminės apkrovos lenkimo momentas:

$$M_{viso} = 2489,98 \text{ kNm}$$

Ilgalaikių apkrovų lenkimo momentas:

$$M_{ilg.} = 1521,88 \text{ kNm}$$

$$P_{II-II} = \gamma_{sp} \cdot (\sigma_{sp} - \Delta\sigma_{sumII-II}) \cdot A_{sp} = 1,0 \cdot (1300 - 230,282) \cdot 1200 \quad (2.105)$$

$$= 1283541,6 \text{ N} = 1283,542 \text{ kN}$$

Kadangi $h_{f1} = 0,248 \text{ m} > a_{sp} = 0,1 \text{ m}$, tai armavimo koeficientas:

$$\mu_s = \frac{P_{II-II}}{b_w \cdot d + (b_{f1} - b_w) \cdot (h_{f1} - a_{sp})} = \frac{1200}{120 \cdot 1991 + (500 - 120) \cdot (248 - 100)} \quad (2.106)$$

$$= 0,004 < 0,02 \quad \text{Sąlyga tenkinama}$$

Kadangi konstrukcija yra lenkiama:

$$e_{sp} = 0$$

$$\delta = 1$$

$$\varphi_{f1} = \frac{(b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff} + \alpha_s \cdot \frac{A_s}{2 \cdot v_1}}{b_w \cdot d} = \frac{(500 - 120) \cdot 198 + 6,094 \cdot \frac{312}{2 \cdot 0,45}}{120 \cdot 1,991} = 0,324 \quad (2.107)$$

$$\varphi_{f2} = \frac{(b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff} + \alpha_s \cdot \frac{A_s}{2 \cdot v_2}}{b_w \cdot d} = \frac{(500 - 120) \cdot 198 + 6,094 \cdot \frac{312}{2 \cdot 0,45}}{120 \cdot 1,991} = 0,324 \quad (2.108)$$

$$\varphi_{f3} = \frac{(b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff} + \alpha_s \cdot \frac{A_s}{2 \cdot v_3}}{b_w \cdot d} = \frac{(500 - 120) \cdot 198 + 6,094 \cdot \frac{312}{2 \cdot 0,15}}{120 \cdot 1,991} = 0,341 \quad (2.109)$$

$$\delta_{n1} = \frac{h_x - \xi_1 \cdot d - a_2}{h_x - \xi_1 \cdot d - a_1} = \frac{2,091 - 0,356 \cdot 1,991 - 0,05}{2,091 - 0,356 \cdot 1,991 - 0,1} = 1,039 \quad (2.110)$$

$$\delta_{n2} = \frac{h_x - \xi_2 \cdot d - a_2}{h_x - \xi_2 \cdot d - a_1} = \frac{2,091 - 1,055 \cdot 1,991 - 0,05}{2,091 - 1,055 \cdot 1,991 - 0,1} = 0,547 \quad (2.111)$$

$$\delta_{n3} = \frac{h_x - \xi_3 \cdot d - a_2}{h_x - \xi_3 \cdot d - a_1} = \frac{2,091 - 1,063 \cdot 1,991 - 0,05}{2,091 - 1,063 \cdot 1,991 - 0,1} = 0,604 \quad (2.112)$$

$$\begin{aligned} \Delta\sigma_{sp1} &= \frac{M_{viso} - P_{II-II} \cdot (z_1 - e_{sp})}{A_{sp} \cdot z_1} \cdot \delta_{n1} \\ &= \frac{2489,98 - 1283,542 \cdot (1,758 - 0)}{1200 \cdot 10^{-4} \cdot 1,758} \cdot 1,039 = 114804,905 \text{ kPa} \\ &= 114,805 \text{ MPa} > 0 \end{aligned} \quad (2.113)$$

$$\begin{aligned} \Delta\sigma_{sp2} &= \frac{M_{ilg} - P_{x-x} \cdot (z_2 - e_{sp})}{A_{sp} \cdot z_2} \cdot \delta_{n2} = \frac{1521,88 - 1283,542 \cdot (1,164 - 0)}{1200 \cdot 10^{-4} \cdot 1,184} \cdot 0,547 \\ &= 11013,727 \text{ kPa} = 11,014 \text{ MPa} > 0 \end{aligned} \quad (2.114)$$

$$\begin{aligned} \Delta\sigma_{sp3} &= \frac{M_{ilg} - P_{x-x} \cdot (z_3 - e_{sp})}{A_{sp} \cdot z_3} \cdot \delta_{n3} = \frac{1521,88 - 1283,542 \cdot (1,166 - 0)}{1200 \cdot 10^{-4} \cdot 1,186} \cdot 0,604 \\ &= 11112,343 \text{ kPa} = 11,112 \text{ MPa} > 0 \end{aligned} \quad (2.115)$$

$$\begin{aligned} a_{crc1} &= \delta_{n1} \cdot \eta \cdot \varphi_{l1} \cdot \frac{\Delta\sigma_{sp1}}{E_s} \cdot 20 \cdot (3,5 - 100 \cdot \mu_s) \cdot \sqrt[3]{d_{lyno}} \\ &= 1,039 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot \frac{114,805}{195000} \cdot 20 \cdot (3,5 - 100 \cdot 0,004) \cdot \sqrt[3]{15,7} \\ &= 0,114 \text{ mm} \end{aligned} \quad (2.116)$$

$$\begin{aligned} a_{crc2} &= \delta_{n2} \cdot \eta \cdot \varphi_{l2} \cdot \frac{\Delta\sigma_{sp2}}{E_s} \cdot 20 \cdot (3,5 - 100 \cdot \mu_s) \cdot \sqrt[3]{d_{lyno}} \\ &= 0,547 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot \frac{11,014}{195000} \cdot 20 \cdot (3,5 - 100 \cdot 0,004) \cdot \sqrt[3]{15,7} \\ &= 0,006 \text{ mm} \end{aligned} \quad (2.117)$$

$$\begin{aligned} a_{crc3} &= \delta_{n3} \cdot \eta \cdot \varphi_{l3} \cdot \frac{\Delta\sigma_{sp3}}{E_s} \cdot 20 \cdot (3,5 - 100 \cdot \mu_s) \cdot \sqrt[3]{d_{lyno}} \\ &= 0,604 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot \frac{11,112}{195000} \cdot 20 \cdot (3,5 - 100 \cdot 0,004) \cdot \sqrt[3]{15,7} \\ &= 0,008 \text{ mm} \end{aligned} \quad (2.118)$$

Tikriname trumpam laikui atsivėrusio plyšio pločio sąlyga:

$$\begin{aligned} a_{crc,trump} &= a_{crc1} - a_{crc2} + a_{crc3} = 0,114 - 0,006 + 0,008 = 0,116 \text{ mm} < a_{crc,u,trump} \\ &= 0,3 \text{ mm} - \text{sąlyga tenkinama} \end{aligned}$$

Tikriname dėl ilgalaikės apkrovos atsiradusio plyšio pločio sąlyga:

$$a_{crc,ilg} = a_{crc3} = 0,008 \text{ mm} < a_{crc,u,ilg} = 0,2 \text{ mm} - \text{sąlyga tenkinama}$$

Sijos įlinkio skaičiavimas

Kreivumų skaičiavimas

Pjūvis 0-0

- Nuo trumpalaikės apkrovos trumpalaikio poveikio

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M^{tr.}}{\varphi_{c1} \cdot E_{cm} \cdot I_{red}} = \frac{0}{0,85 \cdot 32000 \cdot 10^6 \cdot 0,132} = 0 \text{ m}^{-1} \quad (2.119)$$

- Nuo ilgalaikės apkrovos ilgalaikio poveikio

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{M^{il.}}{\varphi_{c1} \cdot E_{cm} \cdot I_{red}} = \frac{0}{0,85 \cdot 32000 \cdot 10^6 \cdot 0,132} = 0 \text{ m}^{-1} \quad (2.120)$$

- Nuo išankstinio apgniuždymo

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 = \frac{P_m \cdot e_{op}}{\varphi_{c1} \cdot E_{cm} \cdot I_{red}} = \frac{(1300 - (91,31 + 18,751 + 30 + 8,92)) \cdot 1200 \cdot 0,625}{0,85 \cdot 32000 \cdot 10^6 \cdot 0,132} = 2,404 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1} \quad (2.121)$$

$$e_{op} = \frac{h}{2} - a_{sp} = \frac{1,450}{2} - 0,1 = 0,625 \text{ m} \quad (2.122)$$

- Kreivis nuo betono traukumo ir valkšnumo

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{d} = \frac{2,833 \cdot 10^{-3}}{1,35} = 2,099 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1} \quad (2.123)$$

$$\varepsilon_1 = \frac{\sigma_{c1}}{E_{cm}} = \frac{90,649}{32000} = 2,833 \cdot 10^{-3} \quad (2.124)$$

$$\sigma_{c1} = \sigma_{los}^6 + \sigma_{los}^8 + \sigma_{los}^9 = 8,92 + 50 + 31,729 = 90,649 \text{ MPa} \quad (2.125)$$

Suminis kreivis:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_{0-0} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 - \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4 = 0 + 0 - 2,404 \cdot 10^{-4} - 2,833 \cdot 10^{-3} = -3,073 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1} \quad (2.126)$$

Pjūvis I-I

- Nuo trumpalaikės apkrovos trumpalaikio poveikio

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M^{tr.}}{\varphi_{c1} \cdot E_{cm} \cdot I_{red}} = \frac{104,28 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 32000 \cdot 10^6 \cdot 0,116} = 3,305 \cdot 10^{-5} \text{ m}^{-1} \quad (2.127)$$

- Nuo ilgalaikės apkrovos ilgalaikio poveikio

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{M^{il.} \cdot \varphi_{c2}}{\varphi_{c1} \cdot E_{cm} \cdot I_{red}} = \frac{86,27 \cdot 10^3 \cdot 2}{0,85 \cdot 32000 \cdot 10^6 \cdot 0,116} = 5,468 \cdot 10^{-5} \text{ m}^{-1} \quad (2.128)$$

- Nuo išankstinio apgniuždymo

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 = \frac{P_m \cdot e_{op}}{\varphi_{c1} \cdot E_{cm} \cdot I_{red}} = \frac{(1300 - (91,31 + 18,751 + 30 + 10,77)) \cdot 1200 \cdot 0,6375}{0,85 \cdot 32000 \cdot 10^6 \cdot 0,116} = 2,786 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1} \quad (2.129)$$

$$e_{op} = \frac{h}{2} - a_{sp} = \frac{1,475}{2} - 0,1 = 0,6375 \text{ m} \quad (2.130)$$

- Kreivis nuo betono traukumo ir valkšnumo

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{d} = \frac{3,617 \cdot 10^{-3}}{1,375} = 2,631 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1} \quad (2.131)$$

$$\varepsilon_1 = \frac{\sigma_{c1}}{E_{cm}} = \frac{98,948}{32000} = 3,092 \cdot 10^{-3} \quad (2.132)$$

$$\sigma_{c1} = \sigma_{los}^6 + \sigma_{los}^8 + \sigma_{los}^9 = 10,77 + 50 + 38,178 = 98,948 \text{ MPa} \quad (2.133)$$

Suminis kreivis:

$$\begin{aligned} \left(\frac{1}{r}\right)_{I-I} &= \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 - \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4 \\ &= 3,305 \cdot 10^{-5} + 5,468 \cdot 10^{-5} - 2,786 \cdot 10^{-4} - 2,631 \cdot 10^{-3} \\ &= -2,821 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1} \end{aligned} \quad (2.134)$$

Pjūvis X-X

- Visos apkrovos trumpalaikio poveikio:

$$\begin{aligned} \left(\frac{1}{r}\right)_1 &= \frac{M}{d \cdot z} \cdot \left(\frac{\psi_s}{E_s \cdot A_{sp}} + \frac{\psi_c}{(\varphi_f + \xi) \cdot b_w \cdot d \cdot E_{cm} \cdot \nu} \right) - \frac{N_{tot}}{d} \cdot \frac{\psi_s}{E_s \cdot A_{sp}} \\ &= \frac{2427,24 \cdot 10^3}{1,889 \cdot 1,704} \\ &\quad \cdot \left(\frac{1}{195000 \cdot 1200} \right. \\ &\quad \left. + \frac{0,9}{(0,425 + 0,318) \cdot 0,12 \cdot 1,889 \cdot 32000 \cdot 10^6 \cdot 0,45} \right) - \frac{1155 \cdot 10^3}{1,889} \\ &\quad \cdot \frac{1}{195000 \cdot 1200} = 0,001 \text{ m}^{-1} \end{aligned} \quad (2.135)$$

- Visos apkrovos trumpalaikio poveikio:

$$\begin{aligned} \left(\frac{1}{r}\right)_2 &= \frac{M}{d \cdot z} \cdot \left(\frac{\psi_s}{E_s \cdot A_{sp}} + \frac{\psi_c}{(\varphi_f + \xi) \cdot b_w \cdot d \cdot E_{cm} \cdot \nu} \right) - \frac{N_{tot}}{d} \cdot \frac{\psi_s}{E_s \cdot A_{sp}} \\ &= \frac{1895,9 \cdot 10^3}{1,889 \cdot 1,616} \\ &\quad \cdot \left(\frac{0,921}{195000 \cdot 1200} \right. \\ &\quad \left. + \frac{0,9}{(0,425 + 0,46) \cdot 0,12 \cdot 1,889 \cdot 32000 \cdot 10^6 \cdot 0,45} \right) - \frac{1155 \cdot 10^3}{1,889} \\ &\quad \cdot \frac{0,921}{195000 \cdot 1200} = 0,0002 \text{ m}^{-1} \end{aligned} \quad (2.136)$$

- Nuolatinės apkrovos ilgalaikio poveikio

$$\begin{aligned} \left(\frac{1}{r}\right)_3 &= \frac{M}{d \cdot z} \cdot \left(\frac{\psi_s}{E_s \cdot A_{sp}} + \frac{\psi_c}{(\varphi_f + \xi) \cdot b_w \cdot d \cdot E_{cm} \cdot \nu} \right) - \frac{N_{tot}}{d} \cdot \frac{\psi_s}{E_s \cdot A_{sp}} \\ &= \frac{1895,91 \cdot 10^3}{1,889 \cdot 1,618} \\ &\quad \cdot \left(\frac{0,936}{195000 \cdot 1200} \right. \\ &\quad \left. + \frac{0,9}{(0,444 + 0,463) \cdot 0,12 \cdot 1,889 \cdot 32000 \cdot 10^6 \cdot 0,45} \right) - \frac{1155 \cdot 10^3}{1,889} \\ &\quad \cdot \frac{0,936}{195000 \cdot 1200} = 0,001 \text{ m}^{-1} \end{aligned} \quad (2.137)$$

Nuo išankstinio apgniuždymo:

$$\sigma_{c1} = \Delta\sigma_{los}^6 + \Delta\sigma_{los}^8 + \Delta\sigma_{los}^9 = 9,089 + 50 + 31,795 = 90,884 \text{ MPa} \quad (2.138)$$

$$\varepsilon_{c1} = \frac{\sigma_{c1}}{E_m} = \frac{90,884}{195000} = 4,66 \cdot 10^{-4} \quad (2.139)$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = \frac{\varepsilon_{c1} - \varepsilon_{c2}}{d} = \frac{4,66 \cdot 10^{-4}}{1,889} = 2,467 \cdot 10^{-4} m^{-1} \quad (2.140)$$

Suminis kreivis:

$$\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 - \left(\frac{1}{r}\right)_2 + \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4 = 0,001 - 0,0002 + 0,001 - 2,467 \cdot 10^{-4} = 0,0015 m^{-1} \quad (2.141)$$

Pjūvis II-II

- Visos apkrovos trumpalaikio poveikio:

$$\begin{aligned} \left(\frac{1}{r}\right)_1 &= \frac{M}{d \cdot z} \cdot \left(\frac{\psi_s}{E_s \cdot A_{sp}} + \frac{\psi_c}{(\varphi_f + \xi) \cdot b_w \cdot d \cdot E_{cm} \cdot v} \right) - \frac{N_{tot}}{d} \cdot \frac{\psi_s}{E_s \cdot A_{sp}} \\ &= \frac{2489,98 \cdot 10^3}{1,991 \cdot 1,791} \\ &\quad \cdot \left(\frac{0,301}{195000 \cdot 1200} \right. \\ &\quad \left. + \frac{0,9}{(0,403 + 0,005) \cdot 0,12 \cdot 1,991 \cdot 32000 \cdot 10^6 \cdot 0,45} \right) \\ &\quad - \frac{1155,187 \cdot 10^3}{1,991} \cdot \frac{0,301}{195000 \cdot 1200} = 0,001 m^{-1} \end{aligned} \quad (2.142)$$

- Nuolatinės apkrovos trumpalaikio poveikio:

$$\begin{aligned} \left(\frac{1}{r}\right)_2 &= \frac{M}{d \cdot z} \cdot \left(\frac{\psi_s}{E_s \cdot A_{sp}} + \frac{\psi_c}{(\varphi_f + \xi) \cdot b_w \cdot d \cdot E_{cm} \cdot v} \right) - \frac{N_{tot}}{d} \cdot \frac{\psi_s}{E_s \cdot A_{sp}} \\ &= \frac{1944,92 \cdot 10^3}{1,991 \cdot 1,689} \\ &\quad \cdot \left(\frac{0,912}{195000 \cdot 1200} \right. \\ &\quad \left. + \frac{0,9}{(0,403 + 0,477) \cdot 0,12 \cdot 1,991 \cdot 32000 \cdot 10^6 \cdot 0,45} \right) \\ &\quad - \frac{1155,187 \cdot 10^3}{1,991} \cdot \frac{0,912}{195000 \cdot 1200} = 0,0002 m^{-1} \end{aligned} \quad (2.143)$$

- Nuolatinės apkrovos ilgalaikio poveikio

$$\begin{aligned} \left(\frac{1}{r}\right)_3 &= \frac{M}{d \cdot z} \cdot \left(\frac{\psi_s}{E_s \cdot A_{sp}} + \frac{\psi_c}{(\varphi_f + \xi) \cdot b_w \cdot d \cdot E_{cm} \cdot v_3} \right) - \frac{N_{tot}}{d} \cdot \frac{\psi_s}{E_s \cdot A_{sp}} \\ &= \frac{1895,91 \cdot 10^3}{1,991 \cdot 1,691} \\ &\quad \cdot \left(\frac{0,92}{195000 \cdot 1200} \right. \\ &\quad \left. + \frac{0,9}{(0,421 + 0,479) \cdot 0,12 \cdot 1,991 \cdot 32000 \cdot 10^6 \cdot 0,15} \right) \\ &\quad - \frac{1155,187 \cdot 10^3}{1,991} \cdot \frac{0,936}{195000 \cdot 1200} = 0,0005 m^{-1} \end{aligned} \quad (2.144)$$

Nuo išankstinio apgniuždymo:

$$\sigma_{c1} = \Delta\sigma_{los}^6 + \Delta\sigma_{los}^8 + \Delta\sigma_{los}^9 = 8,998 + 50 + 31,503 = 90,501 \text{ MPa} \quad (2.145)$$

$$\varepsilon_{c1} = \frac{\sigma_{c1}}{E_m} = \frac{90,501}{195000} = 4,641 \cdot 10^{-4} \quad (2.146)$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = \frac{\varepsilon_{c1} - \varepsilon_{c2}}{d} = \frac{4,641 \cdot 10^{-4}}{1,991} = 2,331 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1} \quad (2.147)$$

Suminis kreivis:

$$\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 - \left(\frac{1}{r}\right)_2 + \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4 = 0,001 - 0,0002 + 0,0005 - 2,331 \cdot 10^{-4} = 0,001 \text{ m}^{-1} \quad (2.148)$$

Sijos įlinkis

$$f = \frac{l^2}{12 \cdot n^2} \cdot \left(2 \cdot \left(\frac{1}{r}\right)_{0-0} + 6 \cdot \left(2 \cdot \left(\frac{1}{r}\right)_{I-I} + 2 \cdot \left(\frac{1}{r}\right)_{X-X} \right) + (3 \cdot n - 2) \cdot \left(\frac{1}{r}\right)_{II-II} \right) = \frac{l^2}{12 \cdot 6^2} \cdot (2 \cdot (-3,073 \cdot 10^{-3}) + 6 \cdot (2 \cdot (-2,821 \cdot 10^{-3}) + 2 \cdot 0,0015) + (3 \cdot 6 - 2) \cdot 0,001) = 0,006 \text{ m} < f_{lim} = \frac{l}{292} = \frac{21}{292} = 0,072 \text{ m} \quad (2.149)$$

Kiti sijos konstravimo klausimai

Sijos galiniuose ruožuose, kurių ilgis ne didesnis kaip $0,6 \cdot l_p = 0,6 \cdot 1,12 = 0,672 \text{ m}$ ir ne mažesnis kaip $0,2 \text{ m}$ numatoma papildoma skersinė armatūra. Ji gaubia sijos išilginę įtemptąją $\emptyset 15,7 \text{ Y1960S}$ armatūra ir yra išdėstyta simetriškai $0,1 \text{ m}$ žingsniu [6]:

$$A_{sw} = \frac{0,02 \cdot f_{pk} \cdot A_{sp}}{f_{sw}} = \frac{0,02 \cdot 1960 \cdot 2250}{290} = 304,138 \text{ mm}^2 = 3,04 \text{ cm}^2 \quad (2.150)$$

$$7\emptyset 6 A_{sw} = 3,08 \text{ cm}^2$$

SI2 sijos projektavimas

Preliminarių sijos matmenų parinkimas

Atsižvelgiant į metodinių nurodymų rekomendacijas preliminariai numatyti tokie sijos matmenys:

$$h_{max} = \frac{1}{10} l = \frac{12}{10} = 1,2 \text{ m} \quad (2.151)$$

$$h_{min} = 1,2 - \frac{1}{16} \cdot \frac{11,8}{2} = 0,831 \text{ m} \quad (2.152)$$

Išankstinis sijos išilginės armatūros parinkimas

Sijos skaičiuojamasis tarpatramio ilgis imamas lygus atstumui tarp inkarinių varžtų:

$$l_0 = l - \frac{2 \cdot b_c}{2} + 2 \cdot 0,15 = 12 - \frac{2 \cdot 0,5}{2} + 2 \cdot 0,15 = 11,8 \text{ m} \quad (2.153)$$

Atstumas nuo sijos atramos iki jos pavojingojo normalinio pjūvio x-x nustatomas:

$$l_x = \left(\sqrt{a \cdot (a + 1)} - a \right) \cdot l_0 = \left(\sqrt{1,214 \cdot (1,214 + 1)} - 1,214 \right) \cdot 11,8 = 5,02 \text{ m} \quad (2.154)$$

$$a = \frac{0,5 \cdot h_{min}}{h_{max} - h_{min}} = \frac{0,5 \cdot 0,85}{1,2 - 0,85} = 1,214 \quad (2.155)$$

Sijos aukštis

$$h_x = h_{min} + (l_x + 0,13) \cdot i = 0,85 + (5,02 + 0,13) \cdot \frac{1}{16} = 1,172 \text{ m} \quad (2.156)$$

Imama $a_s = 0,1 \text{ m}$

$$d = h_x - a_s = 1,172 - 0,1 = 1,072 \text{ m} \quad (2.157)$$

Sijai naudojami lynai Y1860S, lyno išankstinio įtempimo dydis:

$$\sigma_{sp} + p \leq f_{yk}; \quad \sigma_{sp} - p \leq 0,3 \cdot f_{yk}; \quad p = 0,05 \cdot \sigma_{sp}$$

Todėl:

$$\sigma_{sp} \leq \frac{f_{yk}}{1,05} = \frac{1600}{1,05} = 1523,81 \text{ MPa} \quad (2.158)$$

$$\sigma_{sp} \geq \frac{0,3 \cdot f_{yk}}{0,95} = \frac{0,3 \cdot 1600}{0,95} = 505,263 \text{ MPa} \quad (2.159)$$

Priimame $\sigma_{sp} = 1100 \text{ MPa}$

Orientaciniai nusistovėję išankstiniai Y1860S lynų įtempimai

$$\begin{aligned} M'_f &= f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot h_{eff} \cdot (d - 0,5 \cdot h_{eff}) \\ &= 18 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 0,198 \cdot (1,072 - 0,5 \cdot 0,198) = 1733886 \text{ Nm} \\ &= 1733,886 \text{ kNm} > M_x = 281,07 \text{ kNm} \end{aligned} \quad (2.160)$$

$$A_0 = \frac{M_x}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{281,07 \cdot 1000}{0,12 \cdot 1,072^2 \cdot 18 \cdot 10^6} = 0,113 \text{ m}^2 \quad (2.161)$$

$$x = 0,12 \text{ m} < h_{eff} = 0,198 \text{ m}, \text{ vadinasi neutrali ašis nėra sienutėje} \quad (2.162)$$

$$A_{sp} = \xi \cdot b_{eff} \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{\gamma_s \cdot f_{pd}} = 0,12 \cdot 0,5 \cdot 1,072 \cdot \frac{18}{1,15 \cdot 1390} = 7,243 \cdot 10^{-4} \text{ m} \quad (2.163)$$

Taigi, $A_{sp} = 7,243 \text{ cm}^2$, parenkame 9Ø12,5, kurių $A_{sp} = 8,37 \text{ cm}^2$

Kita armatūra. Viršutinėje juostoje numatyta neįtempta išilginė armatūra 4Ø10 ($A_s = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2$) atstumu $a_s = 0,05 \text{ m}$.

Sijos įrašų apskaičiavimas

2.9 lentelė. Lenkimo momentų skaičiavimo rezultatai

Būvis	Sijos lenkimo momentų reikšmės pjūviuose (kNm) saugos ir tinkamumo rib. būviams			
	0-0	I-I	x-x	II-II
Saugos rib. būvis	0	37,76	281,07	288,19
Tinkamumo rib. būvis	0	28,43	211,65	217,04

2.10 lentelė. Skersinių jėgų skaičiavimo rezultatai

Būvis	Sijos skersinių jėgų reikšmės pjūviuose (kN) saugos ir tinkamumo rib. būviams			
	0-0	I-I	x-x	II-II
Saugos rib. būvis	97,71	91,08	15,4	0
Tinkamumo rib. būvis	73,57	68,58	11,6	0

Sijos skerspjūvio geometrinės charakteristikos

Sijos skerspjūvio geometrinės charakteristikos apskaičiuojamos naudojantis ekvivalentiško skerspjūvio schema

2.11 lentelė. Sijos pjūvių geometrinės charakteristikos

Skaičiuojamieji dydžiai	Matavimo vnt.	Skaičiuojamųjų dydžių reikšmės sijos pjūviuose			
		0-0	I-I	x-x	II-II
x	m	0,000	0,400	5,020	5,870
$0,23+x$	m	0,130	0,530	5,150	6,036
h_x	m	0,858	0,883	1,172	1,225
b_w	m	0,500	0,250	0,120	0,120
b_{eff}	m	0,500	0,500	0,500	0,500
h_{eff}	m	0,198	0,198	0,198	0,198
b_{f1}	m	0,000	0,500	0,500	0,500
h_{f1}	m	0,000	0,248	0,248	0,248
A_{red}	m ²	0,434	0,337	0,315	0,321
S_{red}	m ³	0,184	0,144	0,175	0,187
y_{red}	m	0,425	0,428	0,556	0,581
$h_x - y_{red}$	m	0,434	0,456	0,616	0,644
I_{red}	m ⁴	0,027	0,028	0,056	0,063
$W_{redbotom}$	m ³	0,064	0,065	0,101	0,108
W'_{redtop}	m ³	0,062	0,061	0,091	0,097
r'	m	0,144	0,180	0,288	0,303
r	m	0,147	0,191	0,320	0,336
γ		1,750	1,500	1,500	1,500

γ'		1,750	1,500	1,500	1,500
$W_{pl,1}$	m^3	0,111	0,097	0,151	0,162
W'_{pl}	m^3	0,109	0,091	0,136	0,146

Išankstiniai armatūros įtempimai ir jų nuostoliai

$$\sigma_{sp} = 1100 \text{ MPa}$$

Pirminiai nuostoliai

1. Dėl relaksacijos

$$\Delta\sigma_p = \left(0,22 \cdot \frac{\sigma_{sp}}{f_{pk}} - 0,1\right) \cdot \sigma_{sp} = \left(0,22 \cdot \frac{1100}{1600} - 0,1\right) \cdot 1100 = 56,375 \text{ MPa} \quad (2.164)$$

2. Dėl įrengimų inkarų deformacijos ($\Delta l = 2 \text{ mm}$)

$$\Delta\sigma_l = \frac{\Delta l}{l} \cdot E = \frac{2}{12000} \cdot 195000 = 32,5 \text{ MPa} \quad (2.165)$$

3. Dėl plieninio klojinio formos deformacijų į atsparas

$$\Delta\sigma_{los}^5 = 30 \text{ MPa}$$

Pjūvyje 0-0

$$M_{0-0}^{I\check{s}} = 0,5 \cdot q_{k,sija} \cdot l_{0-0} \cdot (l_{sk} - l_{0-0}) = 0,5 \cdot 5,83 \cdot 0,13 \cdot (11,8 - 0,13) = 4,422 \text{ kNm} \quad (2.166)$$

$$\Delta\sigma_{los}^6 = \chi \cdot \left(40 \cdot \left(\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}}\right)\right) = 1,0 \cdot (40 \cdot 0,195) = 7,802 \text{ MPa} \quad (2.167)$$

Antrieji nuostoliai

4. Dėl betono susitraukimo:

$$C^{30/37}, \text{ natūraliai kietėjusio betono [4]} \Delta\sigma_{los}^8 = 50 \text{ MPa}$$

5. Dėl betono valkšnumo:

$$\Delta\sigma_{los}^9 = 150 \cdot \chi \cdot \left(\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}}\right) = 150 \cdot 1,0 \cdot 0,183 = 27,514 \text{ MPa} \quad (2.168)$$

Suminiai armatūros įtempimų nuostoliai:

$$\Delta\sigma_{sum\ 0-0} = \Delta\sigma_p + \Delta\sigma_l + \Delta\sigma_{los}^5 + \Delta\sigma_{los}^6 + \Delta\sigma_{los}^8 + \Delta\sigma_{los}^9 = 56,375 + 32,5 + 30 + 7,802 + 50 + 27,514 = 204,191 \text{ MPa} \quad (2.169)$$

Pjūvyje I-I

$$M_{I-I}^{I\check{s}} = 0,5 \cdot q_{k,sija} \cdot l_{I-I} \cdot (l - l_{I-I}) = 0,5 \cdot 5,83 \cdot 0,53 \cdot (11,8 - 0,53) = 17,412 \text{ kNm} \quad (2.170)$$

$$\Delta\sigma_{los}^6 = \chi \cdot \left(40 \cdot \left(\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}}\right)\right) = 1,0 \cdot (40 \cdot 0,208) = 8,321 \text{ MPa} \quad (2.171)$$

Antrieji nuostoliai

1. Dėl betono susitraukimo

$C^{30}/37$, natūraliai kietėjusio betono [4] $\Delta\sigma_{los}^8 = 50 \text{ MPa}$

2. Dėl betono valkšnumo

$$\Delta\sigma_{los}^9 = 150 \cdot \chi \cdot \left(\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} \right) = 150 \cdot 1,0 \cdot 0,195 = 29,28 \text{ MPa} \quad (2.172)$$

Suminiai armatūros įtempimų nuostoliai:

$$\Delta\sigma_{sum \text{ I-I}} = \Delta\sigma_p + \Delta\sigma_l + \Delta\sigma_{los}^5 + \Delta\sigma_{los}^6 + \Delta\sigma_{los}^8 + \Delta\sigma_{los}^9 \quad (2.173)$$

$$= 56,375 + 32,5 + 30 + 8,321 + 50 + 29,28 = 206,477 \text{ MPa}$$

Pjūvyje X-X

$$M_{X-X}^{I\check{s}} = 0,5 \cdot q_{k,sija} \cdot l_{X-X} \cdot (l - l_{X-X}) = 0,5 \cdot 5,83 \cdot 5,15 \cdot (11,8 - 5,15) \quad (2.174)$$

$$= 99,831 \text{ kNm}$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = \frac{4,843}{0,7 \cdot 37} = 0,187 < \alpha = 0,315 \quad (2.175)$$

$$\Delta\sigma_{los}^6 = \chi \cdot \left(40 \cdot \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} \right) = 1,0 \cdot (40 \cdot 0,187) = 7,48 \text{ MPa} \quad (2.176)$$

Antrieji nuostoliai

1. Dėl betono susitraukimo

$C^{30}/37$, natūraliai kietėjusio betono [4] $\Delta\sigma_{los}^8 = 50 \text{ MPa}$

2. Dėl betono valkšnumo

$$\Delta\sigma_{los}^9 = 150 \cdot \chi \cdot \left(\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} \right) = 150 \cdot 1,0 \cdot 0,174 = 26,131 \text{ MPa} \quad (2.177)$$

Suminiai armatūros įtempimų nuostoliai:

$$\Delta\sigma_{sum \text{ X-X}} = \Delta\sigma_p + \Delta\sigma_l + \Delta\sigma_{los}^5 + \Delta\sigma_{los}^6 + \Delta\sigma_{los}^8 + \Delta\sigma_{los}^9 \quad (2.178)$$

$$= 56,375 + 32,5 + 30 + 7,48 + 50 + 26,131 = 202,486 \text{ MPa}$$

Pjūvyje II-II

$$M_{II-II}^{I\check{s}} = 0,5 \cdot q_{k,sija} \cdot l_{II-II} \cdot (l - l_{II-II}) = 0,5 \cdot 5,83 \cdot 6 \cdot (11,8 - 6) = 101,442 \text{ kNm} \quad (2.179)$$

$$\Delta\sigma_{los}^6 = \chi \cdot \left(40 \cdot \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} \right) = 1,0 \cdot (40 \cdot 0,185) = 7,412 \text{ MPa} \quad (2.180)$$

Antrieji nuostoliai

1. Dėl betono susitraukimo

$C^{30}/37$, natūraliai kietėjusio betono [4] $\Delta\sigma_{los}^8 = 50 \text{ MPa}$

2. Dėl betono valkšnumo

$$\Delta\sigma_{los}^9 = 150 \cdot \chi \cdot \left(\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} \right) = 150 \cdot 1,0 \cdot 0,173 = 25,907 \text{ MPa} \quad (2.181)$$

Suminiai armatūros įtempimų nuostoliai:

$$\Delta\sigma_{sum \text{ II-II}} = \Delta\sigma_p + \Delta\sigma_l + \Delta\sigma_{los}^5 + \Delta\sigma_{los}^6 + \Delta\sigma_{los}^8 + \Delta\sigma_{los}^9 \quad (2.182)$$

$$= 56,375 + 32,5 + 30 + 7,412 + 50 + 25,907 = 202,195 \text{ MPa}$$

Sijos skaičiavimas eksploatacijos stadijoje

Stiprumas įstrižuose pjūviuose

Stiprumas skersinei jėgai

$$d_o = 0,85 \text{ m}, \quad \text{tai } c = 1,58 \text{ m}, \quad d_c = 0,964$$

$$M_{c2} = \varphi_{c2} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot h_0^2 = 2,0 \cdot (1 + 0,378) \cdot 1,2 \cdot 0,12 \cdot 0,964^2 = 0,369 \text{ MNm} \quad (2.183)$$

$$\phi 6 A_{sw} = \frac{0,283}{100^2} = 2,83 \cdot 10^{-5} \text{ m} \quad (2.184)$$

$$n = 2 \quad (\text{strypų skaičius skerspjūvyje}), \quad S = 0,1 \text{ m}$$

$$q_{eff} = 0,01 < 0,562 \cdot v_{sw} - 2,5\sqrt{v_{sw} \cdot v_\beta} = 0,562 \cdot 0,165 - 2,5\sqrt{0,165 \cdot 1,49 \cdot 10^{-3}} = 0,05 \text{ Sąlyga tenkinama} \quad (2.185)$$

Tai

$$C_p = \sqrt{\frac{M_{c2}}{q_{eff} \cdot v_\beta + \sqrt{v_{sw} \cdot v_\beta}}} = \sqrt{\frac{0,369}{0,01 \cdot 1,49 \cdot 10^{-3} + \sqrt{0,165 \cdot 1,49 \cdot 10^{-3}}}} = 4,849 \text{ m} \quad (2.186)$$

Stiprumas lenkimo momentui

$$M = Q_{0-0} \cdot (l_{p1} + \Delta l_{p1} - e_1) = 0,091 \cdot (0,793 + 0,198 - 0,13) = 0,078 \text{ MNm} \quad (2.187)$$

Apgniuždymo jėga $P^{1-5} = 821,202 \text{ kN}$

Suminiai armatūros įtempimų nuostoliai:

$$\Delta\sigma_{sum \text{ c-c}} = \Delta\sigma_p + \Delta\sigma_l + \Delta\sigma_{los}^5 + \Delta\sigma_{los}^6 + \Delta\sigma_{los}^8 + \Delta\sigma_{los}^9 = 56,375 + 32,5 + 30 + 26,719 + 50 + 28,674 = 224,268 \text{ MPa} \quad (2.188)$$

Apgniuždymo jėga įvertinus suminius nuostolius:

$$P_2 = p_{sp} \cdot (\sigma_{sp} - \Delta\sigma_{sum \text{ c-c}}) \cdot A_{sp} = 0,9 \cdot (1100 - 224,268) \cdot 837 = 659688,916 \text{ N} = 659,689 \text{ kN} \quad (2.189)$$

Įtempimai betone ties sijos viršutiniu kraštu:

$$\sigma_c = \frac{P_2}{A_{red}} + \frac{M - P_2 \cdot e_{op}}{W'_{red}} = \frac{659688,916}{0,337} + \frac{0,078 \cdot 10^6 - 659688,916 \cdot 0,328}{0,061} = -310957,345 \text{ Pa} = -0,311 \text{ MPa} \quad (2.190)$$

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_c}{f_{cp,cube}} = 1,6 - \frac{-0,311}{0,7 \cdot 37} = 1,612 > 1,0, \text{ tai } \varphi = 1,0 \quad (2.191)$$

$$M_{crc} = (f_{ctd} \cdot W_{pl} + P_2 \cdot (e_{op} + \varphi \cdot r')) \cdot (1 - \lambda) = (1,2 \cdot 0,097 + 0,66 \cdot (0,328 + 1,0 \cdot 0,18)) \cdot (1 - 0) = 0,45 \text{ MNm} \quad (2.192)$$

$M = \text{MNm} < M_{crc} = 0,48 \text{ MNm}$ sąlyga tenkinama

Atsparumas normaliniams plyšiams

Pjūvis I-I

$$A_{red} = 0,337 \text{ m}^2$$

$$y_{red} = 0,428 \text{ m}$$

$$W_{pl} = 0,097 \text{ m}^3 \quad W'_{red} = 0,061 \text{ m}^3$$

$$r' = 0,18 \text{ m} \quad \lambda = 0$$

$$P_{I-I} = \gamma_{sp} \cdot (\sigma_{sp} - \Delta\sigma_{sumI-I}) \cdot A_{sp} = 1,0 \cdot (1100 - 206,477) \cdot 837 \quad (2.193)$$

$$= 747878,751 \text{ N} = 747,879 \text{ kN}$$

$$M_{crc} = (f_{ctd} \cdot W_{pl} + P_{I-I} \cdot (e_{op} \cdot \varphi \cdot r')) \cdot (1 - \lambda) \quad (2.194)$$

$$= (1,2 \cdot 0,097 + 0,748 \cdot (0,328 + 1,0 \cdot 0,18)) \cdot (1 - 0)$$

$$= 0,496 \text{ MNm}$$

$$M = 0,038 \text{ MNm} < M_{crc} = 0,496 \text{ MNm} \quad \text{sąlyga tenkinama}$$

Pjūvis X-X

$$A_{red} = 0,315 \text{ m}^2 \quad y_{red} = 0,556 \text{ m}$$

$$W_{pl} = 0,151 \text{ m}^3 \quad W'_{red} = 0,091 \text{ m}^3$$

$$r' = 0,288 \text{ m} \quad \lambda = 0$$

$$P_{X-X} = \gamma_{sp} \cdot (\sigma_{sp} - \Delta\sigma_{sumX-X}) \cdot A_{sp} = 1,0 \cdot (1100 - 202,486) \cdot 837 \quad (2.195)$$

$$= 751219,218 \text{ N} = 751,219 \text{ kN}$$

$$M_{crc} = (f_{ctd} \cdot W_{pl} + P_{X-X} \cdot (e_{op} + \varphi \cdot r')) \cdot (1 - \lambda) \quad (2.196)$$

$$= (1,2 \cdot 0,151 + 0,751 \cdot (0,456 + 1,0 \cdot 0,288)) \cdot (1 - 0)$$

$$= 0,74 \text{ MNm}$$

$$M = 0,281 \text{ MNm} < M_{crc} = 0,74 \text{ MNm} \quad \text{sąlyga tenkinama}$$

Pjūvis II-II

$$A_{red} = 0,321 \text{ m}^2 \quad y_{red} = 0,581 \text{ m}$$

$$W_{pl} = 0,162 \text{ m}^3 \quad W'_{red} = 0,097 \text{ m}^3$$

$$r' = 0,303 \text{ m} \quad \lambda = 0$$

$$P_{II-II} = \gamma_{sp} \cdot (\sigma_{sp} - \Delta\sigma_{sumII-II}) \cdot A_{sp} = 1,0 \cdot (1100 - 202,195) \cdot 837 \quad (2.197)$$

$$= 751462,785 \text{ N} = 751,463 \text{ kN}$$

$$M_{crc} = (f_{ctd} \cdot W_{pl} + P_{II-II} \cdot (e_{op} + \varphi \cdot r')) \cdot (1 - \lambda) \quad (2.198)$$

$$= (1,2 \cdot 0,162 + 0,751 \cdot (0,481 + 1,0 \cdot 0,303)) \cdot (1 - 0)$$

$$= 0,784 \text{ MNm}$$

$$M = 0,288 \text{ MNm} < M_{crc} = 0,784 \text{ MNm} \quad \text{sąlyga tenkinama}$$

Sijos įlinkio skaičiavimas

Kreivumų skaičiavimas

Pjūvis 0-0

- Nuo išankstinio apgniuždymo

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 = \frac{P_m \cdot e_{op}}{\varphi_{c1} \cdot E_{cm} \cdot I_{red}} = \frac{(1100 - (56,375 + 32,5 + 30 + 7,802)) \cdot 837 \cdot 0,329}{0,85 \cdot 32000 \cdot 10^6 \cdot 0,027} \quad (2.199)$$

$$= 3,65 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1}$$

$$e_{op} = \frac{h}{2} - a_{sp} = \frac{0,858}{2} - 0,1 = 0,329 \text{ m} \quad (2.200)$$

- Kreivis nuo betono traukumo ir valkšnumo

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{d} = \frac{2,666 \cdot 10^{-3}}{0,758} = 3,517 \cdot 10^{-3} m^{-1} \quad (2.201)$$

Suminis kreivis:

$$\begin{aligned} \left(\frac{1}{r}\right)_{0-0} &= \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 - \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4 = 0 + 0 - 3,65 \cdot 10^{-4} - 3,517 \cdot 10^{-3} \\ &= -3,882 \cdot 10^{-3} m^{-1} \end{aligned} \quad (2.202)$$

Pjūvis I-I

- Nuo trumpalaikės apkrovos trumpalaikio poveikio

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M^{tr.}}{\varphi_{c1} \cdot E_{cm} \cdot I_{red}} = \frac{12,49 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 32000 \cdot 10^6 \cdot 0,028} = 1,64 \cdot 10^{-5} m^{-1} \quad (2.203)$$

- Nuo ilgalaikės apkrovos ilgalaikio poveikio

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{M^{il.} \cdot \varphi_{c2}}{\varphi_{c1} \cdot E_{cm} \cdot I_{red}} = \frac{15,49 \cdot 10^3 \cdot 2}{0,85 \cdot 32000 \cdot 10^6 \cdot 0,028} = 4,218 \cdot 10^{-5} m^{-1} \quad (2.204)$$

- Nuo išankstinio apgniuždymo

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 = \frac{P_m \cdot e_{op}}{\varphi_{c1} \cdot E_{cm} \cdot I_{red}} = \frac{(1100 - (56,375 + 32,5 + 30 + 8,321)) \cdot 837 \cdot 0,3415}{0,85 \cdot 32000 \cdot 10^6 \cdot 0,028} = 3,65 \cdot 10^{-4} m^{-1} \quad (2.205)$$

$$e_{op} = \frac{h}{2} - a_{sp} = \frac{0,883}{2} - 0,1 = 0,3415 m \quad (2.206)$$

- Kreivis nuo betono traukumo ir valkšnumo

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{d} = \frac{2,738 \cdot 10^{-3}}{0,783} = 3,497 \cdot 10^{-3} m^{-1} \quad (2.207)$$

Suminis kreivis:

$$\begin{aligned} \left(\frac{1}{r}\right)_{I-I} &= \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 - \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4 \\ &= 1,64 \cdot 10^{-5} + 4,218 \cdot 10^{-5} - 3,65 \cdot 10^{-4} - 3,497 \cdot 10^{-3} \\ &= -3,804 \cdot 10^{-3} m^{-1} \end{aligned} \quad (2.208)$$

Pjūvis X-X

- Nuo trumpalaikės apkrovos trumpalaikio poveikio

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M^{tr.}}{\varphi_{c1} \cdot E_{cm} \cdot I_{red}} = \frac{93,01 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 32000 \cdot 10^6 \cdot 0,056} = 6,106 \cdot 10^{-5} m^{-1} \quad (2.209)$$

- Nuo ilgalaikės apkrovos ilgalaikio poveikio

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{M^{il.} \cdot \varphi_{c2}}{\varphi_{c1} \cdot E_{cm} \cdot I_{red}} = \frac{118,64 \cdot 10^3 \cdot 2}{0,85 \cdot 32000 \cdot 10^6 \cdot 0,055} = 1,558 \cdot 10^{-4} m^{-1} \quad (2.210)$$

- Nuo išankstinio apgniuždymo

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 = \frac{P_m \cdot e_{op}}{\varphi_{c1} \cdot E_{cm} \cdot I_{red}} = \frac{(1100 - (56,375 + 32,5 + 30 + 7,48)) \cdot 837 \cdot 0,486}{0,85 \cdot 32000 \cdot 10^6 \cdot 0,056} = 2,6 \cdot 10^{-4} m^{-1} \quad (2.211)$$

$$e_{op} = \frac{h}{2} - a_{sp} = \frac{1,172}{2} - 0,1 = 0,486 \text{ m} \quad (2.212)$$

- Kreivis nuo betono traukumo ir valkšumo

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{d} = \frac{2,71 \cdot 10^{-3}}{1,072} = 2,437 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1} \quad (2.213)$$

Suminis kreivis:

$$\begin{aligned} \left(\frac{1}{r}\right)_{X-X} &= \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 - \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4 \\ &= 6,106 \cdot 10^{-5} + 1,558 \cdot 10^{-4} - 2,6 \cdot 10^{-4} - 2,437 \cdot 10^{-3} \\ &= -2,48 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1} \end{aligned} \quad (2.214)$$

Pjūvis II-II

- Nuo trumpalaikės apkrovos trumpalaikio poveikio

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M^{tr.}}{\varphi_{c1} \cdot E_{cm} \cdot I_{red}} = \frac{95,38 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 32000 \cdot 10^6 \cdot 0,063} = 5,566 \cdot 10^{-5} \text{ m}^{-1} \quad (2.215)$$

- Nuo ilgalaikės apkrovos ilgalaikio poveikio

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{M^{il.} \cdot \varphi_{c2}}{\varphi_{c1} \cdot E_{cm} \cdot I_{red}} = \frac{121,66 \cdot 10^3 \cdot 2}{0,85 \cdot 32000 \cdot 10^6 \cdot 0,063} = 1,42 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1} \quad (2.216)$$

- Nuo išankstinio apgniuždymo

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 = \frac{P_m \cdot e_{op}}{\varphi_{c1} \cdot E_{cm} \cdot I_{red}} = \frac{(1100 - (56,375 + 32,5 + 30 + 7,412)) \cdot 837 \cdot 0,5125}{0,85 \cdot 32000 \cdot 10^6 \cdot 0,063} \quad (2.217)$$

$$= 2,437 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1}$$

$$e_{op} = \frac{h}{2} - a_{sp} = \frac{1,225}{2} - 0,1 = 0,5125 \text{ m} \quad (2.218)$$

- Kreivis nuo betono traukumo ir valkšumo

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{d} = \frac{2,604 \cdot 10^{-3}}{1,125} = 2,314 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1} \quad (2.219)$$

Suminis kreivis:

$$\begin{aligned} \left(\frac{1}{r}\right)_{II-II} &= \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 - \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4 \\ &= 5,566 \cdot 10^{-5} + 1,42 \cdot 10^{-4} - 2,437 \cdot 10^{-4} - 2,314 \cdot 10^{-3} \\ &= -2,36 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1} \end{aligned} \quad (2.220)$$

Sijos įlinkis

$$\begin{aligned}
f &= \frac{l^2}{12 \cdot n^2} \cdot \left(2 \cdot \left(\frac{1}{r} \right)_{0-0} + 6 \cdot \left(2 \cdot \left(\frac{1}{r} \right)_{I-I} + 2 \cdot \left(\frac{1}{r} \right)_{X-X} \right) + (3 \cdot n - 2) \cdot \left(\frac{1}{r} \right)_{II-II} \right) \\
&= \frac{12^2}{12 \cdot 6^2} \\
&\cdot \left(2 \cdot (-3,882 \cdot 10^{-3}) + 6 \cdot (2 \cdot (-3,804 \cdot 10^{-3}) + 2 \cdot (-2,48 \cdot 10^{-3})) \right) \\
&+ (3 \cdot 6 - 2) \cdot (-2,36 \cdot 10^{-3}) = -0,04 \text{ m} < f_{lim} = \frac{l}{250} = \frac{12}{250} \\
&= 0,048 \text{ m}
\end{aligned} \tag{2.221}$$

Kiti sijos konstravimo klausimai

Sijos galiniuose ruožuose, kurių ilgis ne didesnis kaip $0,6 \cdot l_p = 0,6 \cdot 1,12 = 0,672 \text{ m}$ ir ne mažesnis kaip $0,2 \text{ m}$ numatoma papildoma skersinė armatūra. Ji gaubia sijos išilginę įtemptąją $\emptyset 15,7 \text{ Y1960S}$ armatūra ir yra išdėstyta simetriškai $0,1 \text{ m}$ žingsniu [6]:

$$\begin{aligned}
A_{sw} &= \frac{0,02 \cdot f_{pk} \cdot A_{sp}}{f_{sw}} = \frac{0,02 \cdot 1960 \cdot 2250}{290} = 304,138 \text{ mm}^2 = 3,04 \text{ cm}^2 \\
7\emptyset 6 A_{sw} &= 3,08 \text{ cm}^2
\end{aligned} \tag{2.222}$$

SPL1 kiaurymėtos perdangos plokštės projektavimas

Perdangai tenkanti apkrova: (stogo detalė)= $0,227 \text{ kN/m}^2$

Naudojimo apkrova H stogo kategorija $0,4 \text{ kN/m}^2$

Perdangos plokštės svoris (siūlės užpildytos)= $3,32 \text{ kN/m}^2$

$$3,32 \cdot 1,2 = 3,984 \text{ kN/m} \tag{2.223}$$

Maksimalus lenkimo momentas veikiantis plokštę:

$$M_{Ed} = 75,26 \text{ kNm} \tag{2.224}$$

Maksimali skersinė jėga veikianti plokštę:

$$V_{Ed} = 52,28 \text{ N} \tag{2.225}$$

Skaičiuotinis betono stipris gniuždant:

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,9 \cdot 25}{1,5} = 15 \text{ MPa} \tag{2.226}$$

Išankstinio įtempimo plieno skaičiuotinis stiprumas:

$$f_{pd} = 1390 \text{ MPa}$$

Gniuždomąją zoną apibūdinantis dydis:

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{75,26 \cdot 10^3}{15 \cdot 10^6 \cdot 1,2 \cdot 0,16^2} = 0,163 < \mu_{Eds,lim} = 0,359 \tag{2.227}$$

$$\begin{aligned}
\xi &= \frac{1}{\lambda} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot \mu_{Eds}}{\eta}} \right) = \frac{1}{0,8} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,163}{1}} \right) = 0,224 < \xi_{lim} \\
&= 0,587
\end{aligned} \tag{2.228}$$

Reikiamas armatūros kiekis:

$$A_{sp} = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \lambda \cdot x}{f_{pd}} = \frac{1 \cdot 15 \cdot 1200 \cdot 0,8 \cdot 35,88}{1390 \cdot 1,15} = 323,26 \text{ mm}^2 \quad (2.229)$$

$$= 3,233 \text{ cm}^2$$

$$A_{sp} \cdot 1,05 = 3,233 \cdot 1,05 = 3,394 \text{ cm}^2 \quad (2.230)$$

Priimame 8 \emptyset 9,3 $A_{sp} = 416 \text{ mm}^2$, kai 1 strypo $A_{sp} = 52 \text{ mm}^2$

Plokštės skaičiavimas iki eksploataavimo stadijoje

Viršutinio krašto pleišėtumas

Didžiausi gniuždymo įtempiai apskaičiuojami nuo jėgos $P_{m,o}$, neįvertinant savojo perdangos svorio:

$$\sigma_{cp} = \frac{P_{m,o} \cdot (r' + r) + 2 \cdot f_{ct} \cdot W_{eff,top}}{W_{eff,bottom}} \quad (2.231)$$

$$= \frac{465920 \cdot (42,99 + 44,79) + 2 \cdot 2 \cdot 6524765}{6798256} = 9,471 \text{ MPa}$$

$$< \sigma_{cp,max} = 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 25 = 15 \text{ MPa}$$

$$r' = \frac{W_{eff,top}}{A_{eff}} = \frac{6524,765}{1517,858} = 4,299 \text{ cm} \quad (2.232)$$

$$r = \frac{W_{eff,bottom}}{A_{eff}} = \frac{6798,256}{1517,858} = 4,479 \text{ cm} \quad (2.233)$$

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{cp}}{0,7 \cdot f_{ck}} = 1,6 - \frac{9,471}{0,7 \cdot 25} = 1,059 < 1,0 \quad (2.234)$$

$$0,7 \leq \varphi \leq 1,0, \quad \text{tai priimame } \varphi = 1,0$$

Supleišėjimas gamybos metu nuo necentrinio betono apspaudimo apskaičiuojamas pagal sąlygą:

$$P_{m,o}(e_{op} - \varphi \cdot r') + M^{i\check{s}} < f_{ct} \cdot W_{pl,top} \quad (2.235)$$

$$465,92 \cdot (0,06 - 1 \cdot 0,04299) + 1,992 < 2 \cdot 10^3 \cdot 1,75 \cdot 6524,765 \cdot 10^{-6}$$

$$9,919 \text{ kNm} < 20,553 \text{ kNm} \quad \text{Sąlyga tenkinama}$$

Apatinio krašto pleišėtumas

$$\sigma_{cp} = \frac{P_{m,o}(r' + r) + 2 \cdot f_{ct} \cdot W_{eff,bottom}}{W_{eff,top}} \quad (2.236)$$

$$= \frac{465920 \cdot (42,99 + 44,79) + 2 \cdot 2 \cdot 6798256}{6524765} = 10,019 \text{ MPa}$$

$$< \sigma_{cp,max} = 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 25 = 15 \text{ MPa}$$

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{cp}}{f_{ck}} = 1,6 - \frac{10,019}{0,7 \cdot 25} = 1,028 < 1,0 \quad (2.237)$$

$$0,7 \leq \varphi \leq 1,0, \quad \text{tai } \varphi = 1,0 \text{ priimame}$$

$$P_{m,o} \cdot (e_{op} + \varphi \cdot r) + f_{ct} \cdot W_{pl,bottom} > M^{i\check{s}} \quad (2.238)$$

$$465,92 \cdot (0,06 + 1 \cdot 0,04479) + 2 \cdot 10^3 \cdot 1,75 \cdot 6798,256 \cdot 10^{-6}$$

$$> 57,15 \text{ kNm}$$

$$70,238 \text{ kNm} > 57,15 \text{ kNm} \quad \text{Sąlyga tenkinama}$$

Armatūros išankstinių įtempimų nuostoliai

Pirminiai nuostoliai

1. dėl relaksacijos

$$\Delta\sigma_p = \left(0,22 \frac{\sigma_{sp}}{f_{p,0,1k}} - 0,1\right) \sigma_{sp} = \left(0,22 \cdot \frac{0,7 \cdot 1600}{1600} - 0,1\right) \cdot 0,7 \cdot 1600 = 60,48 \text{ MPa} \quad (2.239)$$

2. dėl įrenginių inkarų deformacijos ($\Delta l = 2 \text{ mm}$)

$$\Delta\sigma_l = \frac{\Delta l}{l} \cdot E_s = \frac{2}{6000} \cdot 195000 = 65 \text{ MPa} \quad (2.240)$$

3. dėl plieninio klojinio formos deformacijų į atsparas

$$\Delta\sigma_{los}^5 = 30 \text{ MPa}$$

4. dėl greitai pasireiškiančio valkšnumo

$$\sigma_{cp} = \frac{p^{1-5}}{A_{eff}} + \frac{p^{1-5} \cdot e}{I_{eff}} \cdot e + \frac{M^{I\check{s}}}{I_{eff}} \cdot e = \frac{401240}{1517,858} + \frac{401240 \cdot 57,947^2}{665870360} + \frac{\frac{3,984 \cdot 6^2}{8} \cdot 10^6 \cdot 57,947}{665870360} = 6,227 \text{ MPa} \quad (2.241)$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = \frac{6,227}{0,7 \cdot 30} = 0,297 \leq \alpha = 0,303 \quad (2.242)$$

$$\Delta\sigma_{los}^6 = \chi \left(40 \cdot \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}}\right) = 1,0(40 \cdot 0,297) = 11,861 \text{ MPa} \quad (2.243)$$

Antrieji nuostoliai

1. dėl betono traukumo

Daugiau C 25/30, natūraliomis sąlygomis $\Delta\sigma_{los}^8 = 50 \text{ MPa}$

2. dėl betono valkšnumo

$$\sigma_{cp} = \frac{p^{1-8}}{A_{eff}} + \frac{p^{1-8} \cdot e}{I_{eff}} \cdot e + \frac{M^{I\check{s}} \cdot e}{I_{eff}} \quad (2.244)$$

$$= \frac{375506,134}{1517,858} + \frac{375506,134 \cdot 57,947^2}{665870360} + \frac{\frac{3,984 \cdot 6^2}{8} \cdot 10^6 \cdot 57,947}{665870360} = 5,928 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = \frac{5,928}{0,7 \cdot 30} = 0,282 < 0,75 \quad (2.245)$$

$$\Delta\sigma_{los}^9 = 150 \cdot \chi \cdot \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = 150 \cdot 1,0 \cdot 0,282 = 42,341 \text{ MPa} \quad (2.246)$$

Suminiai armatūros įtempimų nuostoliai:

$$\Delta\sigma_{sum} = \Delta\sigma_p + \Delta\sigma_l + \Delta\sigma_{los}^5 + \Delta\sigma_{los}^6 + \Delta\sigma_{los}^8 + \Delta\sigma_{los}^9 = 60,48 + 65 + 30 + 11,861 + 50 + 42,341 = 259,682 \text{ MPa} > 100 \text{ MPa} \quad (2.247)$$

Pleišėtumas transportuojant

Gniuždomos zonos aukštis:

$$x = \frac{N_{con} + f_{y,d} \cdot A_{s2} - \sigma_{sc} \cdot A_{p1}}{f_{cpd} \cdot b_{f1}} = \frac{341120 + \frac{400}{1,1} \cdot 0,79 \cdot 10^2 - 0}{0,7 \cdot 30 \cdot \frac{0,9}{1,5} \cdot 1196} \quad (2.248)$$

$$= 24,543 \text{ mm} < h_{f1} = 34 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{24,543}{160} = 0,153 < \xi_{lim} = 0,434 \quad (2.249)$$

$$N_{con} \cdot e_p < f_{cd} \cdot b_{f1} \cdot x \cdot (d_2 - 0,5 \cdot x) + \sigma_{sc} \cdot A_p (d_2 - a_1) \quad (2.250)$$

$$341,12 \cdot 0,127964 < 15 \cdot 1196 \cdot 24,543 \cdot (117 - 0,5 \cdot 24,543) + 0$$

$$43,651 \text{ kNm} < 46,332 \text{ kNm} \quad \text{Sąlyga tenkinama}$$

Plokštės stiprumo įstrižajame pjūvyje nustatymas

Skersinė ribinė jėga lenkiamiems elementams be skersinės armatūros gali būti apskaičiuojama:

$$V_{Rk,c} = \left[C_{Rk,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_{vid} \quad (2.251)$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sp}}{b_w \cdot d} = \frac{416}{529 \cdot 160} = 0,005 < 0,02 \quad (2.252)$$

$$V_{Rk,c} = \left[0,18 \cdot 2,118 \cdot (100 \cdot 0,005 \cdot 25)^{\frac{1}{3}} \right] 529 \cdot 160 \geq 0,539 \cdot 529 \cdot 160 \quad (2.253)$$

$$74461,82 \text{ N} > 45657,6 \text{ N} \quad \text{Sąlyga tenkinama}$$

Plokštės stiprumo normaliniame pjūvyje nustatymas

Gniuždomos zonos aukštis:

$$x = \frac{-f_{yd} \cdot A_s + f_{pd} \cdot A_{sp}}{f_{cd} \cdot b_{f1}} = \frac{-\frac{400}{1,1} \cdot 79 + 1390 \cdot 416}{15 \cdot 1196} = 30,63 \text{ mm} < h_{f1} \quad (2.254)$$

$$= 34 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{30,63}{160} = 0,19 < \xi_{lim} = 0,434 \quad (2.255)$$

$$M = \gamma \cdot f_{pd} \cdot A_{sp} \cdot (d - 0,5 \cdot x) > M^{\text{iš}} = 75,26 \text{ kNm} \quad (2.256)$$

$$1,15 \cdot 1390 \cdot 416 \cdot (160 - 0,5 \cdot 30,63) > 75,26 \text{ kNm}$$

$$96,212 \text{ kNm} > 75,26 \text{ kNm} \quad \text{Sąlyga tenkinama}$$

Plokštės kreivis

Nuo trumpalaikės apkrovos trumpalaikio poveikio:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M^{tr}}{\varphi_{c1} \cdot E_{eff} \cdot I_{eff}} = \frac{37,85 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 31000 \cdot 10^6 \cdot 66587,036 \cdot 100^{-4}} \quad (2.257)$$

$$= 2,157 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1}$$

Nuo ilgalaikės apkrovos ilgalaikio poveikio

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{\varphi_{c2} \cdot M^{ilg}}{\varphi_{c1} \cdot E_{eff} \cdot I_{eff}} = \frac{2 \cdot 19,31 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 31000 \cdot 10^6 \cdot 66587,036 \cdot 100^{-4}} \quad (2.258)$$

$$= 2,201 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1}$$

Nuo išankstinio gniuždymo

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 = \frac{P_m \cdot e_{op}}{\varphi_{c_1} \cdot E_{eff} \cdot I_{eff}} = \frac{465920 \cdot 60 \cdot 10^{-3}}{0,85 \cdot 31000 \cdot 10^6 \cdot 66587,036 \cdot 100^{-4}} = 1,593 \cdot 10^{-3} m^{-1} \quad (2.259)$$

Kreivis nuo betono traukumo ir valkšnumo

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{d} = \frac{4,92 \cdot 10^{-4}}{0,16} = 3,34 \cdot 10^{-3} m^{-1} \quad (2.260)$$

$$\varepsilon_1 = \frac{\sigma_{c_1}}{E_1} = \frac{104,202}{195000} = 5,344 \cdot 10^{-4} \quad (2.261)$$

$$\sigma_{c_1} = \sigma_{los}^6 + \sigma_{los}^8 + \sigma_{los}^9 = 11,861 + 50 + 42,341 = 104,202 MPa \quad (2.262)$$

Suminis kreivis:

$$\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 - \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4 = 2,157 \cdot 10^{-3} + 2,201 \cdot 10^{-3} - 1,593 \cdot 10^{-3} - 3,34 \cdot 10^{-3} = -5,747 \cdot 10^{-4} m^{-1} \quad (2.263)$$

Ilinkis:

$$d = \frac{5}{48} \cdot \left(\frac{1}{r}\right) \cdot l^2 \leq d_{lim} = \frac{l}{200} \quad (2.264)$$

$$\frac{5}{48} \cdot (-5,747 \cdot 10^{-4}) \cdot 6^2 \leq \frac{6}{211}$$

– 0,002 m ≤ 0,03 m Sąlyga tenkinama

SPL2 kiaurymėtos perdangos plokštės projektavimas

Perdangai tenkanti apkrova: (grindų detalė)=1,72 kN/m²

Naudojimo apkrova E grindų kategorija 7,5 kN/m²

Perdangos plokštės svoris (siūlės užpildytos)=5,34 kN/m²

$$5,34 \cdot 1,2 = 6,41 kN/m \quad (2.265)$$

Maksimalus lenkimo momentas veikiantis plokštę:

$$M_{Ed} = 358,73 kNm \quad (2.266)$$

Maksimali skersinė jėga veikianti plokštę:

$$V_{Ed} = 127,55 N \quad (2.267)$$

Skaičiuotinis betono stipris gniuždant:

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,9 \cdot 30}{1,5} = 18 MPa \quad (2.268)$$

Išankstinio įtempimo plieno skaičiuotinis stiprumas:

$$f_{pd} = 1390 MPa$$

Gniuždomąją zoną apibūdinantis dydis:

$$\xi = \frac{1}{\lambda} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot \mu_{Eds}}{\eta}} \right) = \frac{1}{0,8} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,133}{1}} \right) = 0,179 < \xi_{lim} = 0,56 \quad (2.269)$$

Reikiamas armatūros kiekis:

$$A_{sp} \cdot 1,05 = 6,832 \cdot 1,05 = 7,174 cm^2 \quad (2.270)$$

Priimame 8 Ø 12,5 $A_{sp} = 744 mm^2$, kai 1 strypo $A_{sp} = 93 mm^2$

Didžiausi gniuždymo įtempiai apskaičiuojami nuo jėgos $P_{m,o}$, neįvertinant savojo perdangos svorio:

$$\sigma_{cp} = \frac{P_{m,o} \cdot (r' + r) + 2 \cdot f_{ct} \cdot W_{eff,top}}{W_{eff,bottom}} \quad (2.271)$$

$$= \frac{833280 \cdot (93,79 + 98,16) + 2 \cdot 2 \cdot 22238146}{23274879}$$

$$= 10,694 \text{ MPa} < \sigma_{cp,max} = 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 30 = 18 \text{ MPa}$$

$$r' = \frac{W_{eff,top}}{A_{eff}} = \frac{22238,146}{2371,098} = 9,379 \text{ cm} \quad (2.272)$$

$$r = \frac{W_{eff,bottom}}{A_{eff}} = \frac{23274,879}{2371,098} = 9,816 \text{ cm} \quad (2.273)$$

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{cp}}{0,7 \cdot f_{ck}} = 1,6 - \frac{10,694}{0,7 \cdot 30} = 1,091 < 1,0 \quad (2.274)$$

$$0,7 \leq \varphi \leq 1,0, \quad \text{tai } \varphi = 1,0 \text{ priimame}$$

Supleišėjimas gamybos metu nuo necentrinio betono apspaudimo apskaičiuojamas pagal sąlygą:

$$P_{m,o}(e_{op} - \varphi \cdot r') + M^{i\check{s}} < f_{ct} \cdot W_{pl,top} \quad (2.275)$$

$$833,28 \cdot (0,16 - 1 \cdot 0,09379) + 7,209 < 2 \cdot 10^3 \cdot 1,75 \cdot 22238,146 \cdot 10^{-6}$$

$$62,382 \text{ kNm} < 77,834 \text{ kNm} \quad \text{Sąlyga tenkinama}$$

Apatinio krašto pleišėtumas

$$\sigma_{cp} = \frac{P_{m,o}(r' + r) + 2 \cdot f_{ct} \cdot W_{eff,bottom}}{W_{eff,top}} \quad (2.276)$$

$$= \frac{833280 \cdot (93,79 + 98,16) + 2 \cdot 2 \cdot 23274879}{22238146}$$

$$= 11,379 \text{ MPa} < \sigma_{cp,max} = 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 30 = 18 \text{ MPa}$$

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{cp}}{f_{ck}} = 1,6 - \frac{11,379}{0,7 \cdot 30} = 1,058 < 1,0 \quad (2.277)$$

$$0,7 \leq \varphi \leq 1,0, \quad \text{tai } \varphi = 1,0 \text{ priimame}$$

$$P_{m,o} \cdot (e_{op} + \varphi \cdot r) + f_{ct} \cdot W_{pl,bottom} > M^{i\check{s}} \quad (2.278)$$

$$833,28 \cdot (0,16 + 1 \cdot 0,09816) + 2 \cdot 10^3 \cdot 1,75 \cdot 23274,879 \cdot 10^{-6}$$

$$> 271 \text{ kNm}$$

$$296,582 \text{ kNm} > 271 \text{ kNm} \quad \text{Sąlyga tenkinama}$$

Armatūros išankstinių įtempimų nuostoliai

Pirminiai nuostoliai

1. dėl relaksacijos

$$\Delta\sigma_p = \left(0,22 \frac{\sigma_{sp}}{f_{p,0,1k}} - 0,1\right) \sigma_{sp} = \left(0,22 \cdot \frac{0,7 \cdot 1600}{1600} - 0,1\right) \cdot 0,7 \cdot 1600 \quad (2.279)$$

$$= 60,48 \text{ MPa}$$

2.dėl įrenginių inkarų deformacijos ($\Delta l = 2 \text{ mm}$)

$$\Delta\sigma_l = \frac{\Delta l}{l} \cdot E_s = \frac{2}{11500} \cdot 195000 = 33,913 \text{ MPa} \quad (2.280)$$

3.dėl plieninio klojinio formos deformacijų į atsparas

$$\Delta\sigma_{los}^5 = 30 \text{ MPa}$$

4.dėl greitai pasireiškiančio valkšnumo

$$\sigma_{cp} = \frac{p^{1-5}}{A_{eff}} + \frac{p^{1-5} \cdot e}{I_{eff}} \cdot e + \frac{M^{iš}}{I_{eff}} \cdot e \quad (2.281)$$

$$= \frac{740731,576}{2371,098} + \frac{740731,576 \cdot 155,444^2}{454894,102} + \frac{\frac{5,34 \cdot 6^2}{8} \cdot 10^6 \cdot 155,444}{454894,102}$$

$$= 10,678 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = \frac{10,678}{0,7 \cdot 30} = 0,412 > \alpha = 0,315 \quad (2.282)$$

$$\Delta\sigma_{los}^6 = \chi \left(40\alpha + 85\beta \cdot \left(\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} - \alpha \right) \right) = 1,0(40 \cdot 0,315 + 85 \cdot 1,1 \cdot (0,412 - 0,315))$$

$$= 21,711 \text{ MPa} \quad (2.283)$$

Antrieji nuostoliai

1. dėl betono traukumo

Daugiau C 25/30, natūraliomis sąlygomis [4] $\Delta\sigma_{los}^8 = 50 \text{ MPa}$

2. dėl betono valkšnumo

$$\sigma_{cp} = \frac{p^{1-8}}{A_{red}} + \frac{p^{1-8} \cdot e}{I_{red}} \cdot e + \frac{M^{iš} \cdot e}{I_{red}} \quad (2.284)$$

$$= \frac{687378,937}{1719,175} + \frac{687378,937 \cdot 155,444^2}{4548941020} + \frac{\frac{5,34 \cdot 11,5^2}{8} \cdot 10^6 \cdot 155,444}{4548941020}$$

$$= 10,17 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = \frac{10,17}{0,7 \cdot 37} = 0,393 < 0,75 \quad (2.285)$$

$$\Delta\sigma_{los}^9 = 150 \cdot \chi \cdot \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = 150 \cdot 1,0 \cdot 0,393 = 58,9 \text{ MPa} \quad (2.286)$$

Suminiai armatūros įtempių nuostoliai:

$$\Delta\sigma_{sum} = \Delta\sigma_p + \Delta\sigma_l + \Delta\sigma_{los}^5 + \Delta\sigma_{los}^6 + \Delta\sigma_{los}^8 + \Delta\sigma_{los}^9 \quad (2.287)$$

$$= 60,48 + 33,913 + 30 + 21,711 + 50 + 58,9 = 255,003 \text{ MPa}$$

$$> 100 \text{ MPa}$$

Pleišėtumas transportuojant

Gniuždomos zonos aukštis:

$$x = \frac{N_{con} + f_{y,d} \cdot A_{s2} - \sigma_{sc} \cdot A_{p1}}{f_{cpd} \cdot b_{f1}} = \frac{610080 + \frac{400}{1,1} \cdot 4,52 \cdot 10^2 - 0}{0,7 \cdot 37 \cdot \frac{0,9}{1,5} \cdot 1196} = 22,2 \text{ mm} \quad (2.288)$$

$$< h_{f1} = 48 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{41,668}{354} = 0,118 < \xi_{lim} = 0,409 \quad (2.289)$$

$$N_{con} \cdot e_p < f_{cd} \cdot b_{f_1} \cdot x \cdot (d_2 - 0,5 \cdot x) + \sigma_{sc} \cdot A_p (d_2 - a_1) \quad (2.290)$$

$$610,08 \cdot 0,333 < 18 \cdot 1196 \cdot 41,668 \cdot (311 - 0,5 \cdot 41,668) + 0$$

$$203,171 \text{ kNm} < 260,514 \text{ kNm} \quad \text{Sąlyga tenkinama}$$

Plokštės stiprumo įstrižajame pjūvyje nustatymas

Skersinė ribinė jėga lenkiamiems elementams be skersinės armatūros gali būti apskaičiuojama:

$$V_{Rk,c} = [C_{Rk,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \quad (2.291)$$

$$\geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sp}}{b_w \cdot d} = \frac{744}{394 \cdot 354} = 0,005 < 0,02 \quad (2.292)$$

$$V_{Rk,c} = [0,18 \cdot 1,752 \cdot (100 \cdot 0,005 \cdot 25)^{\frac{1}{3}}] 394 \cdot 354 \geq 0,445 \cdot 394 \cdot 354 \quad (2.293)$$

$$110784,21 \text{ N} > 61956,891 \text{ N} \quad \text{Sąlyga tenkinama}$$

Plokštės stiprumo normaliniame pjūvyje nustatymas

Gniuždomos zonos aukštis:

$$x = \frac{-f_{yd} \cdot A_s + f_{pd} \cdot A_{sp}}{f_{cd} \cdot b_{f_1}} = \frac{-\frac{400}{1,1} \cdot 452 + 1390 \cdot 744}{18 \cdot 1196} = 40,403 \text{ mm} < h_{f_1} \quad (2.294)$$

$$= 48 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{40,403}{354} = 0,114 < \xi_{lim} = 0,409 \quad (2.295)$$

$$M = \gamma \cdot f_{pd} \cdot A_{sp} \cdot (d - 0,5 \cdot x) > M^{i\check{s}} = 358,73 \text{ kNm} \quad (2.296)$$

$$1,15 \cdot 1390 \cdot 744 \cdot (354 - 0,5 \cdot 40,403) > 358,73 \text{ kNm}$$

$$396,684 \text{ kNm} > 358,73 \text{ kNm} \quad \text{Sąlyga tenkinama}$$

Plokštės kreivis

Nuo trumpalaikės apkrovos trumpalaikio poveikio:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M^{tr}}{\varphi_{c_1} \cdot E_{eff} \cdot I_{eff}} = \frac{142,38 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 32000 \cdot 10^6 \cdot 454894,102 \cdot 100^{-4}} \quad (2.297)$$

$$= 1,151 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1}$$

$$M^{tr} = \frac{q_{tr} \cdot l^2}{8} = \frac{9 \cdot 11,25^2}{8} = 142,38 \text{ kNm} \quad (2.298)$$

Nuo ilgalaikės apkrovos ilgalaikio poveikio

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{\varphi_{c_2} \cdot M^{ilg}}{\varphi_{c_1} \cdot E_{eff} \cdot I_{eff}} = \frac{2 \cdot 128,619 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 32000 \cdot 10^6 \cdot 454894,102 \cdot 100^{-4}} \quad (2.299)$$

$$= 2,079 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1}$$

$$M^{ilg} = \frac{q_{ilg} \cdot l^2}{8} = \frac{8,13 \cdot 11,25^2}{8} = 128,619 \text{ kNm} \quad (2.300)$$

Nuo išankstinio gniuždymo

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 = \frac{P_m \cdot e_{op}}{\varphi_{c_1} \cdot E_{eff} \cdot I_{eff}} = \frac{833280 \cdot 160 \cdot 10^{-3}}{0,85 \cdot 32000 \cdot 10^6 \cdot 454894,102 \cdot 100^{-4}} = 1,078 \cdot 10^{-3} m^{-1} \quad (2.301)$$

Kreivis nuo betono traukumo ir valkšnumo

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{d} = \frac{6,698 \cdot 10^{-4}}{0,354} = 1,893 \cdot 10^{-3} m^{-1} \quad (2.302)$$

$$\varepsilon_1 = \frac{\sigma_{c_1}}{E_1} = \frac{130,61}{195000} = 6,698 \cdot 10^{-4} \quad (2.303)$$

$$\sigma_{c_1} = \sigma_{los}^6 + \sigma_{los}^8 + \sigma_{los}^9 = 21,711 + 50 + 58,9 = 130,61 MPa \quad (2.304)$$

Suminis kreivis:

$$\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 - \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4 = 1,151 \cdot 10^{-3} + 2,079 \cdot 10^{-3} - 1,078 \cdot 10^{-3} - 1,893 \cdot 10^{-3} = 2,588 \cdot 10^{-4} m^{-1} \quad (2.305)$$

Ilinkis:

$$d = \frac{5}{48} \cdot \left(\frac{1}{r}\right) \cdot l^2 \leq d_{lim} = \frac{l}{200} \quad (2.306)$$

$$\frac{5}{48} \cdot (2,588 \cdot 10^{-4}) \cdot 11,5^2 \leq \frac{11,5}{211}$$

$$0,004 m \leq 0,058 m \text{ Sąlyga tenkinama}$$

SPL3 kiaurymėtos perdangos plokštės projektavimas

Perdangai tenkanti apkrova: (grindų detalė)=1,72 kN/m²

Naudojimo apkrova E grindų kategorija 7,5 kN/m²

Perdangos plokštės svoris (siūlės užpildytos)=5,34 kN/m²

$$5,34 \cdot 1,2 = 6,41 kN/m \quad (2.307)$$

Maksimalus lenkimo momentas veikiantis plokštę:

$$M_{Ed} = 124,19 kNm \quad (2.308)$$

Maksimali skersinė jėga veikianti plokštę:

$$V_{Ed} = 75,04 N \quad (2.309)$$

Skaičiuotinis betono stipris gniuždant:

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,9 \cdot 25}{1,5} = 15 MPa \quad (2.310)$$

Išankstinio įtempimo plieno skaičiuotinis stiprumas:

$$f_{pd} = 1250 MPa$$

Gniuždomąją zoną apibūdinantis dydis:

$$\xi = \frac{1}{\lambda} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot \mu_{Eds}}{\eta}} \right) = \frac{1}{0,8} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,055}{1}} \right) = 0,07 < \xi_{lim} = 0,587 \quad (2.311)$$

Reikiamas armatūros kiekis:

$$A_{sp} = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \lambda \cdot x}{f_{pd}} = \frac{1 \cdot 15 \cdot 1200 \cdot 0,8 \cdot 24,97}{1250 \cdot 1,15} = 250,153 \text{ mm}^2 \quad (2.312)$$

$$= 2,502 \text{ cm}^2$$

$$A_{sp} \cdot 1,05 = 2,502 \cdot 1,05 = 2,627 \text{ cm}^2 \quad (2.313)$$

Priimame 6 \emptyset 9,3 $A_{sp} = 312 \text{ mm}^2$, kai 1 strypo $A_{sp} = 52 \text{ mm}^2$

Plokštės skaičiavimas iki eksploataavimo stadijoje

Viršutinio krašto pleišėtumas

Didžiausi gniuždymo įtempiai apskaičiuojami nuo jėgos $P_{m,o}$, neįvertinant savojo perdangos svorio:

$$\sigma_{cp} = \frac{P_{m,o} \cdot (r' + r) + 2 \cdot f_{ct} \cdot W_{eff,top}}{W_{eff,bottom}} \quad (2.314)$$

$$= \frac{331968 \cdot (94,29 + 97,02) + 2 \cdot 1,8 \cdot 22115336}{22755117}$$

$$= 6,29 \text{ MPa} < \sigma_{cp,max} = 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 25 = 15 \text{ MPa}$$

$$r' = \frac{W_{eff,top}}{A_{eff}} = \frac{22115,336}{2345,386} = 9,429 \text{ cm} \quad (2.315)$$

$$r = \frac{W_{eff,bottom}}{A_{eff}} = \frac{22755,117}{2345,386} = 9,702 \text{ cm} \quad (2.316)$$

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{cp}}{0,7 \cdot f_{ck}} = 1,6 - \frac{6,29}{0,7 \cdot 25} = 1,241 < 1,0 \quad (2.317)$$

$$0,7 \leq \varphi \leq 1,0, \text{ tai } \varphi = 1,0 \text{ priimame}$$

Supleišėjimas gamybos metu nuo necentrinio betono apspaudimo apskaičiuojamas pagal sąlygą:

$$P_{m,o}(e_{op} - \varphi \cdot r') + M^{i\check{s}} < f_{ct} \cdot W_{pl,top} \quad (2.318)$$

$$331,968 \cdot (0,16 - 1 \cdot 0,09429) + 3,204$$

$$< 1,8 \cdot 10^3 \cdot 1,75 \cdot 22115,336 \cdot 10^{-6}$$

$$25,017 \text{ kNm} < 69,663 \text{ kNm} \quad \text{Sąlyga tenkinama}$$

Apatinio krašto pleišėtumas

$$\sigma_{cp} = \frac{P_{m,o}(r' + r) + 2 \cdot f_{ct} \cdot W_{eff,bottom}}{W_{eff,top}} \quad (2.319)$$

$$= \frac{331968 \cdot (94,29 + 97,02) + 2 \cdot 1,8 \cdot 22755117}{22115336}$$

$$= 6,576 \text{ MPa} < \sigma_{cp,max} = 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 25 = 15 \text{ MPa}$$

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{cp}}{f_{ck}} = 1,6 - \frac{6,576}{0,7 \cdot 25} = 1,224 < 1,0 \quad (2.320)$$

$$0,7 \leq \varphi \leq 1,0, \text{ tai } \varphi = 1,0 \text{ priimame}$$

$$P_{m,o} \cdot (e_{op} + \varphi \cdot r) + f_{ct} \cdot W_{pl,bottom} > M^{i\check{s}} \quad (2.321)$$

$$331,968 \cdot (0,16 + 1 \cdot 0,09702) + 1,8 \cdot 10^3 \cdot 1,75 \cdot 22755,117 \cdot 10^{-6}$$

$$> 93,82 \text{ kNm}$$

$$157,001 \text{ kNm} > 93,82 \text{ kNm} \quad \text{Sąlyga tenkinama}$$

Armatūros išankstinių įtempimų nuostoliai

Pirminiai nuostoliai

1. dėl relaksacijos

$$\Delta\sigma_p = \left(0,22 \frac{\sigma_{sp}}{f_{p,0,1k}} - 0,1\right) \sigma_{sp} = \left(0,22 \cdot \frac{0,7 \cdot 1520}{1520} - 0,1\right) \cdot 0,7 \cdot 1520 = 57,456 \text{ MPa} \quad (2.322)$$

2. dėl įrenginių inkarų deformacijos ($\Delta l = 2 \text{ mm}$)

$$\Delta\sigma_l = \frac{\Delta l}{l} \cdot E_s = \frac{2}{6620} \cdot 195000 = 56,769 \text{ MPa} \quad (2.323)$$

3. dėl plieninio klojinio formos deformacijų į atsparas

$$\Delta\sigma_{los}^5 = 30 \text{ MPa}$$

4. dėl greitai pasireiškiančio valkšnumo

(2.324)

$$\begin{aligned} \sigma_{cp} &= \frac{p^{1-5}}{A_{eff}} + \frac{p^{1-5} \cdot e}{I_{eff}} \cdot e + \frac{M^{iš}}{I_{eff}} \cdot e \\ &= \frac{286969,938}{234538,6} + \frac{286969,938 \cdot 157,148^2}{4486133010} + \frac{\frac{6,41 \cdot 6,62^2}{8} \cdot 10^6 \cdot 157,148}{4486133010} \\ &= 4,128 \text{ MPa} \\ \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} &= \frac{4,128}{0,7 \cdot 30} = 0,198 < \alpha = 0,303 \end{aligned} \quad (2.325)$$

$$\Delta\sigma_{los}^6 = \chi \left(40 \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}}\right) = 1,0(40 \cdot 0,198) = 7,862 \text{ MPa} \quad (2.326)$$

Antrieji nuostoliai

1. dėl betono traukumo

Daugiau C 25/30, natūraliomis sąlygomis $\Delta\sigma_{los}^8 = 50 \text{ MPa}$

2. dėl betono valkšnumo

$$\begin{aligned} \sigma_{cp} &= \frac{p^{1-8}}{A_{eff}} + \frac{p^{1-8} \cdot e}{I_{eff}} \cdot e + \frac{M^{iš} \cdot e}{I_{eff}} \\ &= \frac{268916,978}{234538,6} + \frac{268916,978 \cdot 157,148^2}{4486133010} + \frac{\frac{6,41 \cdot 6,62^2}{8} \cdot 10^6 \cdot 157,148}{4486133010} \\ &= 3,951 \text{ MPa} \\ \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} &= \frac{3,951}{0,7 \cdot 30} = 0,188 < 0,75 \end{aligned} \quad (2.327)$$

$$\Delta\sigma_{los}^9 = 150 \cdot \chi \cdot \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = 150 \cdot 1,0 \cdot 0,188 = 28,223 \text{ MPa} \quad (2.328)$$

Suminiai armatūros įtempių nuostoliai:

$$\begin{aligned} \Delta\sigma_{sum} &= \Delta\sigma_p + \Delta\sigma_l + \Delta\sigma_{los}^5 + \Delta\sigma_{los}^6 + \Delta\sigma_{los}^8 + \Delta\sigma_{los}^9 \\ &= 57,456 + 56,769 + 30 + 7,862 + 50 + 28,223 \\ &= 230,31 \text{ MPa} > 100 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (2.329)$$

Pleišėtumas transportuojant

Gniuždomos zonos aukštis:

$$x = \frac{N_{con} + f_{y,d} \cdot A_{s2} - \sigma_{sc} \cdot A_{p1}}{f_{cpd} \cdot b_{f1}} = \frac{238368 + \frac{400}{1,1} \cdot 0,79 \cdot 10^2 - 0}{0,7 \cdot 30 \cdot \frac{0,9}{1,5} \cdot 1196} = 17,7 \text{ mm} \quad (2.331)$$

$$< h_{f1} = 48 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{17,7}{355} = 0,05 < \xi_{lim} = 0,457 \quad (2.332)$$

$$N_{con} \cdot e_p < f_{cd} \cdot b_{f1} \cdot x \cdot (d_2 - 0,5 \cdot x) + \sigma_{sc} \cdot A_p (d_2 - a_1) \quad (2.333)$$

$$238,368 \cdot 0,34 < 15 \cdot 1196 \cdot 17,724 \cdot (313 - 0,5 \cdot 17,724) + 0$$

$$80,982 \text{ kNm} < 96,659 \text{ kNm} \quad \text{Sąlyga tenkinama}$$

Plokštės stiprumo įstrižajame pjūvyje nustatymas

Skersinė ribinė jėga lenkiamiems elementams be skersinės armatūros gali būti apskaičiuojama:

$$V_{Rk,c} = [C_{Rk,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \quad (2.334)$$

$$\geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sp}}{b_w \cdot d} = \frac{312}{394 \cdot 355} = 0,002 < 0,02 \quad (2.335)$$

$$V_{Rk,c} = [0,18 \cdot 1,75 \cdot (100 \cdot 0,002 \cdot 25)^{\frac{1}{3}}] 394 \cdot 355 \geq 0,405 \cdot 394 \cdot 355 \quad (2.336)$$

$$78192,351 \text{ N} > 56732,039 \text{ N} \quad \text{Sąlyga tenkinama}$$

Plokštės stiprumo normaliniame pjūvyje nustatymas

Gniuždomos zonos aukštis:

$$x = \frac{-f_{yd} \cdot A_s + f_{pd} \cdot A_{sp}}{f_{cd} \cdot b_{f1}} = \frac{-\frac{400}{1,1} \cdot 79 + 1250 \cdot 312}{15 \cdot 1196} = 20,138 \text{ mm} < h_{f1} \quad (2.337)$$

$$= 48 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{20,138}{355} = 0,057 < \xi_{lim} = 0,457 \quad (2.338)$$

$$M = \gamma \cdot f_{pd} \cdot A_{sp} \cdot (d - 0,5 \cdot x) > M^{\text{iš}} \quad (2.339)$$

$$1,15 \cdot 1250 \cdot 312 \cdot (355 - 0,5 \cdot 20,138) > 124,19 \text{ kNm}$$

$$154,859 \text{ kNm} > 124,19 \text{ kNm} \quad \text{Sąlyga tenkinama}$$

Plokštės kreivis

Nuo trumpalaikės apkrovos trumpalaikio poveikio:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M^{tr}}{\varphi_{c1} \cdot E_{eff} \cdot I_{eff}} = \frac{49,302 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 31000 \cdot 10^6 \cdot 448613,3 \cdot 100^{-4}} \quad (2.340)$$

$$= 4,171 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1}$$

$$M^{tr} = \frac{q_{tr} \cdot l^2}{8} = \frac{9 \cdot 6,62^2}{8} = 49,302 \text{ kNm} \quad (2.341)$$

Nuo ilgalaikės apkrovos ilgalaikio poveikio

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{\varphi_{c_2} \cdot M^{ilg}}{\varphi_{c_1} \cdot E_{eff} \cdot I_{eff}} = \frac{2 \cdot 44,537 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 31000 \cdot 10^6 \cdot 448613,3 \cdot 10^{-4}} \quad (2.342)$$

$$= 7,535 \cdot 10^{-4} m^{-1}$$

$$M^{ilg} = \frac{q_{ilg} \cdot l^2}{8} = \frac{8,13 \cdot 6,62^2}{8} = 44,537 kNm \quad (2.343)$$

Nuo išankstinio gniuždymo

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 = \frac{P_m \cdot e_{op}}{\varphi_{c_1} \cdot E_{eff} \cdot I_{eff}} = \frac{331,968 \cdot 160 \cdot 10^{-3}}{0,85 \cdot 31000 \cdot 10^6 \cdot 448613,3 \cdot 10^{-4}} \quad (2.344)$$

$$= 4,493 \cdot 10^{-4} m^{-1}$$

Kreivis nuo betono traukumo ir valkšnumo

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{d} = \frac{4,415 \cdot 10^{-4}}{0,355} = 1,242 \cdot 10^{-3} m^{-1} \quad (2.345)$$

$$\varepsilon_1 = \frac{\sigma_{c_1}}{E_1} = \frac{86,085}{195000} = 4,415 \cdot 10^{-4} \quad (2.346)$$

$$\sigma_{c_1} = \sigma_{los}^6 + \sigma_{los}^8 + \sigma_{los}^9 = 7,862 + 50 + 28,223 = 86,085 MPa \quad (2.347)$$

Suminis kreivis:

$$\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 - \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4 \quad (2.348)$$

$$= 4,171 \cdot 10^{-4} + 7,535 \cdot 10^{-4} - 4,493 \cdot 10^{-4} - 1,242 \cdot 10^{-3}$$

$$= -5,211 \cdot 10^{-4} m^{-1}$$

Įlinkis:

$$d = \frac{5}{48} \cdot \left(\frac{1}{r}\right) \cdot l^2 \leq d_{lim} = \frac{l}{200} \quad (2.349)$$

$$\frac{5}{48} \cdot (-5,211 \cdot 10^{-4}) \cdot 6,87^2 \leq \frac{6,87}{200}$$

$$-0,003 m \leq 0,034 m \text{ Sąlyga tenkinama}$$

SPL4 kiaurymėtos perdangos plokštės projektavimas

Perdangai tenkanti apkrova: (grindų detalė)=1,966 kN/m²

Naudojimo apkrova C1 grindų kategorija 3 kN/m²

Perdangos plokštės svoris (siūlės užpildytos)=4.03 kN/m²

$$4.03 \cdot 1,2 = 4,84 kN/m \quad (2.350)$$

Maksimalus lenkimo momentas veikiantis plokštę:

$$M_{Ed} = 56,4 kNm \quad (2.351)$$

Maksimali skersinė jėga veikianti plokštę:

$$V_{Ed} = 42,48 N \quad (2.352)$$

Skaičiuotinis betono stipris gniuždant:

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,9 \cdot 25}{1,5} = 15 MPa \quad (2.353)$$

Išankstinio įtempimo plieno skaičiuotinis stiprumas:

$$f_{pd} = 1250 MPa$$

Gniuždomąją zoną apibūdinantis dydis:

$$\xi = \frac{1}{\lambda} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot \mu_{Eds}}{\eta}} \right) = \frac{1}{0,8} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,07}{1}} \right) = 0,091 < \xi_{lim} \quad (2.354)$$

$$= 0,587$$

Reikiamas armatūros kiekis:

$$A_{sp} = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \lambda \cdot x}{f_{pd}} = \frac{1 \cdot 15 \cdot 1200 \cdot 0,8 \cdot 19,84}{1250 \cdot 1,15} = 198,744 \text{ mm}^2 \quad (2.355)$$

$$= 1,879 \text{ cm}^2$$

$$A_{sp} \cdot 1,05 = 1,875 \cdot 1,05 = 1,973 \text{ cm}^2 \quad (2.356)$$

Priimame 4 \emptyset 9,3 $A_{sp} = 208 \text{ mm}^2$, kai 1 strypo $A_{sp} = 52 \text{ mm}^2$

Plokštės skaičiavimas iki eksploataavimo stadijoje

Viršutinio krašto pleišėtumas

Didžiausi gniuždymo įtempiai apskaičiuojami nuo jėgos $P_{m,o}$, neįvertinant savojo perdangos svorio:

$$\sigma_{cp} = \frac{P_{m,o} \cdot (r' + r) + 2 \cdot f_{ct} \cdot W_{eff,top}}{W_{eff,bottom}} \quad (2.357)$$

$$= \frac{221312 \cdot (54,27 + 55,91) + 2 \cdot 1,8 \cdot 10001121}{10301887}$$

$$= 5,862 \text{ MPa} < \sigma_{cp,max} = 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 25 = 15 \text{ MPa}$$

$$r' = \frac{W_{eff,top}}{A_{eff}} = \frac{10001,121}{1842,714} = 5,427 \text{ cm} \quad (2.358)$$

$$r = \frac{W_{eff,bottom}}{A_{eff}} = \frac{10301,887}{1842,714} = 5,591 \text{ cm} \quad (2.359)$$

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{cp}}{0,7 \cdot f_{ck}} = 1,6 - \frac{5,862}{0,7 \cdot 25} = 1,265 < 1,0 \quad (2.360)$$

$$0,7 \leq \varphi \leq 1,0, \text{ tai priimame } \varphi = 1,0$$

Supleišėjimas gamybos metu nuo necentrinio betono apspaudimo apskaičiuojamas pagal sąlygą:

$$P_{m,o}(e_{op} - \varphi \cdot r') + M^{i\check{s}} < f_{ct} \cdot W_{pl,top} \quad (2.361)$$

$$221,312 \cdot (0,16 - 1 \cdot 0,05427) + 2,418 < 1,8 \cdot 10^3 \cdot 1,75 \cdot 10001,121 \cdot 10^{-6}$$

$$9,218 \text{ kNm} < 31,504 \text{ kNm} \quad \text{Sąlyga tenkinama}$$

Apatinio krašto pleišėtumas

$$\sigma_{cp} = \frac{P_{m,o}(r' + r) + 2 \cdot f_{ct} \cdot W_{eff,bottom}}{W_{eff,top}} \quad (2.362)$$

$$= \frac{221312 \cdot (54,27 + 55,91) + 2 \cdot 1,8 \cdot 10301887}{10001121}$$

$$= 6,146 \text{ MPa} < \sigma_{cp,max} = 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 25 = 15 \text{ MPa}$$

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{cp}}{f_{ck}} = 1,6 - \frac{6,146}{25} = 1,249 < 1,0 \quad (2.363)$$

$$\begin{aligned}
& 0,7 \leq \varphi \leq 1,0, \quad \text{tai } \varphi = 1,0 \text{ priimame} \\
& P_{m,o} \cdot (e_{op} + \varphi \cdot r) + f_{ct} \cdot W_{pl,bottom} > M^{iš} \quad (2.364) \\
& 221,312 \cdot (0,085 + 1 \cdot 0,05591) + 1,8 \cdot 10^3 \cdot 1,75 \cdot 10301,887 \cdot 10^{-6} \\
& > 40,05 \text{ kNm} \\
& 63,635 \text{ kNm} > 40,05 \text{ kNm} \quad \text{Sąlyga tenkinama}
\end{aligned}$$

Armatūros išankstinių įtempimų nuostoliai

Pirminiai nuostoliai

1. dėl relaksacijos

$$\Delta\sigma_p = \left(0,22 \frac{\sigma_{sp}}{f_{p,0,1k}} - 0,1 \right) \sigma_{sp} = \left(0,22 \cdot \frac{0,7 \cdot 1520}{1520} - 0,1 \right) \cdot 0,7 \cdot 1520 \quad (2.365)$$

$$= 57,456 \text{ MPa}$$

2. dėl įrenginių inkarų deformacijos ($\Delta l = 2 \text{ mm}$)

$$\Delta\sigma_l = \frac{\Delta l}{l} \cdot E_s = \frac{2}{5560} \cdot 195000 = 70,144 \text{ MPa} \quad (2.366)$$

3. dėl plieninio klojinio formos deformacijų į atsparas

$$\Delta\sigma_{los}^5 = 30 \text{ MPa}$$

4. dėl greitai pasireiškiančio valkšnumo

$$\sigma_{cp} = \frac{p^{1-5}}{A_{eff}} + \frac{p^{1-5} \cdot e}{I_{eff}} \cdot e + \frac{M^{iš}}{I_{eff}} \cdot e \quad (2.367)$$

$$= \frac{188531,224}{184271,4} + \frac{188531,224 \cdot 83,148^2}{1268659580} + \frac{\frac{4,84 \cdot 5,6^2}{8} \cdot 10^6 \cdot 83,148}{1268659580} = 3,275 \text{ MPa} \quad (2.368)$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = \frac{3,275}{0,7 \cdot 30} = 0,156 < \alpha = 0,303$$

$$\Delta\sigma_{los}^6 = \chi \left(40 \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} \right) = 1,0(40 \cdot 0,156) = 6,239 \text{ MPa} \quad (2.369)$$

Antrieji nuostoliai

1. dėl betono traukumo

$$\text{Daugiau C 25/30, natūraliomis sąlygomis } \Delta\sigma_{los}^8 = 50 \text{ MPa}$$

2. dėl betono valkšnumo

$$\sigma_{cp} = \frac{p^{1-8}}{A_{eff}} + \frac{p^{1-8} \cdot e}{I_{eff}} \cdot e + \frac{M^{iš} \cdot e}{I_{eff}} \quad (2.370)$$

$$= \frac{176833,582}{184271,4} + \frac{176833,582 \cdot 83,148^2}{1268659580} + \frac{\frac{4,84 \cdot 5,6^2}{8} \cdot 10^6 \cdot 83,148}{1268659580}$$

$$= 3,148 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = \frac{3,148}{0,7 \cdot 30} = 0,15 < 0,75 \quad (2.371)$$

$$\Delta\sigma_{los}^9 = 150 \cdot \chi \cdot \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = 150 \cdot 1,0 \cdot 0,15 = 22,486 \text{ MPa} \quad (2.372)$$

Suminiai armatūros įtempimų nuostoliai:

$$\begin{aligned}\Delta\sigma_{sum} &= \Delta\sigma_p + \Delta\sigma_l + \Delta\sigma_{los}^5 + \Delta\sigma_{los}^6 + \Delta\sigma_{los}^8 + \Delta\sigma_{los}^9 \\ &= 57,456 + 70,144 + 30 + 6,239 + 50 + 22,486 \\ &= 236,325 \text{ MPa} > 100 \text{ MPa}\end{aligned}\quad (2.373)$$

Pleišėtumas transportuojant

Gniuždomos zonos aukštis:

$$x = \frac{N_{con} + f_{y,d} \cdot A_{s_2} - \sigma_{sc} \cdot A_{p_1}}{f_{cpd} \cdot b_{f_1}} = \frac{158912 + \frac{400}{1,1} \cdot 0,79 \cdot 10^2 - 0}{0,7 \cdot 30 \cdot \frac{0,9}{1,5} \cdot 1196} \quad (2.374)$$

$$= 12,452 \text{ mm} < h_{f_1} = 40 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{12,452}{205} = 0,061 < \xi_{lim} = 0,457 \quad (2.375)$$

$$\begin{aligned}N_{con} \cdot e_p &< f_{cd} \cdot b_{f_1} \cdot x \cdot (d_2 - 0,5 \cdot x) + \sigma_{sc} \cdot A_p (d_2 - a_1) \\ 158,912 \cdot 0,194 &< 15 \cdot 1196 \cdot 12,452 \cdot (163 - 0,5 \cdot 12,452) + 0 \\ 30,76 \text{ kNm} &< 34,987 \text{ kNm} \quad \text{Sąlyga tenkinama}\end{aligned}\quad (2.376)$$

Plokštės stiprumo įstrižajame pjūvyje nustatymas

Skersinė ribinė jėga lenkiamiems elementams be skersinės armatūros gali būti apskaičiuojama:

$$V_{Rk,c} = \left[C_{Rk,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d \quad (2.377)$$

$$\geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sp}}{b_w \cdot d} = \frac{208}{527 \cdot 205} = 0,002 < 0,02 \quad (2.378)$$

$$\begin{aligned}V_{Rk,c} &= \left[0,18 \cdot 1,987 \cdot (100 \cdot 0,002 \cdot 25)^{\frac{1}{3}} \right] 527 \cdot 205 \geq 0,49 \cdot 527 \cdot 205 \\ 65310,616 \text{ N} &> 53039,972 \text{ N} \quad \text{Sąlyga tenkinama}\end{aligned}\quad (2.379)$$

Plokštės stiprumo normaliniame pjūvyje nustatymas

Gniuždomos zonos aukštis:

$$x = \frac{-f_{yd} \cdot A_s + f_{pd} \cdot A_{sp}}{f_{cd} \cdot b_{f_1}} = \frac{-\frac{400}{1,1} \cdot 79 + 1250 \cdot 208}{15 \cdot 1196} = 12,891 \text{ mm} < h_{f_1} \quad (2.380)$$

$$= 40 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{12,891}{205} = 0,063 < \xi_{lim} = 0,457 \quad (2.381)$$

$$\begin{aligned}M &= \gamma \cdot f_{pd} \cdot A_{sp} \cdot (d - 0,5 \cdot x) > M^{\text{Iš}} = 53,43 \text{ kNm} \\ 1,15 \cdot 1250 \cdot 208 \cdot (205 - 0,5 \cdot 12,891) &> 53,43 \text{ kNm} \\ 59,472 \text{ kNm} &> 53,43 \text{ kNm} \quad \text{Sąlyga tenkinama}\end{aligned}\quad (2.382)$$

Plokštės kreivis

Nuo trumpalaikės apkrovos trumpalaikio poveikio:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M^{tr}}{\varphi_{c_1} \cdot E_{eff} \cdot I_{eff}} = \frac{13,911 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 31000 \cdot 10^6 \cdot 126865,958 \cdot 100^{-4}} \quad (2.383)$$

$$= 4,161 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1}$$

$$M^{tr} = \frac{q_{tr} \cdot l^2}{8} = \frac{3,6 \cdot 5,56^2}{8} = 13,911 \text{ kNm} \quad (2.384)$$

Nuo ilgalaikės apkrovos ilgalaikio poveikio

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{\varphi_{c_2} \cdot M^{ilg}}{\varphi_{c_1} \cdot E_{eff} \cdot I_{eff}} = \frac{2 \cdot 30,025 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 31000 \cdot 10^6 \cdot 126865,958 \cdot 100^{-4}} \quad (2.385)$$

$$= 1,796 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1}$$

$$M^{ilg} = \frac{q_{ilg} \cdot l^2}{8} = \frac{7,77 \cdot 5,56^2}{8} = 30,025 \text{ kNm} \quad (2.386)$$

Nuo išankstinio gniuždymo

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 = \frac{P_m \cdot e_{op}}{\varphi_{c_1} \cdot E_{eff} \cdot I_{eff}} = \frac{221,312 \cdot 85 \cdot 10^{-3}}{0,85 \cdot 31000 \cdot 10^6 \cdot 126865,958 \cdot 100^{-4}} \quad (2.387)$$

$$= 5,627 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1}$$

Kreivis nuo betono traukumo ir valkšnumo

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{d} = \frac{4,037 \cdot 10^{-4}}{0,205} = 1,966 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1} \quad (2.388)$$

$$\varepsilon_1 = \frac{\sigma_{c_1}}{E_1} = \frac{78,725}{195000} = 4,037 \cdot 10^{-4} \quad (2.389)$$

$$\sigma_{c_1} = \sigma_{los}^6 + \sigma_{los}^8 + \sigma_{los}^9 = 6,239 + 50 + 22,486 = 78,725 \text{ MPa} \quad (2.390)$$

Suminis kreivis:

$$\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 - \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4 \quad (2.391)$$

$$= 4,161 \cdot 10^{-4} + 1,796 \cdot 10^{-3} - 5,627 \cdot 10^{-4} - 1,966 \cdot 10^{-3}$$

$$= -3,163 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1}$$

Įlinkis:

$$d = \frac{5}{48} \cdot \left(\frac{1}{r}\right) \cdot l^2 \leq d_{lim} = \frac{l}{200} \quad (2.392)$$

$$\frac{5}{48} \cdot (-3,163 \cdot 10^{-4}) \cdot 5,56^2 \leq \frac{5,56}{200}$$

$$-0,001 \text{ m} \leq 0,028 \text{ m} \text{ Sąlyga tenkinama}$$

SPL5 kiaurymėtos perdangos plokštės projektavimas

Perdangai tenkanti apkrova: (grindų detalė)=1,72 kN/m²

Naudojimo apkrova E grindų kategorija 7,5 kN/m²

Perdangos plokštės svoris (siūlės užpildytos)=5,34 kN/m²

$$5,34 \cdot 1,2 = 6,41 \text{ kN/m} \quad (2.394)$$

Maksimalus lenkimo momentas veikiantis plokštę:

$$M_{Ed} = 78,11 \text{ kNm} \quad (2.395)$$

Maksimali skersinė jėga veikianti plokštę:

$$V_{Ed} = 59,51 \text{ N} \quad (2.396)$$

Skaičiuotinis betono stipris gniuždant:

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,9 \cdot 25}{1,5} = 15 \text{ MPa} \quad (2.397)$$

Išankstinio įtempimo plieno skaičiuotinis stiprumas:

$$f_{pd} = 1250 \text{ MPa}$$

Gniuždomąją zoną apibūdinantis dydis:

$$\xi = \frac{1}{\lambda} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot \mu_{Eds}}{\eta}} \right) = \frac{1}{0,8} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,034}{1}} \right) = 0,044 < \xi_{lim} \quad (2.398)$$

$$= 0,587$$

Reikiamas armatūros kiekis:

$$A_{sp} = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \lambda \cdot x}{f_{pd}} = \frac{1 \cdot 15 \cdot 1200 \cdot 0,8 \cdot 15,54}{1250 \cdot 1,15} = 155,634 \text{ mm}^2 \quad (2.399)$$

$$= 1,556 \text{ cm}^2$$

$$A_{sp} \cdot 1,05 = 1,556 \cdot 1,05 = 1,634 \text{ cm}^2 \quad (2.400)$$

Priimame 4 \emptyset 9,3 $A_{sp} = 208 \text{ mm}^2$, kai 1 strypo $A_{sp} = 52 \text{ mm}^2$

Plokštės skaičiavimas iki eksploataavimo stadijoje

Viršutinio krašto pleišėtumas

Didžiausi gniuždymo įtempiai apskaičiuojami nuo jėgos $P_{m,o}$, neįvertinant savojo perdangos svorio:

$$\sigma_{cp} = \frac{P_{m,o} \cdot (r' + r) + 2 \cdot f_{ct} \cdot W_{eff,top}}{W_{eff,bottom}} \quad (2.401)$$

$$= \frac{221312 \cdot (94,42 + 96,73) + 2 \cdot 1,8 \cdot 22083322}{22622502}$$

$$= 5,384 \text{ MPa} < \sigma_{cp,max} = 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 25 = 15 \text{ MPa}$$

$$r' = \frac{W_{eff,top}}{A_{eff}} = \frac{22083,322}{2338,844} = 9,442 \text{ cm} \quad (2.402)$$

$$r = \frac{W_{eff,bottom}}{A_{eff}} = \frac{22622,502}{2338,844} = 9,673 \text{ cm} \quad (2.403)$$

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{cp}}{0,7 \cdot f_{ck}} = 1,6 - \frac{5,384}{0,7 \cdot 25} = 1,292 < 1,0 \quad (2.404)$$

$$0,7 \leq \varphi \leq 1,0, \text{ tai } \varphi = 1,0 \text{ priimame}$$

Supleišėjimas gamybos metu nuo necentrinio betono apspaudimo apskaičiuojamas pagal sąlygą:

$$P_{m,o}(e_{op} - \varphi \cdot r') + M^{I\check{s}} < f_{ct} \cdot W_{pl,top} \quad (2.405)$$

$$221,321 \cdot (0,16 - 1 \cdot 0,09442) + 3,204$$

$$< 1,8 \cdot 10^3 \cdot 1,75 \cdot 22083,322 \cdot 10^{-6}$$

$$17,718 \text{ kNm} < 69,562 \text{ kNm} \quad \text{Sąlyga tenkinama}$$

Apatinio krašto pleišėtumas

$$\sigma_{cp} = \frac{P_{m,o}(r' + r) + 2 \cdot f_{ct} \cdot W_{eff,bottom}}{W_{eff,top}} \quad (2.406)$$

$$= \frac{221312 \cdot (94,42 + 96,73) + 2 \cdot 1,8 \cdot 22622502}{22083322}$$

$$= 5,603 \text{ MPa} < \sigma_{cp,max} = 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 25 = 15 \text{ MPa}$$

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{cp}}{f_{ck}} = 1,6 - \frac{6,576}{0,7 \cdot 25} = 1,28 < 1,0 \quad (2.407)$$

$$0,7 \leq \varphi \leq 1,0, \quad \text{tai } \varphi = 1,0 \text{ priimame}$$

$$P_{m,o} \cdot (e_{op} + \varphi \cdot r) + f_{ct} \cdot W_{pl,bottom} > M^{i\ddot{s}} \quad (2.408)$$

$$221,321 \cdot (0,16 + 1 \cdot 0,09673) + 1,8 \cdot 10^3 \cdot 1,75 \cdot 22622,502 \cdot 10^{-6}$$

$$> 59 \text{ kNm}$$

$$128,077 \text{ kNm} > 59 \text{ kNm} \quad \text{Sąlyga tenkinama}$$

Armatūros išankstinių įtempimų nuostoliai

Pirminiai nuostoliai

1. dėl relaksacijos

$$\Delta\sigma_p = \left(0,22 \frac{\sigma_{sp}}{f_{p,0,1k}} - 0,1\right) \sigma_{sp} = \left(0,22 \cdot \frac{0,7 \cdot 1520}{1520} - 0,1\right) \cdot 0,7 \cdot 1520 \quad (2.409)$$

$$= 57,456 \text{ MPa}$$

2. dėl įrenginių inkarų deformacijos ($\Delta l = 2 \text{ mm}$)

$$\Delta\sigma_l = \frac{\Delta l}{l} \cdot E_s = \frac{2}{5500} \cdot 195000 = 70,909 \text{ MPa} \quad (2.410)$$

3. dėl plieninio klojinio formos deformacijų į atsparas

$$\Delta\sigma_{los}^5 = 30 \text{ MPa}$$

4. dėl greitai pasireiškiančio valkšnumo

$$\sigma_{cp} = \frac{p^{1-5}}{A_{eff}} + \frac{p^{1-5} \cdot e}{I_{eff}} \cdot e + \frac{M^{i\ddot{s}}}{I_{eff}} \cdot e = \frac{188372,061}{233884,4} + \frac{188372,061 \cdot 157,588^2}{4469932120} \quad (2.411)$$

$$+ \frac{6,41 \cdot 5,5^2}{8} \cdot 10^6 \cdot 157,588$$

$$+ \frac{4469932120}{} = 2,706 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = \frac{2,706}{0,7 \cdot 30} = 0,129 < \alpha = 0,303 \quad (2.412)$$

$$\Delta\sigma_{los}^6 = \chi \left(40 \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}}\right) = 1,0(40 \cdot 0,129) = 5,155 \text{ MPa} \quad (2.413)$$

Antrieji nuostoliai

1. dėl betono traukumo

$$\text{Daugiau C 25/30, natūraliomis sąlygomis } \Delta\sigma_{los}^8 = 50 \text{ MPa}$$

2. dėl betono valkšnumo

$$\sigma_{cp} = \frac{p^{1-8}}{A_{eff}} + \frac{p^{1-8} \cdot e}{I_{eff}} \cdot e + \frac{M^{i\ddot{s}} \cdot e}{I_{eff}} \quad (2.414)$$

$$= \frac{176899,891}{233884,4} + \frac{176899,891 \cdot 157,588^2}{4469932120} + \frac{6,41 \cdot 6,62^2}{8} \cdot 10^6 \cdot 157,588$$

$$= 2,593 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = \frac{2,593}{0,7 \cdot 30} = 0,123 < 0,75 \quad (2.415)$$

$$\Delta\sigma_{los}^9 = 150 \cdot \chi \cdot \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = 150 \cdot 1,0 \cdot 0,123 = 18,524 \text{ MPa} \quad (2.416)$$

Suminiai armatūros įtempių nuostoliai:

$$\begin{aligned}\Delta\sigma_{sum} &= \Delta\sigma_p + \Delta\sigma_l + \Delta\sigma_{los}^5 + \Delta\sigma_{los}^6 + \Delta\sigma_{los}^8 + \Delta\sigma_{los}^9 \\ &= 57,456 + 70,909 + 30 + 5,155 + 50 + 18,524 \\ &= 232,044 \text{ MPa} > 100 \text{ MPa}\end{aligned}\quad (2.417)$$

Pleišėtumas transportuojant

Gniuždomos zonos aukštis:

$$\begin{aligned}x &= \frac{N_{con} + f_{y,d} \cdot A_{s2} - \sigma_{sc} \cdot A_{p1}}{f_{cpd} \cdot b_{f1}} = \frac{158912 + \frac{400}{1,1} \cdot 0,79 \cdot 10^2 - 0}{0,7 \cdot 30 \cdot \frac{0,9}{1,5} \cdot 1196} \\ &= 12,452 \text{ mm} < h_{f1} = 48 \text{ mm}\end{aligned}\quad (2.418)$$

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{12,452}{355} = 0,035 < \xi_{lim} = 0,457 \quad (2.419)$$

$$w = 0,85 - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 15 = 0,73 \quad (2.420)$$

$$\begin{aligned}N_{con} \cdot e_p &< f_{cd} \cdot b_{f1} \cdot x \cdot (d_2 - 0,5 \cdot x) + \sigma_{sc} \cdot A_p (d_2 - a_1) \\ 158,912 \cdot 0,354 &< 15 \cdot 1196 \cdot 12,452 \cdot (313 - 0,5 \cdot 12,452) + 0 \\ 56,295 \text{ kNm} &< 68,494 \text{ kNm} \quad \text{Sąlyga tenkinama}\end{aligned}\quad (2.421)$$

Plokštės stiprumo įstrižajame pjūvyje nustatymas

Skersinė ribinė jėga lenkiamiems elementams be skersinės armatūros gali būti apskaičiuojama:

$$\begin{aligned}V_{Rk,c} &= \left[C_{Rk,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d \\ &\geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d\end{aligned}\quad (2.422)$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sp}}{b_w \cdot d} = \frac{208}{394 \cdot 355} = 0,001 < 0,02 \quad (2.423)$$

$$\begin{aligned}V_{Rk,c} &= \left[0,18 \cdot 1,75 \cdot (100 \cdot 0,002 \cdot 25)^{\frac{1}{3}} \right] 394 \cdot 355 \geq 0,405 \cdot 394 \cdot 355 \\ 68307,31 \text{ N} &> 56732,039 \text{ N} \quad \text{Sąlyga tenkinama}\end{aligned}\quad (2.424)$$

Plokštės stiprumo normaliniame pjūvyje nustatymas

Gniuždomos zonos aukštis:

$$\begin{aligned}x &= \frac{-f_{yd} \cdot A_s + f_{pd} \cdot A_{sp}}{f_{cd} \cdot b_{f1}} = \frac{-\frac{400}{1,1} \cdot 79 + 1250 \cdot 208}{15 \cdot 1196} = 12,891 \text{ mm} < h_{f1} \\ &= 48 \text{ mm}\end{aligned}\quad (2.425)$$

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{12,891}{355} = 0,036 < \xi_{lim} = 0,457 \quad (2.426)$$

$$\begin{aligned}M &= \gamma \cdot f_{pd} \cdot A_{sp} \cdot (d - 0,5 \cdot x) > M^{\text{š}} = 78,11 \text{ kNm} \\ 1,15 \cdot 1250 \cdot 208 \cdot (355 - 0,5 \cdot 12,891) &> 78,11 \text{ kNm} \\ 104,322 \text{ kNm} &> 78,11 \text{ kNm} \quad \text{Sąlyga tenkinama}\end{aligned}\quad (2.427)$$

Plokštės kreivis

Nuo trumpalaikės apkrovos trumpalaikio poveikio:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M^{tr}}{\varphi_{c_1} \cdot E_{eff} \cdot I_{eff}} = \frac{31,008 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 31000 \cdot 10^6 \cdot 446993,212 \cdot 100^{-4}} \quad (2.428)$$

$$= 2,633 \cdot 10^{-4} m^{-1}$$

$$M^{tr} = \frac{q_{tr} \cdot l^2}{8} = \frac{9 \cdot 5,25^2}{8} = 31,008 kNm \quad (2.429)$$

Nuo ilgalaikės apkrovos ilgalaikio poveikio

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{\varphi_{c_2} \cdot M^{ilg}}{\varphi_{c_1} \cdot E_{eff} \cdot I_{eff}} = \frac{2 \cdot 28,01 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 31000 \cdot 10^6 \cdot 446993,212 \cdot 100^{-4}} \quad (2.430)$$

$$= 4,756 \cdot 10^{-4} m^{-1}$$

$$M^{ilg} = \frac{q_{ilg} \cdot l^2}{8} = \frac{8,13 \cdot 5,25^2}{8} = 28,01 kNm \quad (2.431)$$

Nuo išankstinio gniuždymo

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 = \frac{P_m \cdot e_{op}}{\varphi_{c_1} \cdot E_{eff} \cdot I_{eff}} = \frac{221,312 \cdot 160 \cdot 10^{-3}}{0,85 \cdot 31000 \cdot 10^6 \cdot 446993,212 \cdot 100^{-4}} \quad (2.432)$$

$$= 3,006 \cdot 10^{-4} m^{-1}$$

Kreivis nuo betono traukumo ir valkšnumo

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{d} = \frac{3,778 \cdot 10^{-4}}{0,355} = 1,063 \cdot 10^{-3} m^{-1} \quad (2.433)$$

$$\varepsilon_1 = \frac{\sigma_{c_1}}{E_1} = \frac{73,679}{195000} = 3,778 \cdot 10^{-4} \quad (2.434)$$

$$\sigma_{c_1} = \sigma_{los}^6 + \sigma_{los}^8 + \sigma_{los}^9 = 5,155 + 50 + 18,524 = 73,679 MPa \quad (2.435)$$

Suminis kreivis:

$$\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 - \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4 \quad (2.436)$$

$$= 2,633 \cdot 10^{-4} + 4,756 \cdot 10^{-4} - 3,006 \cdot 10^{-4} - 1,063 \cdot 10^{-3}$$

$$= -6,25 \cdot 10^{-4} m^{-1}$$

Įlinkis:

$$d = \frac{5}{48} \cdot \left(\frac{1}{r}\right) \cdot l^2 \leq d_{lim} = \frac{l}{200} \quad (2.437)$$

$$\frac{5}{48} \cdot (-6,25 \cdot 10^{-4}) \cdot 5,5^2 \leq \frac{5,5}{200}$$

$$-0,002 m \leq 0,028 m \text{ Sąlyga tenkinama}$$

SPL6 kiaurymėtos perdangos plokštės projektavimas

Perdangai tenkanti apkrova: (grindų detalė)=1,72 kN/m²

Naudojimo apkrova E grindų kategorija 7,5 kN/m²

Perdangos plokštės svoris (siūlės užpildytos)=5,34 kN/m²

$$5,34 \cdot 1,2 = 6,41 kN/m \quad (2.438)$$

Maksimalus lenkimo momentas veikiantis plokštę:

$$M_{Ed} = 29,56 kNm \quad (2.439)$$

Maksimali skersinė jėga veikianti plokštę:

$$V_{Ed} = 36,61 N \quad (2.440)$$

Skaičiuotinis betono stipris gniuždant:

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,9 \cdot 25}{1,5} = 15 \text{ MPa} \quad (2.441)$$

Išankstinio įtempimo plieno skaičiuotinis stiprumas:

$$f_{pd} = 1250 \text{ MPa}$$

Gniuždomąją zoną apibūdinantis dydis:

$$\xi = \frac{1}{\lambda} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot \mu_{Eds}}{\eta}} \right) = \frac{1}{0,8} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,013}{1}} \right) = 0,016 < \xi_{lim} \quad (2.442)$$

$$= 0,587$$

Reikiamas armatūros kiekis:

$$A_{sp} = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \lambda \cdot x}{f_{pd}} = \frac{1 \cdot 15 \cdot 1200 \cdot 0,8 \cdot 5,81}{1250 \cdot 1,15} = 58,25 \text{ mm}^2 \quad (2.443)$$

$$= 0,583 \text{ cm}^2$$

$$A_{sp} \cdot 1,05 = 0,583 \cdot 1,05 = 0,612 \text{ cm}^2 \quad (2.444)$$

Priimame 4 \emptyset 9,3 $A_{sp} = 208 \text{ mm}^2$, kai 1 strypo $A_{sp} = 52 \text{ mm}^2$

Plokštės skaičiavimas iki eksploataavimo stadijoje

Viršutinio krašto pleišėtumas

Didžiausi gniuždymo įtempiai apskaičiuojami nuo jėgos $P_{m,o}$, neįvertinant savojo perdangos svorio:

$$\sigma_{cp} = \frac{P_{m,o} \cdot (r' + r) + 2 \cdot f_{ct} \cdot W_{eff,top}}{W_{eff,bottom}} \quad (2.445)$$

$$= \frac{221312 \cdot (94,42 + 96,73) + 2 \cdot 1,8 \cdot 22083322}{22622502}$$

$$= 5,384 \text{ MPa} < \sigma_{cp,max} = 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 25 = 15 \text{ MPa}$$

$$r' = \frac{W_{eff,top}}{A_{eff}} = \frac{22083,322}{2338,844} = 9,442 \text{ cm} \quad (2.446)$$

$$r = \frac{W_{eff,bottom}}{A_{eff}} = \frac{22622,502}{2338,844} = 9,673 \text{ cm} \quad (2.447)$$

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{cp}}{0,7 \cdot f_{ck}} = 1,6 - \frac{5,384}{0,7 \cdot 25} = 1,292 < 1,0 \quad (2.448)$$

$$0,7 \leq \varphi \leq 1,0, \text{ tai } \varphi = 1,0 \text{ priimame}$$

Supleišėjimas gamybos metu nuo necentrinio betono apspaudimo apskaičiuojamas pagal sąlygą:

$$P_{m,o}(e_{op} - \varphi \cdot r') + M^{I\dot{S}} < f_{ct} \cdot W_{pl,top} \quad (2.449)$$

$$221,321 \cdot (0,16 - 1 \cdot 0,09442) + 2,051$$

$$< 1,8 \cdot 10^3 \cdot 1,75 \cdot 22083,322 \cdot 10^{-6}$$

$$16,564 \text{ kNm} < 69,562 \text{ kNm} \quad \text{Sąlyga tenkinama}$$

Apatinio krašto pleišėtumas

$$\sigma_{cp} = \frac{P_{m,o}(r' + r) + 2 \cdot f_{ct} \cdot W_{eff,bottom}}{W_{eff,top}} \quad (2.450)$$

$$= \frac{221312 \cdot (94,42 + 96,73) + 2 \cdot 1,8 \cdot 22622502}{22083322}$$

$$= 5,603 \text{ MPa} < \sigma_{cp,max} = 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 25 = 15 \text{ MPa}$$

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{cp}}{f_{ck}} = 1,6 - \frac{6,576}{0,7 \cdot 25} = 1,28 < 1,0 \quad (2.451)$$

$$0,7 \leq \varphi \leq 1,0, \quad \text{tai } \varphi = 1,0 \text{ priimame}$$

$$P_{m,o} \cdot (e_{op} + \varphi \cdot r) + f_{ct} \cdot W_{pl,bottom} > M^{iš} \quad (2.452)$$

$$221,321 \cdot (0,16 + 1 \cdot 0,09673) + 1,8 \cdot 10^3 \cdot 1,75 \cdot 22622,502 \cdot 10^{-6}$$

$$> 22,33 \text{ kNm}$$

$$128,077 \text{ kNm} > 22,33 \text{ kNm} \quad \text{Sąlyga tenkinama}$$

Armatūros išankstinių įtempimų nuostoliai

Pirminiai nuostoliai

1. dėl relaksacijos

$$\Delta\sigma_p = \left(0,22 \frac{\sigma_{sp}}{f_{p,0,1k}} - 0,1\right) \sigma_{sp} = \left(0,22 \cdot \frac{0,7 \cdot 1520}{1520} - 0,1\right) \cdot 0,7 \cdot 1520 \quad (2.453)$$

$$= 57,456 \text{ MPa}$$

2. dėl įrenginių inkarų deformacijos ($\Delta l = 2 \text{ mm}$)

$$\Delta\sigma_l = \frac{\Delta l}{l} \cdot E_s = \frac{2}{3480} \cdot 195000 = 112,069 \text{ MPa} \quad (2.454)$$

3. dėl plieninio klojinio formos deformacijų į atsparas

$$\Delta\sigma_{los}^5 = 30 \text{ MPa}$$

4. dėl greitai pasireiškiančio valkšnumo

$$\sigma_{cp} = \frac{p^{1-5}}{A_{eff}} + \frac{p^{1-5} \cdot e}{I_{eff}} \cdot e + \frac{M^{iš}}{I_{eff}} \cdot e \quad (2.455)$$

$$= \frac{179810,807}{233884,4} + \frac{179810,807 \cdot 157,588^2}{4469932120} + \frac{\frac{6,41 \cdot 3,48^2}{8} \cdot 10^6 \cdot 157,588}{4469932120}$$

$$= 1,798 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = \frac{1,798}{0,7 \cdot 30} = 0,1 < \alpha = 0,303 \quad (2.456)$$

$$\Delta\sigma_{los}^6 = \chi \left(40 \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}}\right) = 1,0(40 \cdot 0,1) = 4,019 \text{ MPa} \quad (2.457)$$

Antrieji nuostoliai

1. dėl betono traukumo

$$\text{Daugiau C 25/30, natūraliomis sąlygomis } \Delta\sigma_{los}^8 = 50 \text{ MPa}$$

2. dėl betono valkšnumo

$$\sigma_{cp} = \frac{p^{1-8}}{A_{eff}} + \frac{p^{1-8} \cdot e}{I_{eff}} \cdot e + \frac{M^{i\check{s}} \cdot e}{I_{eff}} \quad (2.458)$$

$$= \frac{168574,932}{233884,4} + \frac{168574,932 \cdot 157,588^2}{4469932120} + \frac{\frac{6,41 \cdot 3,48^2}{8} \cdot 10^6 \cdot 157,588}{4469932120}$$

$$= 1,999 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = \frac{1,999}{0,7 \cdot 30} = 0,095 < 0,75 \quad (2.459)$$

$$\Delta\sigma_{los}^9 = 150 \cdot \chi \cdot \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = 150 \cdot 1,0 \cdot 0,095 = 14,281 \text{ MPa} \quad (2.460)$$

Suminiai armatūros įtempių nuostoliai:

$$\begin{aligned} \Delta\sigma_{sum} &= \Delta\sigma_p + \Delta\sigma_l + \Delta\sigma_{los}^5 + \Delta\sigma_{los}^6 + \Delta\sigma_{los}^8 + \Delta\sigma_{los}^9 \\ &= 57,456 + 112,069 + 30 + 4,019 + 50 + 14,281 \\ &= 267,824 \text{ MPa} > 100 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (2.461)$$

Pleišėtumas transportuojant

Gniuždomos zonos aukštis:

$$x = \frac{N_{con} + f_{y,d} \cdot A_{s2} - \sigma_{sc} \cdot A_{p1}}{f_{cpd} \cdot b_{f1}} = \frac{158912 + \frac{400}{1,1} \cdot 0,79 \cdot 10^2 - 0}{0,7 \cdot 30 \cdot \frac{0,9}{1,5} \cdot 1196} \quad (2.462)$$

$$= 12,452 \text{ mm} < h_{f1} = 48 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{12,452}{355} = 0,035 < \xi_{lim} = 0,457 \quad (2.463)$$

$$\begin{aligned} N_{con} \cdot e_p &< f_{cd} \cdot b_{f1} \cdot x \cdot (d_2 - 0,5 \cdot x) + \sigma_{sc} \cdot A_p (d_2 - a_1) \\ 158,912 \cdot 0,338 &< 15 \cdot 1196 \cdot 12,452 \cdot (313 - 0,5 \cdot 12,452) + 0 \\ 53,803 \text{ kNm} &< 68,494 \text{ kNm} \quad \text{Sąlyga tenkinama} \end{aligned} \quad (2.464)$$

Plokštės stiprumo įstrižajame pjūvyje nustatymas

Skersinė ribinė jėga lenkiamiems elementams be skersinės armatūros gali būti apskaičiuojama:

$$V_{Rk,c} = \left[C_{Rk,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d \quad (2.465)$$

$$\geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sp}}{b_w \cdot d} = \frac{208}{394 \cdot 355} = 0,001 < 0,02 \quad (2.466)$$

$$V_{Rk,c} = \left[0,18 \cdot 1,75 \cdot (100 \cdot 0,002 \cdot 25)^{\frac{1}{3}} \right] 394 \cdot 355 \geq 0,405 \cdot 394 \cdot 355 \quad (2.467)$$

$$68307,31 \text{ N} > 56732,039 \text{ N} \quad \text{Sąlyga tenkinama}$$

Plokštės stiprumo normaliniame pjūvyje nustatymas

Gniuždomos zonos aukštis:

$$x = \frac{-f_{yd} \cdot A_s + f_{pd} \cdot A_{sp}}{f_{cd} \cdot b_{f1}} = \frac{-\frac{400}{1,1} \cdot 79 + 1250 \cdot 208}{15 \cdot 1196} = 12,891 \text{ mm} < h_{f1} \quad (2.468)$$

$$= 48 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{12,891}{355} = 0,036 < \xi_{lim} = 0,457 \quad (2.469)$$

$$M = \gamma \cdot f_{pd} \cdot A_{sp} \cdot (d - 0,5 \cdot x) > M^{\dot{s}} = 29,56 \text{ kNm} \quad (2.470)$$

$$1,15 \cdot 1250 \cdot 208 \cdot (355 - 0,5 \cdot 12,891) > 29,56 \text{ kNm}$$

$$104,322 \text{ kNm} > 29,56 \text{ kNm} \text{ Sąlyga tenkinama}$$

Plokštės kreivis

Nuo trumpalaikės apkrovos trumpalaikio poveikio:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M^{tr}}{\varphi_{c_1} \cdot E_{eff} \cdot I_{eff}} = \frac{11,74 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 31000 \cdot 10^6 \cdot 446993,212 \cdot 100^{-4}} \quad (2.471)$$

$$= 9,9675 \cdot 10^{-5} \text{ m}^{-1}$$

$$M^{tr} = \frac{q_{tr} \cdot l^2}{8} = \frac{9 \cdot 3,23^2}{8} = 11,74 \text{ kNm} \quad (2.472)$$

Nuo ilgalaikės apkrovos ilgalaikio poveikio

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{\varphi_{c_2} \cdot M^{ilg}}{\varphi_{c_1} \cdot E_{eff} \cdot I_{eff}} = \frac{2 \cdot 10,602 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 31000 \cdot 10^6 \cdot 446993,212 \cdot 100^{-4}} \quad (2.473)$$

$$= 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1}$$

$$M^{ilg} = \frac{q_{ilg} \cdot l^2}{8} = \frac{8,13 \cdot 3,23^2}{8} = 10,602 \text{ kNm} \quad (2.474)$$

Nuo išankstinio gniuždymo

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 = \frac{P_m \cdot e_{op}}{\varphi_{c_1} \cdot E_{eff} \cdot I_{eff}} = \frac{221,312 \cdot 160 \cdot 10^{-3}}{0,85 \cdot 31000 \cdot 10^6 \cdot 446993,212 \cdot 100^{-4}} \quad (2.475)$$

$$= 3,006 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1}$$

Kreivis nuo betono traukumo ir valkšnumo

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{d} = \frac{3,778 \cdot 10^{-4}}{0,355} = 9,857 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1} \quad (2.476)$$

$$\varepsilon_1 = \frac{\sigma_{c_1}}{E_1} = \frac{68,299}{195000} = 9,857 \cdot 10^{-4} \quad (2.477)$$

$$\sigma_{c_1} = \sigma_{los}^6 + \sigma_{los}^8 + \sigma_{los}^9 = 4,019 + 50 + 14,281 = 68,299 \text{ MPa} \quad (2.478)$$

Suminis kreivis:

$$\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 - \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4 \quad (2.479)$$

$$= 9,9675 \cdot 10^{-5} + 1,8 \cdot 10^{-4} - 3,006 \cdot 10^{-4} - 9,857 \cdot 10^{-4}$$

$$= -1,007 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1}$$

Įlinkis:

$$d = \frac{5}{48} \cdot \left(\frac{1}{r}\right) \cdot l^2 \leq d_{lim} = \frac{l}{200} \quad (2.480)$$

$$\frac{5}{48} \cdot (-1,007 \cdot 10^{-3}) \cdot 3,48^2 \leq \frac{3,48}{200}$$

$$-0,001 \text{ m} \leq 0,017 \text{ m}, \text{ Sąlyga tenkinama}$$

SPL7 kiaurymėtos perdangos plokštės projektavimas

Perdangai tenkanti apkrova: (grindų detalė)=1,741 kN/m²

Naudojimo apkrova E grindų kategorija 3 kN/m²

Perdangos plokštės svoris (siūlės užpildytos)=4.03 kN/m²

$$4.03 \cdot 1,2 = 4,84 \text{ kN/m} \quad (2.481)$$

Maksimalus lenkimo momentas veikiantis plokštę:

$$M_{Ed} = 138.42 \text{ kNm} \quad (2.482)$$

Maksimali skersinė jėga veikianti plokštę:

$$V_{Ed} = 65.52 \text{ N} \quad (2.483)$$

Skaičiuotinis betono stipris gniuždant:

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,9 \cdot 30}{1,5} = 18 \text{ MPa} \quad (2.484)$$

Išankstinio įtempimo plieno skaičiuotinis stiprumas:

$$f_{pd} = 1250 \text{ MPa}$$

Gniuždomąją zoną apibūdinantis dydis:

$$\xi = \frac{1}{\lambda} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot \mu_{Eds}}{\eta}} \right) = \frac{1}{0,8} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,154}{1}} \right) = 0,211 < \xi_{lim} \quad (2.485)$$

$$= 0,56$$

Reikiamas armatūros kiekis:

$$A_{sp} = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \lambda \cdot x}{f_{pd}} = \frac{1 \cdot 18 \cdot 1200 \cdot 0,8 \cdot 42,93}{1250 \cdot 1,15} = 516,1 \text{ mm}^2 \quad (2.486)$$

$$= 5,16 \text{ cm}^2$$

$$A_{sp} \cdot 1,05 = 5,27 \cdot 1,05 = 5,419 \text{ cm}^2 \quad (2.487)$$

Priimame 12 Ø 9,3 $A_{sp} = 624 \text{ mm}^2$, kai 1 strypo $A_{sp} = 52 \text{ mm}^2$

Plokštės skaičiavimas iki eksploataavimo stadijoje

Viršutinio krašto pleišėtumas

Didžiausi gniuždymo įtempiai apskaičiuojami nuo jėgos $P_{m,o}$, neįvertinant savojo perdangos svorio:

$$\sigma_{cp} = \frac{P_{m,o} \cdot (r' + r) + 2 \cdot f_{ct} \cdot W_{eff,top}}{W_{eff,bottom}} \quad (2.488)$$

$$= \frac{663936 \cdot (53,8 + 56,41) + 2 \cdot 2 \cdot 10047292}{10535029} = 10,76 \text{ MPa}$$

$$< \sigma_{cp,max} = 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 30 = 18 \text{ MPa}$$

$$r' = \frac{W_{eff,top}}{A_{eff}} = \frac{10047,292}{1867,655} = 5,38 \text{ cm} \quad (2.489)$$

$$r = \frac{W_{eff,bottom}}{A_{eff}} = \frac{10535,029}{1867,655} = 5,641 \text{ cm} \quad (2.490)$$

Charakteristinis betono tempiamasis stipris: $f_{ct} = 2 \text{ MPa}$

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{cp}}{0,7 \cdot f_{ck}} = 1,6 - \frac{10,76}{0,7 \cdot 30} = 1,088 < 1,0 \quad (2.491)$$

$$0,7 \leq \varphi \leq 1,0, \quad \text{tai } \varphi = 1,0 \text{ priimame}$$

Supleišėjimas gamybos metu nuo necentrinio betono apspaudimo apskaičiuojamas pagal sąlygą:

$$P_{m,o}(e_{op} - \varphi \cdot r') + M^{iš} < f_{ct} \cdot W_{pl,top} \quad (2.492)$$

$$663,936 \cdot (0,16 - 1 \cdot 0,0538) + 2,418 < 2 \cdot 10^3 \cdot 1,75 \cdot 10047,292 \cdot 10^{-6}$$

$$23,135 \text{ kNm} < 35,166 \text{ kNm} \quad \text{Sąlyga tenkinama}$$

Apatinio krašto pleišetumas

$$\sigma_{cp} = \frac{P_{m,o}(r' + r) + 2 \cdot f_{ct} \cdot W_{eff,bottom}}{W_{eff,top}} \quad (2.493)$$

$$= \frac{663,936 \cdot (53,8 + 56,41) + 2 \cdot 2 \cdot 10535029}{10047292}$$

$$= 11,477 \text{ MPa} < \sigma_{cp,max} = 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 30 = 18 \text{ MPa}$$

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{cp}}{f_{ck}} = 1,6 - \frac{11,477}{0,7 \cdot 25} = 1,053 < 1,0 \quad (2.494)$$

$$0,7 \leq \varphi \leq 1,0, \quad \text{tai } \varphi = 1,0 \text{ priimame}$$

$$P_{m,o} \cdot (e_{op} + \varphi \cdot r) + f_{ct} \cdot W_{pl,bottom} > M^{iš} \quad (2.495)$$

$$663,936 \cdot (0,085 + 1 \cdot 0,05641) + 2 \cdot 10^3 \cdot 1,75 \cdot 10535,029 \cdot 10^{-6}$$

$$> 103,72 \text{ kNm}$$

$$130,758 \text{ kNm} > 103,72 \text{ kNm} \quad \text{Sąlyga tenkinama}$$

Armatūros išankstinių įtempimų nuostoliai

Pirminiai nuostoliai

1.dėl relaksacijos

$$\Delta\sigma_p = \left(0,22 \frac{\sigma_{sp}}{f_{p,0,1k}} - 0,1\right) \sigma_{sp} = \left(0,22 \cdot \frac{0,7 \cdot 1520}{1520} - 0,1\right) \cdot 0,7 \cdot 1520 \quad (2.496)$$

$$= 57,456 \text{ MPa}$$

2.dėl įrenginių inkarų deformacijos ($\Delta l = 2 \text{ mm}$)

$$\Delta\sigma_l = \frac{\Delta l}{l} \cdot E_s = \frac{2}{8700} \cdot 195000 = 44,828 \text{ MPa} \quad (2.497)$$

3.dėl plieninio klojinio formos deformacijų į atsparas

$$\Delta\sigma_{los}^5 = 30 \text{ MPa}$$

4.dėl greitai pasireiškiančio valkšnumo

$$\sigma_{cp} = \frac{p^{1-5}}{A_{eff}} + \frac{p^{1-5} \cdot e}{I_{eff}} \cdot e + \frac{M^{iš}}{I_{eff}} \cdot e = \frac{581391,042}{186765,5} + \frac{581391,042 \cdot 82,038^2}{1285672700} + \frac{\frac{4,84 \cdot 8,7^2}{8} \cdot 10^6 \cdot 82,038}{1285672700} \quad (2.498)$$

$$= 9,076 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = \frac{9,076}{0,7 \cdot 35} = 0,35 > \alpha = 0,315 \quad (2.499)$$

$$\Delta\sigma_{los}^6 = \chi \left(40\alpha + 85\beta \cdot \left(\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} - \alpha\right)\right) = 1,0(40 \cdot 0,315 + 85 \cdot 1,1 \cdot (0,35 - 0,315)) = 15,925 \text{ MPa} \quad (2.500)$$

$\chi = 1,0$ natūraliai kietėjusio betono

Antrieji nuostoliai

1. dėl betono traukumo

Daugiau C 25/30, natūraliomis sąlygomis [4] $\Delta\sigma_{los}^8 = 50 \text{ MPa}$

2. dėl betono valkšnumo

$$\sigma_{cp} = \frac{p^{1-8}}{A_{eff}} + \frac{p^{1-8} \cdot e}{I_{eff}} \cdot e + \frac{M^{I\dot{s}} \cdot e}{I_{eff}} \quad (2.501)$$

$$= \frac{540253,542}{186765,5} + \frac{540253,542 \cdot 82,038^2}{1285672700} + \frac{\frac{4,84 \cdot 8,7^2}{8} \cdot 10^6 \cdot 82,038}{1285672700}$$

$$= 8,64 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = \frac{8,64}{0,7 \cdot 35} = 0,334 < 0,75 \quad (2.502)$$

$$\Delta\sigma_{los}^9 = 150 \cdot \chi \cdot \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = 150 \cdot 1,0 \cdot 0,334 = 50,041 \text{ MPa} \quad (2.503)$$

Suminiai armatūros įtempių nuostoliai:

$$\begin{aligned} \Delta\sigma_{sum} &= \Delta\sigma_p + \Delta\sigma_l + \Delta\sigma_{los}^5 + \Delta\sigma_{los}^6 + \Delta\sigma_{los}^8 + \Delta\sigma_{los}^9 \\ &= 57,456 + 44,828 + 30 + 15,925 + 50 + 50,041 \\ &= 248,25 \text{ MPa} > 100 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (2.504)$$

Pleišėtumas transportuojant

Gniuždomos zonos aukštis:

$$x = \frac{N_{con} + f_{y,d} \cdot A_{s2} - \sigma_{sc} \cdot A_{p1}}{f_{cpd} \cdot b_{f1}} = \frac{476736 + \frac{400}{1,1} \cdot 0,79 \cdot 10^2 - 0}{0,7 \cdot 35 \cdot \frac{0,9}{1,5} \cdot 1196} \quad (2.505)$$

$$= 27,196 \text{ mm} < h_{f1} = 40 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{27,196}{206} = 0,133 < \xi_{lim} = 0,432 \quad (2.506)$$

$$\begin{aligned} N_{con} \cdot e_p &< f_{cd} \cdot b_{f1} \cdot x \cdot (d_2 - 0,5 \cdot x) + \sigma_{sc} \cdot A_p (d_2 - a_1) \\ 476,736 \cdot 0,168455 &< 18 \cdot 1196 \cdot 27,196 \cdot (161 - 0,5 \cdot 27,196) + 0 \\ 80,309 \text{ kNm} &< 86,447 \text{ kNm} \quad \text{Sąlyga tenkinama} \end{aligned} \quad (2.507)$$

Plokštės stiprumo įstrižajame pjūvyje nustatymas

Skersinė ribinė jėga lenkiamiems elementams be skersinės armatūros gali būti apskaičiuojama:

$$V_{Rk,c} = \left[C_{Rk,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d \quad (2.508)$$

$$\geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sp}}{b_w \cdot d} = \frac{624}{527 \cdot 204} = 0,006 < 0,02 \quad (2.509)$$

$$\begin{aligned} V_{Rk,c} &= \left[0,18 \cdot 1,991 \cdot (100 \cdot 0,006 \cdot 30)^{\frac{1}{3}} \right] 624 \cdot 204 \geq 0,538 \cdot 527 \cdot 204 \\ 99769,482 \text{ N} &> 57818,067 \text{ N} \quad \text{Sąlyga tenkinama} \end{aligned} \quad (2.510)$$

Plokštės stiprumo normaliniame pjūvyje nustatymas

Gniuždomos zonos aukštis:

$$x = \frac{-f_{yd} \cdot A_s + f_{pd} \cdot A_{sp}}{f_{cd} \cdot b_{f_1}} = \frac{-\frac{400}{1,1} \cdot 79 + 1250 \cdot 624}{18 \cdot 1196} = 34,897 \text{ mm} < h_{f_1} \quad (2.511)$$

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{34,897}{204} = 0,171 < \xi_{lim} = 0,432 \quad (2.512)$$

$$M = \gamma \cdot f_{pd} \cdot A_{sp} \cdot (d - 0,5 \cdot x) > M^{i\check{s}} = 138,42 \text{ kNm} \quad (2.513)$$

$$1,15 \cdot 1250 \cdot 624 \cdot (204 - 0,5 \cdot 34,897) > 138,42 \text{ kNm}$$

$$167,112 \text{ kNm} > 138,42 \text{ kNm} \text{ Sąlyga tenkinama}$$

Plokštės kreivis

Nuo trumpalaikės apkrovos trumpalaikio poveikio:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M^{tr}}{\varphi_{c_1} \cdot E_{eff} \cdot I_{eff}} = \frac{44,98 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 32000 \cdot 10^6 \cdot 128567,27 \cdot 100^{-4}} \quad (2.514)$$

$$= 1,286 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1}$$

$$M^{tr} = \frac{q_{tr} \cdot l^2}{8} = \frac{(3 + 1,2) \cdot 1,2 \cdot 8,45^2}{8} = 44,98 \text{ kNm} \quad (2.515)$$

Nuo ilgalaikės apkrovos ilgalaikio poveikio

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{\varphi_{c_2} \cdot M^{ilg}}{\varphi_{c_1} \cdot E_{eff} \cdot I_{eff}} = \frac{2 \cdot 61,81 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 32000 \cdot 10^6 \cdot 128567,27 \cdot 100^{-4}} \quad (2.516)$$

$$= 3,535 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1}$$

$$M^{ilg} = \frac{q_{ilg} \cdot l^2}{8} = \frac{(4,03 + 1,741) \cdot 1,2 \cdot 8,45^2}{8} = 61,81 \text{ kNm} \quad (2.517)$$

Nuo išankstinio gniuždymo

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 = \frac{P_m \cdot e_{op}}{\varphi_{c_1} \cdot E_{eff} \cdot I_{eff}} = \frac{663,936 \cdot 85 \cdot 10^{-3}}{0,85 \cdot 31000 \cdot 10^6 \cdot 128567,27 \cdot 100^{-4}} \quad (2.518)$$

$$= 1,614 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1}$$

Kreivis nuo betono traukumo ir valkšnumo

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{d} = \frac{5,947 \cdot 10^{-4}}{0,204} = 2,919 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1} \quad (2.519)$$

$$\varepsilon_1 = \frac{\sigma_{c_1}}{E_1} = \frac{115,966}{195000} = 5,947 \cdot 10^{-4} \quad (2.520)$$

$$\sigma_{c_1} = \sigma_{los}^6 + \sigma_{los}^8 + \sigma_{los}^9 = 15,925 + 50 + 50,041 = 115,966 \text{ MPa} \quad (2.521)$$

Suminis kreivis:

$$\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 - \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4 \quad (2.522)$$

$$= 1,286 \cdot 10^{-3} + 3,535 \cdot 10^{-3} - 1,614 \cdot 10^{-3} - 2,919 \cdot 10^{-3}$$

$$= 2,887 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1}$$

Įlinkis:

$$d = \frac{5}{48} \cdot \left(\frac{1}{r}\right) \cdot l^2 \leq d_{lim} = \frac{l}{200} \quad (2.523)$$

$$\frac{5}{48} \cdot (2,887 \cdot 10^{-4}) \cdot 8,7^2 \leq \frac{8,7}{200}$$

$$0,002 \text{ m} \leq 0,044 \text{ m} \text{ Sąlyga tenkinama}$$

SPL8 kiaurymėtos perdangos plokštės projektavimas

Perdangai tenkanti apkrova: (grindų detalė)=1,741 kN/m²

Naudojimo apkrova C1 grindų kategorija 3 kN/m²

Perdangos plokštės svoris (siūlės užpildytos)=4.03 kN/m²

$$4.03 \cdot 1,2 = 4,84 \text{ kN/m} \quad (2.524)$$

Maksimalus lenkimo momentas veikiantis plokštę:

$$M_{Ed} = 55,49 \text{ kNm} \quad (2.525)$$

Maksimali skersinė jėga veikianti plokštę:

$$V_{Ed} = 41,48 \text{ N} \quad (2.526)$$

Skaičiuotinis betono stipris gniuždant:

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,9 \cdot 25}{1,5} = 15 \text{ MPa} \quad (2.527)$$

Išankstinio įtempimo plieno skaičiuotinis stiprumas:

$$f_{pd} = 1250 \text{ MPa}$$

Gniuždomąją zoną apibūdinantis dydis:

$$\xi = \frac{1}{\lambda} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot \mu_{Eds}}{\eta}} \right) = \frac{1}{0,8} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,073}{1}} \right) = 0,095 < \xi_{lim} \quad (2.528)$$

$$= 0,587$$

Reikiamas armatūros kiekis:

$$A_{sp} = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \lambda \cdot x}{f_{pd}} = \frac{1 \cdot 15 \cdot 1200 \cdot 0,8 \cdot 19,51}{1250 \cdot 1,15} = 195,405 \text{ mm}^2 \quad (2.529)$$

$$= 1,954 \text{ cm}^2$$

$$A_{sp} \cdot 1,05 = 1,954 \cdot 1,05 = 2,052 \text{ cm}^2 \quad (2.530)$$

Priimame 4 Ø 9,3 $A_{sp} = 208 \text{ mm}^2$, kai 1 strypo $A_{sp} = 52 \text{ mm}^2$

Plokštės skaičiavimas iki eksploataavimo stadijoje

Viršutinio krašto pleišėtumas

Didžiausi gniuždymo įtempiai apskaičiuojami nuo jėgos $P_{m,o}$, neįvertinant savojo perdangos svorio:

$$\sigma_{cp} = \frac{P_{m,o} \cdot (r' + r) + 2 \cdot f_{ct} \cdot W_{eff,top}}{W_{eff,bottom}} \quad (2.531)$$

$$= \frac{221312 \cdot (54,27 + 55,91) + 2 \cdot 1,8 \cdot 10001121}{10301887}$$

$$= 5,862 \text{ MPa} < \sigma_{cp,max} = 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 25 = 15 \text{ MPa}$$

$$r' = \frac{W_{eff,top}}{A_{eff}} = \frac{10001,121}{1842,714} = 5,427 \text{ cm} \quad (2.532)$$

$$r = \frac{W_{eff,bottom}}{A_{eff}} = \frac{10301,887}{1842,714} = 5,591 \text{ cm} \quad (2.533)$$

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{cp}}{0,7 \cdot f_{ck}} = 1,6 - \frac{5,862}{0,7 \cdot 25} = 1,265 < 1,0 \quad (2.534)$$

$$0,7 \leq \varphi \leq 1,0, \quad \text{tai } \varphi = 1,0 \text{ priimame}$$

Supleišėjimas gamybos metu nuo necentrinio betono apspaudimo apskaičiuojamas pagal sąlygą:

$$P_{m,o}(e_{op} - \varphi \cdot r') + M^{i\check{s}} < f_{ct} \cdot W_{pl,top} \quad (2.535)$$

$$221,312 \cdot (0,16 - 1 \cdot 0,05427) + 2,418$$

$$< 1,8 \cdot 10^3 \cdot 1,75 \cdot 10001,121 \cdot 10^{-6}$$

$$9,218 \text{ kNm} < 31,504 \text{ kNm} \quad \text{Sąlyga tenkinama}$$

Apatinio krašto pleišėtumas

$$\sigma_{cp} = \frac{P_{m,o}(r' + r) + 2 \cdot f_{ct} \cdot W_{eff,bottom}}{W_{eff,top}} \quad (2.536)$$

$$= \frac{221312 \cdot (54,27 + 55,91) + 2 \cdot 1,8 \cdot 10301887}{10001121}$$

$$= 6,146 \text{ MPa} < \sigma_{cp,max} = 0,6 \cdot f_{ck} = 0,6 \cdot 25 = 15 \text{ MPa}$$

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{cp}}{f_{ck}} = 1,6 - \frac{6,146}{0,7 \cdot 25} = 1,249 < 1,0 \quad (2.537)$$

$$0,7 \leq \varphi \leq 1,0, \quad \text{tai } \varphi = 1,0 \text{ priimame}$$

$$P_{m,o} \cdot (e_{op} + \varphi \cdot r) + f_{ct} \cdot W_{pl,bottom} > M^{i\check{s}} \quad (2.538)$$

$$221,312 \cdot (0,085 + 1 \cdot 0,05591) + 1,8 \cdot 10^3 \cdot 1,75 \cdot 10301,887 \cdot 10^{-6}$$

$$> 41,58 \text{ kNm}$$

$$63,635 \text{ kNm} > 41,58 \text{ kNm} \quad \text{Sąlyga tenkinama}$$

Armatūros išankstinių įtempimų nuostoliai

Pirminiai nuostoliai

1.dėl relaksacijos

$$\Delta\sigma_p = \left(0,22 \frac{\sigma_{sp}}{f_{p,0,1k}} - 0,1\right) \sigma_{sp} = \left(0,22 \cdot \frac{0,7 \cdot 1520}{1520} - 0,1\right) \cdot 0,7 \cdot 1520 \quad (2.539)$$

$$= 57,456 \text{ MPa}$$

2.dėl įrenginių inkarų deformacijos ($\Delta l = 2 \text{ mm}$)

$$\Delta\sigma_l = \frac{\Delta l}{l} \cdot E_s = \frac{2}{5600} \cdot 195000 = 69,643 \text{ MPa} \quad (2.540)$$

3.dėl plieninio klojinio formos deformacijų į atsparas

$$\Delta\sigma_{los}^5 = 30 \text{ MPa}$$

4.dėl greitai pasireiškiančio valkšnumo

$$\sigma_{cp} = \frac{p^{1-5}}{A_{eff}} + \frac{p^{1-5} \cdot e}{I_{eff}} \cdot e + \frac{M^{i\check{s}}}{I_{eff}} \cdot e = \frac{188635,438}{184271,4} + \frac{188635,438 \cdot 83,148^2}{1268659580} + \frac{\frac{4,84 \cdot 5,6^2}{8} \cdot 10^6 \cdot 8}{1268659580} \quad (2.541)$$

$$= 3,294 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = \frac{3,294}{0,7 \cdot 30} = 0,157 < \alpha = 0,303 \quad (2.542)$$

$$\Delta\sigma_{los}^6 = \chi \left(40 \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} \right) = 1,0(40 \cdot 0,157) = 6,275 \text{ MPa} \quad (2.543)$$

Antrieji nuostoliai

1. dėl betono traukumo

Daugiau C 25/30, natūraliomis sąlygomis [4] $\Delta\sigma_{los}^8 = 50 \text{ MPa}$

2. dėl betono valkšnumo

$$\sigma_{cp} = \frac{p^{1-8}}{A_{eff}} + \frac{p^{1-8} \cdot e}{I_{eff}} \cdot e + \frac{M^{I\check{s}} \cdot e}{I_{eff}} \quad (2.544)$$

$$= \frac{176930,34}{184271,4} + \frac{176930,34 \cdot 83,148^2}{1268659580} + \frac{\frac{4,84 \cdot 5,6^2}{8} \cdot 10^6 \cdot 83,148}{1268659580}$$

$$= 3,167 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = \frac{3,167}{0,7 \cdot 30} = 0,151 < 0,75 \quad (2.545)$$

$$\Delta\sigma_{los}^9 = 150 \cdot \chi \cdot \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = 150 \cdot 1,0 \cdot 0,151 = 22,62 \text{ MPa} \quad (2.546)$$

Suminiai armatūros įtempių nuostoliai:

$$\begin{aligned} \Delta\sigma_{sum} &= \Delta\sigma_p + \Delta\sigma_l + \Delta\sigma_{los}^5 + \Delta\sigma_{los}^6 + \Delta\sigma_{los}^8 + \Delta\sigma_{los}^9 \\ &= 57,456 + 69,643 + 30 + 6,275 + 50 + 22,62 \\ &= 235,993 \text{ MPa} > 100 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (2.547)$$

Pleišėtumas transportuojant

Gniuždomos zonos aukštis:

$$x = \frac{N_{con} + f_{y,d} \cdot A_{s2} - \sigma_{sc} \cdot A_{p1}}{f_{cpd} \cdot b_{f1}} = \frac{158912 + \frac{400}{1,1} \cdot 0,79 \cdot 10^2 - 0}{0,7 \cdot 30 \cdot \frac{0,9}{1,5} \cdot 1196} \quad (2.548)$$

$$= 12,452 \text{ mm} < h_{f1} = 40 \text{ mm}$$

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{12,452}{205} = 0,061 < \xi_{lim} = 0,457 \quad (2.549)$$

$$\begin{aligned} N_{con} \cdot e_p &< f_{cd} \cdot b_{f1} \cdot x \cdot (d_2 - 0,5 \cdot x) + \sigma_{sc} \cdot A_p (d_2 - a_1) \\ 158,912 \cdot 0,194 &< 15 \cdot 1196 \cdot 12,452 \cdot (163 - 0,5 \cdot 12,452) + 0 \\ 30,76 \text{ kNm} &< 34,987 \text{ kNm} \quad \text{Sąlyga tenkinama} \end{aligned} \quad (2.550)$$

Plokštės stiprumo įstrižajame pjūvyje nustatymas

Skersinė ribinė jėga lenkiamiems elementams be skersinės armatūros gali būti apskaičiuojama:

$$V_{Rk,c} = \left[C_{Rk,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d \quad (2.551)$$

$$\geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sp}}{b_w \cdot d} = \frac{208}{527 \cdot 205} = 0,002 < 0,02 \quad (2.552)$$

$$\begin{aligned} V_{Rk,c} &= \left[0,18 \cdot 1,987 \cdot (100 \cdot 0,002 \cdot 25)^{\frac{1}{3}} \right] 527 \cdot 205 \geq 0,49 \cdot 527 \cdot 205 \\ 65310,616 \text{ N} &> 53039,972 \text{ N} \quad \text{Sąlyga tenkinama} \end{aligned} \quad (2.553)$$

Plokštės stiprumo normaliniame pjūvyje nustatymas

Gniuždomos zonos aukštis:

$$x = \frac{-f_{yd} \cdot A_s + f_{pd} \cdot A_{sp}}{f_{cd} \cdot b_{f_1}} = \frac{-\frac{400}{1,1} \cdot 79 + 1250 \cdot 208}{15 \cdot 1196} = 12,891 \text{ mm} < h_{f_1} \quad (2.554)$$

$$\xi = \frac{x}{d} = \frac{12,891}{205} = 0,063 < \xi_{lim} = 0,457 \quad (2.555)$$

$$M = \gamma \cdot f_{pd} \cdot A_{sp} \cdot (d - 0,5 \cdot x) > M^{lš} = 55,49 \text{ kNm} \quad (2.556)$$

$$1,15 \cdot 1250 \cdot 208 \cdot (205 - 0,5 \cdot 12,891) > 55,49 \text{ kNm}$$

$$59,472 \text{ kNm} > 55,49 \text{ kNm} \text{ Sąlyga tenkinama}$$

Plokštės kreivis

Nuo trumpalaikės apkrovos trumpalaikio poveikio:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M^{tr}}{\varphi_{c_1} \cdot E_{eff} \cdot I_{eff}} = \frac{18,032 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 31000 \cdot 10^6 \cdot 126865,958 \cdot 100^{-4}} \quad (2.557)$$

$$= 5,394 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1}$$

$$M^{tr} = \frac{q_{tr} \cdot l^2}{8} = \frac{(3 + 1,2) \cdot 1,2 \cdot 5,35^2}{8} = 18,032 \text{ kNm} \quad (2.558)$$

Nuo ilgalaikės apkrovos ilgalaikio poveikio

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{\varphi_{c_2} \cdot M^{ilg}}{\varphi_{c_1} \cdot E_{eff} \cdot I_{eff}} = \frac{2 \cdot 24,777 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 31000 \cdot 10^6 \cdot 126865,958 \cdot 100^{-4}} \quad (2.559)$$

$$= 1,482 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1}$$

$$M^{ilg} = \frac{q_{ilg} \cdot l^2}{8} = \frac{(4,03 + 1,741) \cdot 1,2 \cdot 5,35^2}{8} = 24,777 \text{ kNm} \quad (2.560)$$

Nuo išankstinio gniuždymo

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 = \frac{P_m \cdot e_{op}}{\varphi_{c_1} \cdot E_{eff} \cdot I_{eff}} = \frac{221,312 \cdot 85 \cdot 10^{-3}}{0,85 \cdot 31000 \cdot 10^6 \cdot 126865,958 \cdot 100^{-4}} \quad (2.561)$$

$$= 5,627 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1}$$

Kreivis nuo betono traukumo ir valkšnumo

$$\left(\frac{1}{r}\right)_4 = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{d} = \frac{4,046 \cdot 10^{-4}}{0,205} = 1,97 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{-1} \quad (2.562)$$

$$\varepsilon_1 = \frac{\sigma_{c_1}}{E_1} = \frac{78,895}{195000} = 4,046 \cdot 10^{-4} \quad (2.563)$$

$$\sigma_{c_1} = \sigma_{los}^6 + \sigma_{los}^8 + \sigma_{los}^9 = 6,275 + 50 + 22,62 = 78,895 \text{ MPa} \quad (2.564)$$

Suminis kreivis:

$$\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 - \left(\frac{1}{r}\right)_3 - \left(\frac{1}{r}\right)_4 \quad (2.565)$$

$$= 5,394 \cdot 10^{-4} + 1,482 \cdot 10^{-3} - 5,627 \cdot 10^{-4} - 1,97 \cdot 10^{-3}$$

$$= -5,112 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1}$$

Įlinkis:

$$d = \frac{5}{48} \cdot \left(\frac{1}{r}\right) \cdot l^2 \leq d_{lim} = \frac{l}{200} \quad (2.566)$$

$$\frac{5}{48} \cdot (-5,112 \cdot 10^{-4}) \cdot 5,6^2 \leq \frac{5,6}{200}$$

-0,002 m ≤ 0,028 m *Sąlyga tenkinama*

SRY1 rémsijės projektavimas

Išilginės armatūros parinkimas.

Tikriname ar reikalingas dvipusis armavimas:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_3 = \frac{P_m \cdot e_{op}}{\varphi_{c1} \cdot E_{eff} \cdot I_{eff}} = \frac{221,312 \cdot 85 \cdot 10^{-3}}{0,85 \cdot 31000 \cdot 10^6 \cdot 126865,958 \cdot 100^{-4}} \quad (2.567)$$

$$= 5,627 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-1}$$

$$A_{s2} = \frac{M_{Ed} - \eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \mu_{Eds,lim} \cdot d^2}{f_{scd} \cdot (d - d_2)} \quad (2.568)$$

$$= \frac{386,47 \cdot 10^3 - 1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 0,296 \cdot 0,6575^2}{363,636 \cdot 10^6 \cdot (0,6575 - 0,036)} \cdot 10^4$$

$$= -33,809 \text{ cm}^2$$

Išvada: Viršuje išilginis armavimas nereikalingas, priimamas konstrukciškai.

$$A_{s1} = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \xi_{eff} \cdot d + f_{scd} \cdot A_{s2}}{f_{yd}} \quad (2.569)$$

$$= \frac{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 0,105 \cdot 0,6575 + 363,636 \cdot 10^6 \cdot 0}{363,636 \cdot 10^6} \cdot 10^4$$

$$= 17,031 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} \cdot 1,05 = 17,882 \text{ cm}^2$$

Išvada: Priimame 4 Ø25 armatūros strypus, kurių $A_s = 19,63 \text{ cm}^2$

Skersinės armatūros parinkimas.

Priimame armatūrą Ø6, žingsniu 200 mm ($A_{sw}/s_w = 0,285$).

$$V_{Rd} = V_{Rd,sw} + V_{Rd,c} = 108,685 + 394,5 = 503,185 \text{ kN} \quad (2.570)$$

$$V_{Rd} = 503,185 \text{ kN} > V_{Ed} = 291,49 \text{ kN}$$

Rémsijės lentynos armatūros parinkimas.

$$A_{s1,lent} = \frac{\eta f_{cd} b_{lent} \xi_{eff,lent} d_{lent}}{f_{ywd}} = \frac{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,006 \cdot 0,276}{290 \cdot 10^6} \cdot 10^4 \quad (2.571)$$

$$= 1,018 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,lent} \cdot 1,05 = 1,069 \text{ cm}^2$$

Išvada: Priimame armatūrą Ø8 žingsniu 400mm, kurios $A_s = 1,26 \text{ cm}^2$

Rémsijės ribinio įlinkio tikrinimas.

$$r_{max} = \frac{M_k \varphi_{c2}}{\varphi_{c1} EI} = \frac{312,3 \cdot 10^3 \cdot 2}{0,85 \cdot 32 \cdot 10^9 \cdot 1916947 \cdot 10^{-8}} = 0,001 \text{ m} \quad (2.572)$$

$$d_{\text{įlinkis}} = r_{max} \frac{5}{48} l^2 = 0,001 \cdot \frac{5}{48} \cdot 5,25^2 = 0,0028 \text{ m} = 2,9 \text{ mm} \quad (2.573)$$

$$d_{\text{įlinkis}} = 2,9 \text{ mm} < d_{lim} = 28 \text{ mm} \quad (2.574)$$

SRY2 rémsijės projektavimas

Išilginės armatūros parinkimas.

Tikriname ar reikalingas dvipusis armavimas:

$$A_{s2} = \frac{M_{Ed} - \eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \mu_{Eds,lim} \cdot d^2}{f_{scd} \cdot (d - d_2)} \quad (2.575)$$

$$= \frac{792,67 \cdot 10^3 - 1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 0,296 \cdot 0,652^2}{363,636 \cdot 10^6 \cdot (0,652 - 0,048)} \cdot 10^4$$

$$= -15,124 \text{ cm}^2$$

Išvada: Viršuje išilginis armavimas nereikalingas, priimamas konstrukciškai.

$$A_{s1} = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \xi_{eff} \cdot d + f_{scd} \cdot A_{s2}}{f_{yd}} \quad (2.576)$$

$$= \frac{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 0,235 \cdot 0,652 + 363,636 \cdot 10^6 \cdot 0}{363,636 \cdot 10^6} \cdot 10^4$$

$$= 37,843 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} \cdot 1,05 = 39,735 \text{ cm}^2$$

Išvada: Priimame 4 Ø36 armatūros strypus, kurių $A_s = 40,72 \text{ cm}^2$

Skersinės armatūros parinkimas.

Priimame armatūrą Ø8, žingsniu 200 mm ($A_{sw}/s_w = 0,785$).

$$V_{Rd} = V_{Rd,sw} + V_{Rd,c} = 296,856 + 391,2 = 688,056 \text{ kN} \quad (2.577)$$

$$V_{Rd} = 688,056 \text{ kN} > V_{Ed} = 609,74 \text{ kN}$$

Rėmsijės lentynos armatūros parinkimas.

$$A_{s1,lent} = \frac{\eta f_{cd} b_{lent} \xi_{eff,lent} d_{lent}}{f_{ywd}} = \frac{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,006 \cdot 0,278}{290 \cdot 10^6} \cdot 10^4 \quad (2.578)$$

$$= 1,011 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,lent} \cdot 1,05 = 1,061 \text{ cm}^2$$

Išvada: Priimame armatūrą Ø8 žingsniu 400mm, kurios $A_s = 1,26 \text{ cm}^2$

Rėmsijės ribinio įlinkio tikrinimas.

$$r_{max} = \frac{M_k \varphi_{c2}}{\varphi_{c1} EI} = \frac{598,19 \cdot 10^3 \cdot 2}{0,85 \cdot 32 \cdot 10^9 \cdot 1876613 \cdot 10^{-8}} = 0,002 \text{ m} \quad (2.579)$$

$$d_{\text{įlinkis}} = r_{max} \frac{5}{48} l^2 = 0,002 \cdot \frac{5}{48} \cdot 5,5^2 = 0,0063 \text{ m} = 6,3 \text{ mm} \quad (2.580)$$

$$d_{\text{įlinkis}} = 6,3 \text{ mm} < d_{lim} = 29 \text{ mm} \quad (2.581)$$

SRY3 rėmsijės projektavimas

Išilginės armatūros parinkimas.

Tikriname ar reikalingas dvipusis armavimas:

$$A_{s2} = \frac{M_{Ed} - \eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \mu_{Eds,lim} \cdot d^2}{f_{scd} \cdot (d - d_2)} \quad (2.582)$$

$$= \frac{1041,25 \cdot 10^3 - 1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 0,296 \cdot 0,642^2}{363,636 \cdot 10^6 \cdot (0,642 - 0,056)} \cdot 10^4$$

$$= -2,634 \text{ cm}^2$$

Išvada: Viršuje išilginis armavimas nereikalingas, priimamas konstrukciškai.

$$A_{s1} = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \xi_{eff} \cdot d + f_{scd} \cdot A_{s2}}{f_{yd}} \quad (2.583)$$

$$= \frac{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 0,235 \cdot 0,642 + 363,636 \cdot 10^6 \cdot 0}{363,636 \cdot 10^6} \cdot 10^4$$

$$= 53,476 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} \cdot 1,05 = 56,15 \text{ cm}^2$$

Išvada: Priimame 6 Ø36 armatūros strypus, kurių $A_s = 61,08 \text{ cm}^2$

Skersinės armatūros parinkimas.

Priimame armatūrą Ø6, žingsniu 200 mm ($A_{sw}/s_w = 0,285$).

$$V_{Rd} = V_{Rd,sw} + V_{Rd,c} = 106,123 + 385,2 = 491,323 \text{ kN} \quad (2.584)$$

$$V_{Rd} = 491,323 \text{ kN} > V_{Ed} = 380,37 \text{ kN}$$

Rėmsijės lentynos armatūros parinkimas.

$$A_{s1,lent} = \frac{\eta f_{cd} b_{lent} \xi_{eff,lent} d_{lent}}{f_{ywd}} = \frac{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,003 \cdot 0,276}{290 \cdot 10^6} \cdot 10^4 = 0,484 \text{ cm}^2 \quad (2.585)$$

$$A_{s1,lent} \cdot 1,05 = 0,509 \text{ cm}^2$$

Išvada: Priimame armatūrą Ø6 žingsniu 400mm, kurios $A_s = 0,71 \text{ cm}^2$

Rėmsijės ribinio įlinkio tikrinimas.

$$r_{max} = \frac{M_k \varphi_{c2}}{\varphi_{c1} EI} = \frac{784,31 \cdot 10^3 \cdot 2}{0,85 \cdot 32 \cdot 10^9 \cdot 1916947 \cdot 10^{-8}} = 0,003 \text{ m} \quad (2.586)$$

$$d_{i\text{linkis}} = r_{max} \frac{5}{48} l^2 = 0,003 \cdot \frac{5}{48} \cdot 11,25^2 = 0,0375 \text{ m} = 37,5 \text{ mm} \quad (2.587)$$

$$d_{i\text{linkis}} = 37,5 \text{ mm} < d_{lim} = 47 \text{ mm} \quad (2.588)$$

SRY4 rėmsijės projektavimas

Išilginės armatūros parinkimas.

Tikriname ar reikalingas dvipusis armavimas:

$$A_{s2} = \frac{M_{Ed} - \eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \mu_{Eds,lim} \cdot d^2}{f_{scd} \cdot (d - d_2)} = \frac{1235,09 \cdot 10^3 - 1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,4 \cdot 0,296 \cdot 0,638^2}{363,636 \cdot 10^6 \cdot (0,638 - 0,041)} \cdot 10^4 = 5,252 \text{ cm}^2 \quad (2.589)$$

$$A_{s2} \cdot 1,05 = 5,515 \text{ cm}^2$$

Išvada: Priimame 4 Ø14 armatūros strypus, kurių $A_s = 6,16 \text{ cm}^2$

$$A_{s1} = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \xi_{eff} \cdot d + f_{scd} \cdot A_{s2}}{f_{yd}} = \frac{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,4 \cdot 0,351 \cdot 0,638 + 363,636 \cdot 10^6 \cdot 6,28 \cdot 10^{-4}}{363,636 \cdot 10^6} \cdot 10^4 = 61,721 \text{ cm}^2 \quad (2.590)$$

$$A_{s1} \cdot 1,05 = 64,807 \text{ cm}^2$$

Išvada: Priimame 8 Ø32 armatūros strypus, kurių $A_s = 64,32 \text{ cm}^2$

Skersinės armatūros parinkimas.

Priimame armatūrą Ø8, žingsniu 200 mm ($A_{sw}/s_w = 0,505$).

$$V_{Rd} = V_{Rd,sw} + V_{Rd,c} = 186,87 + 382,8 = 569,67 \text{ kN} \quad (2.591)$$

$$V_{Rd} = 569,67 \text{ kN} > V_{Ed} = 451,17 \text{ kN}$$

Rėmsijės lentynos armatūros parinkimas.

$$A_{s1,lent} = \frac{\eta f_{cd} b_{lent} \xi_{eff,lent} d_{lent}}{f_{ywd}} = \frac{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,004 \cdot 0,276}{290 \cdot 10^6} \cdot 10^4 = 0,606 \text{ cm}^2 \quad (2.592)$$

$$A_{s1,lent} \cdot 1,05 = 0,636 \text{ cm}^2$$

Išvada: Priimame armatūrą Ø6 žingsniu 400mm, kurios $A_s = 0,71 \text{ cm}^2$

Rėmsijės ribinio įlinkio tikrinimas.

$$r_{max} = \frac{M_k \varphi_{c2}}{\varphi_{c1} EI} = \frac{930,74 \cdot 10^3 \cdot 2}{0,85 \cdot 32 \cdot 10^9 \cdot 1916947 \cdot 10^{-8}} = 0,003 \text{ m} \quad (2.593)$$

$$d_{i\text{linkis}} = r_{max} \frac{5}{48} l^2 = 0,003 \cdot \frac{5}{48} \cdot 11,25^2 = 0,043 \text{ m} = 43 \text{ mm} \quad (2.594)$$

$$d_{i\text{linkis}} = 43 \text{ mm} < d_{lim} = 47 \text{ mm} \quad (2.595)$$

SRY5 rėmsijės projektavimas

Išilginės armatūros parinkimas.

Tikriname ar reikalingas dvipusis armavimas:

$$A_{s2} = \frac{M_{Ed} - \eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \mu_{Eds,lim} \cdot d^2}{f_{scd} \cdot (d - d_2)} \quad (2.596)$$

$$= \frac{755,16 \cdot 10^3 - 1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 0,296 \cdot 0,656^2}{363,636 \cdot 10^6 \cdot (0,656 - 0,036)} \cdot 10^4$$

$$= -18,978 \text{ cm}^2$$

Išvada: Viršuje išilginis armavimas nereikalingas, priimamas konstrukciškai.

$$A_{s1} = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \xi_{eff} \cdot d + f_{scd} \cdot A_{s2}}{f_{yd}} \quad (2.597)$$

$$= \frac{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 0,206 \cdot 0,656 + 363,636 \cdot 10^6 \cdot 0}{363,636 \cdot 10^6} \cdot 10^4$$

$$= 33,508 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} \cdot 1,05 = 35,184 \text{ cm}^2$$

Išvada: Priimame 6 Ø28 armatūros strypus, kurių $A_s = 36,95 \text{ cm}^2$

Skersinės armatūros parinkimas.

Priimame armatūrą Ø6, žingsniu 200 mm ($A_{sw}/s_w = 0,285$).

$$V_{Rd} = V_{Rd,sw} + V_{Rd,c} = 108,437 + 393,6 = 502,037 \text{ kN} \quad (2.598)$$

$$V_{Rd} = 502,037 \text{ kN} > V_{Ed} = 275,86 \text{ kN}$$

Rėmsijės lentynos armatūros parinkimas.

$$A_{s1,lent} = \frac{\eta f_{cd} b_{lent} \xi_{eff,lent} d_{lent}}{f_{ywd}} = \frac{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,002 \cdot 0,276}{290 \cdot 10^6} \cdot 10^4 \quad (2.599)$$

$$= 0,305 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,lent} \cdot 1,05 = 0,32 \text{ cm}^2$$

Išvada: Priimame armatūrą Ø6 žingsniu 400mm, kurios $A_s = 0,71 \text{ cm}^2$

Rėmsijės ribinio įlinkio tikrinimas.

$$r_{max} = \frac{M_k \varphi_{c2}}{\varphi_{c1} EI} = \frac{568,19 \cdot 10^3 \cdot 2}{0,85 \cdot 32 \cdot 10^9 \cdot 1916947 \cdot 10^{-8}} = 0,002 \text{ m} \quad (2.600)$$

$$d_{i\text{linkis}} = r_{max} \frac{5}{48} l^2 = 0,002 \cdot \frac{5}{48} \cdot 11,25^2 = 0,026 \text{ m} = 26 \text{ mm} \quad (2.601)$$

$$d_{i\text{linkis}} = 26 \text{ mm} < d_{lim} = 47 \text{ mm} \quad (2.602)$$

SRY6 rėmsijės projektavimas

Išilginės armatūros parinkimas.

Tikriname ar reikalingas dvipusis armavimas:

$$A_{s2} = \frac{M_{Ed} - \eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \mu_{Eds,lim} \cdot d^2}{f_{scd} \cdot (d - d_2)} \quad (2.603)$$

$$= \frac{821,09 \cdot 10^3 - 1 \cdot 21 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 0,286 \cdot 0,593^2}{363,636 \cdot 10^6 \cdot (0,593 - 0,036)} \cdot 10^4$$

$$= -13,073 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} \cdot 1,05 = 0 \text{ cm}^2$$

Išvada: Viršuje išilginis armavimas nereikalingas, priimamas konstrukciškai.

$$A_{s1} = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \xi_{eff} \cdot d + f_{scd} \cdot A_{s2}}{f_{yd}} \quad (2.604)$$

$$= \frac{1 \cdot 21 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 0,244 \cdot 0,593 + 363,636 \cdot 10^6 \cdot 0}{363,636 \cdot 10^6} \cdot 10^4$$

$$= 41,802 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} \cdot 1,05 = 43,892 \text{ cm}^2$$

Išvada: Priimame 6 Ø32 armatūros strypus, kurių $A_s = 48,25 \text{ cm}^2$

Skersinės armatūros parinkimas.

Priimame armatūrą Ø6, žingsniu 200 mm ($A_{sw}/s_w = 0,285$).

$$V_{Rd} = V_{Rd,sw} + V_{Rd,c} = 98,078 + 391,6 = 489,678 \text{ kN} \quad (2.605)$$

$$V_{Rd} = 489,678 \text{ kN} > V_{Ed} = 282,81 \text{ kN}$$

Rėmsijės lentynos armatūros parinkimas.

$$A_{s1,lent} = \frac{\eta f_{cd} b_{lent} \xi_{eff,lent} d_{lent}}{f_{ywd}} = \frac{1 \cdot 21 \cdot 10^6 \cdot 0,001 \cdot 0,376}{290 \cdot 10^6} \cdot 10^4 \quad (2.606)$$

$$= 0,23 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,lent} \cdot 1,05 = 0,241 \text{ cm}^2$$

Išvada: Priimame armatūrą Ø6 žingsniu 400mm, kurios $A_s = 0,71 \text{ cm}^2$

Rėmsijės ribinio įlinkio tikrinimas.

$$r_{max} = \frac{M_k \varphi_{c2}}{\varphi_{c1} EI} = \frac{613,72 \cdot 10^3 \cdot 2}{0,85 \cdot 32 \cdot 10^9 \cdot 1181382 \cdot 10^{-8}} = 0,003 \text{ m} \quad (2.607)$$

$$d_{i\text{linkis}} = r_{max} \frac{5}{48} l^2 = 0,003 \cdot \frac{5}{48} \cdot 11,5^2 = 0,045 \text{ m} = 45 \text{ mm} \quad (2.608)$$

$$d_{i\text{linkis}} = 45 \text{ mm} < d_{lim} = 47 \text{ mm} \quad (2.609)$$

SRY7 rėmsijės projektavimas

Laisvai atremta iš anksto įtempta tarpatramio, perdangos sija l , apkrauta tolygiai paskirstyta nuolatinė skaičiuotinė apkrova g_d . Ir ekvivalentine skaičiuotinė apkrova q_d .

Skerspjūvio matmenys:

$$b = 0,4 \text{ m}; h = 0,55 \text{ m}; l = 9 \text{ m}; l_{sk} = 9 - 0,15 = 8,85 \text{ m}; l_1 = 7 \text{ m}; l_{1,sk} = 7 - 0,15 = 6,85 \text{ m}$$

$$M_k = 250,54 \text{ kNm}; M_{Ed} = 334,83 \text{ kNm}; V_{Ed} = 253,58 \text{ kN}$$

$$g_{perd,k} = 17,04 \frac{\text{kN}}{\text{m}}; g_{grind,k} = 7,36 \frac{\text{kN}}{\text{m}}; q_{naud,k} = 12,68 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Betonas sunkusis C30/37 klasės

$$f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = 1 \cdot 0,9 \cdot \frac{2}{1,5} = 1,2 \text{ MPa} \quad (2.610)$$

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1 \cdot 0,9 \cdot \frac{30}{1,5} = 18 \text{ MPa} \quad (2.611)$$

$$f_{yd} = f_{scd} = \frac{f_{yk}}{1,1} = \frac{400}{1,1} = 363,636 \text{ MPa} \quad (2.612)$$

$$f_{ywd} = 290 \text{ N/mm}^2$$

Išilginės armatūros parinkimas.

Tikriname ar reikalingas dvipusis armavimas:

$$A_{s2} = \frac{M_{Ed} - \eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \mu_{Eds,lim} \cdot d^2}{f_{scd} \cdot (d - d_2)} \quad (2.613)$$

$$= \frac{334,83 \cdot 10^3 - 1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,4 \cdot 0,296 \cdot 0,502^2}{363,636 \cdot 10^6 \cdot (0,502 - 0,036)} \cdot 10^4$$

$$= -11,854 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} \cdot 1,05 = 0 \text{ cm}^2$$

Išvada: Viršuje išilginis armavimas nereikalingas, priimamas konstrukciškai.

$$A_{s1} = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \xi_{eff} \cdot d + f_{scd} \cdot A_{s2}}{f_{yd}} \quad (2.614)$$

$$= \frac{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,4 \cdot 0,206 \cdot 0,502 + 363,636 \cdot 10^6 \cdot 0}{363,636 \cdot 10^6} \cdot 10^4$$

$$= 20,462 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} \cdot 1,05 = 21,485 \text{ cm}^2$$

Išvada: Priimame 6 Ø22 armatūros strypus, kurių $A_s = 22,81 \text{ cm}^2$

Skersinės armatūros parinkimas.

Priimame armatūrą Ø6, žingsniu 200 mm ($A_{sw}/s_w = 0,285$).

$$V_{Rd} = V_{Rd,sw} + V_{Rd,c} = 82,981 + 240,64 = 323,621 \text{ kN} \quad (2.615)$$

$$V_{Rd} = 323,621 \text{ kN} > V_{Ed} = 253,58 \text{ kN}$$

Rėmsijės lentynos armatūros parinkimas.

$$A_{s1,lent} = \frac{\eta f_{cd} b_{lent} \xi_{eff,lent} d_{lent}}{f_{ywd}} = \frac{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,003 \cdot 0,276}{290 \cdot 10^6} \cdot 10^4 \quad (2.616)$$

$$= 0,483 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,lent} \cdot 1,05 = 0,507 \text{ cm}^2$$

Išvada: Priimame armatūrą Ø6 žingsniu 400mm, kurios $A_s = 0,71 \text{ cm}^2$

Rėmsijės ribinio įlinkio tikrinimas.

$$r_{max} = \frac{M_k \varphi_{c2}}{\varphi_{c1} EI} = \frac{568,19 \cdot 10^3 \cdot 2}{0,85 \cdot 32 \cdot 10^9 \cdot 525739 \cdot 10^{-8}} = 0,004 \text{ m} \quad (2.617)$$

$$d_{\text{įlinkis}} = r_{max} \frac{5}{48} l_1^2 = 0,004 \cdot \frac{5}{48} \cdot 7^2 = 0,018 \text{ m} = 18 \text{ mm} \quad (2.618)$$

$$d_{\text{įlinkis}} = 18 \text{ mm} < d_{lim} = 34 \text{ mm} \quad (2.619)$$

SRY8 rėmsijės projektavimas

Išilginės armatūros parinkimas.

Tikriname ar reikalingas dvipusis armavimas:

$$A_{s2} = \frac{M_{Ed} - \eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \mu_{Eds,lim} \cdot d^2}{f_{scd} \cdot (d - d_2)} \quad (2.620)$$

$$= \frac{520,82 \cdot 10^3 - 1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,4 \cdot 0,296 \cdot 0,497^2}{363,636 \cdot 10^6 \cdot (0,497 - 0,036)} \cdot 10^4$$

$$= -0,246 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} \cdot 1,05 = 0 \text{ cm}^2$$

Išvada: Viršuje išilginis armavimas nereikalingas, priimamas konstrukciškai.

$$A_{s1} = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \xi_{eff} \cdot d + f_{scd} \cdot A_{s2}}{f_{yd}} \quad (2.621)$$

$$= \frac{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,4 \cdot 0,357 \cdot 0,497 + 363,636 \cdot 10^6 \cdot 0}{363,636 \cdot 10^6} \cdot 10^4$$

$$= 35,102 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} \cdot 1,05 = 36,857 \text{ cm}^2$$

Išvada: Priimame 6 Ø28 armatūros strypus, kurių $A_s = 36,95 \text{ cm}^2$

Skersinės armatūros parinkimas.

Priimame armatūrą Ø10, žingsniu 200 mm ($A_{sw}/s_w = 0,785$).

$$V_{Rd} = V_{Rd,sw} + V_{Rd,c} = 226,284 + 238,24 = 464,524 \text{ kN} \quad (2.622)$$

$$V_{Rd} = 464,524 \text{ kN} > V_{Ed} = 394,45 \text{ kN}$$

$$A_{s1,lent} = \frac{\eta f_{cd} b_{lent} \xi_{eff,lent} d_{lent}}{f_{ywd}} = \frac{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,003 \cdot 0,276}{290 \cdot 10^6} \cdot 10^4 = 0,483 \text{ cm}^2 \quad (2.623)$$

$$A_{s1,lent} \cdot 1,05 = 0,507 \text{ cm}^2$$

Išvada: Priimame armatūrą Ø6 žingsniu 400mm, kurios $A_s = 0,71 \text{ cm}^2$

Rėmsijės ribinio įlinkio tikrinimas.

$$r_{max} = \frac{M_k \varphi_{c2}}{\varphi_{c1} EI} = \frac{389,78 \cdot 10^3 \cdot 2}{0,85 \cdot 32 \cdot 10^9 \cdot 765907 \cdot 10^{-8}} = 0,004 \text{ m} \quad (2.624)$$

$$d_{i\text{linkis}} = r_{max} \frac{5}{48} l_1^2 = 0,004 \cdot \frac{5}{48} \cdot 7^2 = 0,019 \text{ m} = 19 \text{ mm} \quad (2.625)$$

$$d_{i\text{linkis}} = 19 \text{ mm} < d_{lim} = 34 \text{ mm} \quad (2.626)$$

SRY9 rėmsijės projektavimas

Išilginės armatūros parinkimas.

Tikriname ar reikalingas dvipusis armavimas:

$$A_{s2} = \frac{M_{Ed} - \eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \mu_{Eds,lim} \cdot d^2}{f_{scd} \cdot (d - d_2)} = \frac{419,6 \cdot 10^3 - 1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,4 \cdot 0,296 \cdot 0,491^2}{363,636 \cdot 10^6 \cdot (0,491 - 0,036)} \cdot 10^4 = -5,609 \text{ cm}^2 \quad (2.627)$$

$$A_{s2} \cdot 1,05 = 0 \text{ cm}^2$$

Išvada: Viršuje išilginis armavimas nereikalingas, priimamas konstrukciškai.

$$A_{s1} = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \xi_{eff} \cdot d + f_{scd} \cdot A_{s2}}{f_{yd}} = \frac{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,4 \cdot 0,352 \cdot 0,491 + 363,636 \cdot 10^6 \cdot 0}{363,636 \cdot 10^6} \cdot 10^4 = 27,373 \text{ cm}^2 \quad (2.628)$$

$$A_{s1} \cdot 1,05 = 28,742 \text{ cm}^2$$

Išvada: Priimame 8 Ø22 armatūros strypus, kurių $A_s = 30,41 \text{ cm}^2$

Skersinės armatūros parinkimas.

Priimame armatūrą Ø8, žingsniu 200 mm ($A_{sw}/s_w = 0,505$).

$$V_{Rd} = V_{Rd,sw} + V_{Rd,c} = 143,814 + 235,36 = 379,174 \text{ kN} \quad (2.629)$$

$$V_{Rd} = 379,174 \text{ kN} > V_{Ed} = 317,79 \text{ kN}$$

Rėmsijės lentynos armatūros parinkimas.

$$A_{s1,lent} = \frac{\eta f_{cd} b_{lent} \xi_{eff,lent} d_{lent}}{f_{ywd}} = \frac{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,002 \cdot 0,276}{290 \cdot 10^6} \cdot 10^4 = 0,313 \text{ cm}^2 \quad (2.630)$$

$$A_{s1,lent} \cdot 1,05 = 0,328 \text{ cm}^2$$

Išvada: Priimame armatūrą Ø6 žingsniu 400mm, kurios $A_s = 0,71 \text{ cm}^2$

Rėmsijės ribinio įlinkio tikrinimas.

$$r_{max} = \frac{M_k \varphi_{c2}}{\varphi_{c1} EI} = \frac{313,95 \cdot 10^3 \cdot 2}{0,85 \cdot 32 \cdot 10^9 \cdot 765907 \cdot 10^{-8}} = 0,003 \text{ m} \quad (2.631)$$

$$d_{i\text{linkis}} = r_{max} \frac{5}{48} l_1^2 = 0,003 \cdot \frac{5}{48} \cdot 7^2 = 0,015 \text{ m} = 15 \text{ mm} \quad (2.632)$$

$$d_{i\text{linkis}} = 15 \text{ mm} < d_{lim} = 34 \text{ mm} \quad (2.633)$$

SRY10 rėmsijės projektavimas

Išilginės armatūros parinkimas.

Tikriname ar reikalingas dvipusis armavimas:

$$A_{s2} = \frac{M_{Ed} - \eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \mu_{Eds,lim} \cdot d^2}{f_{scd} \cdot (d - d_2)} \quad (2.634)$$

$$= \frac{233,6 \cdot 10^3 - 1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,4 \cdot 0,296 \cdot 0,509^2}{363,636 \cdot 10^6 \cdot (0,509 - 0,036)} \cdot 10^4$$

$$= -18,471 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} \cdot 1,05 = 0 \text{ cm}^2$$

Išvada: Viršuje išilginis armavimas nereikalingas, priimamas konstrukciškai.

$$A_{s1} = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \xi_{eff} \cdot d + f_{scd} \cdot A_{s2}}{f_{yd}} \quad (2.635)$$

$$= \frac{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,4 \cdot 0,134 \cdot 0,509 + 363,636 \cdot 10^6 \cdot 0}{363,636 \cdot 10^6} \cdot 10^4$$

$$= 13,531 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} \cdot 1,05 = 14,208 \text{ cm}^2$$

Išvada: Priimame 4 Ø22 armatūros strypus, kurių $A_s = 15,2 \text{ cm}^2$

Skersinės armatūros parinkimas.

Priimame armatūrą Ø6, žingsniu 200 mm ($A_{sw}/s_w = 0,285$).

$$V_{Rd} = V_{Rd,sw} + V_{Rd,c} = 84,138 + 84,138 = 328,458 \text{ kN} \quad (2.636)$$

$$V_{Rd} = 328,458 \text{ kN} > V_{Ed} = 176,92 \text{ kN}$$

Rėmsijės lentynos armatūros parinkimas.

$$A_{s1,lent} = \frac{\eta f_{cd} b_{lent} \xi_{eff,lent} d_{lent}}{f_{ywd}} = \frac{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,002 \cdot 0,276}{290 \cdot 10^6} \cdot 10^4 \quad (2.637)$$

$$= 0,313 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,lent} \cdot 1,05 = 0,328 \text{ cm}^2$$

Išvada: Priimame armatūrą Ø6 žingsniu 400mm, kurios $A_s = 0,71 \text{ cm}^2$

Rėmsijės ribinio įlinkio tikrinimas.

$$r_{max} = \frac{M_k \varphi_{c2}}{\varphi_{c1} EI} = \frac{174,72 \cdot 10^3 \cdot 2}{0,85 \cdot 32 \cdot 10^9 \cdot 525739 \cdot 10^{-8}} = 0,002 \text{ m} \quad (2.638)$$

$$d_{i\text{linkis}} = r_{max} \frac{5}{48} l_1^2 = 0,003 \cdot \frac{5}{48} \cdot 7^2 = 0,02 \text{ m} = 20 \text{ mm} \quad (2.639)$$

$$d_{i\text{linkis}} = 20 \text{ mm} < d_{lim} = 34 \text{ mm} \quad (2.640)$$

SRD1 rėmsijės projektavimas

Išilginės armatūros parinkimas.

Tikriname ar reikalingas dvipusis armavimas:

$$A_{s2} = \frac{M_{Ed} - \eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \mu_{Eds,lim} \cdot d^2}{f_{scd} \cdot (d - d_2)} \quad (2.641)$$

$$= \frac{115,69 \cdot 10^3 - 1 \cdot 15 \cdot 10^6 \cdot 0,4 \cdot 0,305 \cdot 0,361^2}{363,636 \cdot 10^6 \cdot (0,361 - 0,036)} \cdot 10^4$$

$$= -10,395 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} \cdot 1,05 = 0 \text{ cm}^2$$

Išvada: Viršuje išilginis armavimas nereikalingas, priimamas konstrukciškai.

$$A_{s1} = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot \xi_{eff} \cdot d + f_{scd} \cdot A_{s2}}{f_{yd}} \quad (2.642)$$

$$= \frac{1 \cdot 15 \cdot 10^6 \cdot 0,4 \cdot 0,161 \cdot 0,361 + 363,636 \cdot 10^6 \cdot 0}{363,636 \cdot 10^6} \cdot 10^4$$

$$= 9,584 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} \cdot 1,05 = 10,063 \text{ cm}^2$$

Išvada: Priimame 4 Ø18 armatūros strypus, kurių $A_s = 10,18 \text{ cm}^2$

Skersinės armatūros parinkimas.

Priimame armatūrą $\emptyset 6$, žingsniu 200 mm ($A_{sw}/s_w = 0,285$).

$$\begin{aligned} V_{Rd} &= V_{Rd,sw} + V_{Rd,c} = 59,952 + 155,952 = 215,625 \text{ kN} \\ V_{Rd} &= 215,625 \text{ kN} > V_{Ed} = 87,62 \text{ kN} \end{aligned} \quad (2.643)$$

Rėmsijės ribinio įlinkio tikrinimas.

$$r_{max} = \frac{M_k \varphi_{c2}}{\varphi_{c1} EI} = \frac{87,87 \cdot 10^3 \cdot 2}{0,85 \cdot 31 \cdot 10^9 \cdot 213333 \cdot 10^{-8}} = 0,003 \text{ m} \quad (2.644)$$

$$d_{\text{ilinkis}} = r_{max} \frac{5}{48} l_1^2 = 0,003 \cdot \frac{5}{48} \cdot 7^2 = 0,016 \text{ m} = 16 \text{ mm} \quad (2.645)$$

$$d_{\text{ilinkis}} = 16 \text{ mm} < d_{lim} = 34 \text{ mm} \quad (2.646)$$

KO1 kolonos projektavimas

Reikalingo armatūros kiekio skaičiavimas

Patikrinamas kolonos skerspjūvio plotas:

$$A_c = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} + \mu_s f_{yd}} = \frac{753,48 \cdot 10^{-3}}{18 + 0,02 \cdot 365} = 0,03 \text{ m}^2 \quad (2.647)$$

Reikiamas kolonos ilgis ir plotis:

$$b_c = h_c = \sqrt{A_c} = \sqrt{0,03} = 0,173 \text{ m} = 173 \text{ mm} \quad (2.648)$$

Priimame prieš tai pasirinktus kolonos skerspjūvio matmenis $b_c = h_c = 500 \text{ mm}$.

Kadangi $\alpha_n = 0,182 < \xi_{lim} = 0,56$, armatūros plotus $A_{s1}=A_{s2}$ apskaičiuojame pagal formulę:

$$\begin{aligned} A_{s1} = A_{s2} &= \frac{f_{cd} \cdot b \cdot d}{f_{yd}} \cdot \frac{\alpha_m - \alpha_n \cdot (1 - 0,5 \cdot \alpha_n)}{1 - \frac{a_2}{d}} \\ &= \frac{18 \cdot 500 \cdot 460}{365} \cdot \frac{0,103 - 0,182 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,182)}{1 - \frac{40}{460}} = -773,84 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad (2.649)$$

Gauname, kad armavimas nereikalingas. ρ_1 koeficiento netiksliname, išilginę armatūrą priimame konstrukciškai $3\emptyset 16$ ($A_s = 6,03 \text{ cm}^2$), o skersinę armatūrą imame $\emptyset 6$ S240, žingsniu $20 \cdot d = 20 \cdot 46 = 920 \text{ mm}$, tačiau priimame skersinės armatūros žingsnį $l=300 \text{ mm}$.

KO2 kolonos projektavimas

Reikalingo armatūros kiekio skaičiavimas

Patikrinamas kolonos skerspjūvio plotas:

$$A_c = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} + \mu_s f_{yd}} = \frac{1426,68 \cdot 10^{-3}}{18 + 0,02 \cdot 365} = 0,056 \text{ m}^2 \quad (2.650)$$

Reikiamas kolonos ilgis ir plotis:

$$b_c = h_c = \sqrt{A_c} = \sqrt{0,056} = 0,238 \text{ m} = 238 \text{ mm} \quad (2.651)$$

Priimame prieš tai pasirinktus kolonos skerspjūvio matmenis $b_c = h_c = 500 \text{ mm}$.

Kadangi $\alpha_n = 0,345 < \xi_{lim} = 0,56$, armatūros plotus $A_{s1}=A_{s2}$ apskaičiuojame pagal formulę:

$$\begin{aligned} A_{s1} = A_{s2} &= \frac{f_{cd} \cdot b \cdot d}{f_{yd}} \cdot \frac{\alpha_m - \alpha_n \cdot (1 - 0,5 \cdot \alpha_n)}{1 - \frac{\alpha_n}{d}} \\ &= \frac{18 \cdot 500 \cdot 460}{365} \cdot \frac{0,178 - 0,345 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,345)}{1 - \frac{40}{460}} \\ &= -1341,05 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad (2.652)$$

Gauname, kad armavimas nereikalingas. ρ_1 koeficiento netiksliname, išilginę armatūrą priimame konstrukciškai 3Ø16 ($A_s = 6,03 \text{ cm}^2$), o skersinę armatūrą imame Ø6 S240, žingsniu $20 \cdot d = 20 \cdot 46 = 920 \text{ mm}$, tačiau priimame skersinės armatūros žingsnį $l=300 \text{ mm}$.

K03 kolonos projektavimas

Reikalingo armatūros kiekio skaičiavimas

Patikrinamas kolonos skerspjūvio plotas:

$$A_c = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} + \mu_s f_{yd}} = \frac{525,01 \cdot 10^{-3}}{15 + 0,02 \cdot 365} = 0,024 \text{ m}^2 \quad (2.653)$$

Reikiamas kolonos ilgis ir plotis:

$$b_c = h_c = \sqrt{A_c} = \sqrt{0,024} = 0,154 \text{ m} = 154 \text{ mm} \quad (2.654)$$

Priimame prieš tai pasirinktus kolonos skerspjūvio matmenis $b_c = h_c = 500 \text{ mm}$.

Kadangi $\alpha_n = 0,152 < \xi_{lim} = 0,587$, armatūros plotus $A_{s1}=A_{s2}$ apskaičiuojame pagal formulę:

$$\begin{aligned} A_{s1} = A_{s2} &= \frac{f_{cd} \cdot b \cdot d}{f_{yd}} \cdot \frac{\alpha_m - \alpha_n \cdot (1 - 0,5 \cdot \alpha_n)}{1 - \frac{\alpha_n}{d}} \\ &= \frac{15 \cdot 500 \cdot 460}{365} \cdot \frac{0,158 - 0,152 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,152)}{1 - \frac{40}{460}} = 177,875 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad (2.655)$$

$$\rho = \frac{A_s \cdot 2}{b_c h_c} = \frac{177,857 \cdot 2}{500 \cdot 500} = 0,001 \quad (2.656)$$

$$\rho = 0,001 < \rho_1 = 0,01 \quad (2.657)$$

Kadangi apskaičiuotas armavimas skiriasi nuo pasirinkto, tai patikslinus ρ_1 , apskaičiuojamas naujas armatūros plotas.

Kadangi $\alpha_n = 0,152 < \xi_{lim} = 0,587$, armatūros plotus $A_{s1}=A_{s2}$ apskaičiuojame pagal formulę:

$$\begin{aligned}
A_{s1} = A_{s2} &= \frac{f_{cd} \cdot b \cdot d}{f_{yd}} \cdot \frac{\alpha_m - \alpha_n \cdot (1 - 0,5 \cdot \alpha_n)}{1 - \frac{a_2}{d}} \\
&= \frac{15 \cdot 500 \cdot 460}{365} \cdot \frac{0,17 - 0,152 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,172)}{1 - \frac{40}{460}} = 302,887 \text{ mm}^2 \\
A_{s1} \cdot 1,05 &= 318,031 \text{ mm}^2 = 3,18 \text{ cm}^2
\end{aligned} \tag{2.658}$$

Gauname, kad reikalingas armavimas mažesnis už minimalų konstrukciškai parenkamą, todėl priimame minimalų armavimą pagal konstrukcinius reikalavimus $3\emptyset 16$ ($A_s = 6,03 \text{ cm}^2$), o skersinę armatūrą imame $\emptyset 6$ S240, žingsniu $20 \cdot d = 20 \cdot 46 = 920 \text{ mm}$, tačiau priimame skersinės armatūros žingsnį $l=300 \text{ mm}$.

Gembės skaičiavimas

GEMBĖ užkrauta rėmsiže nr.2

Reikiamas armatūros kiekis:

$$\begin{aligned}
A_s &\geq \frac{V_{Ed} \cdot l_1}{d \cdot f_{yd}} = \frac{312,3 \cdot 10^3 \cdot 200}{460 \cdot 365} = 373 \text{ mm}^2 = 3,73 \text{ cm}^2 \\
A_s \cdot 1,05 &= 392,072 \text{ mm}^2 = 3,92 \text{ cm}^2
\end{aligned} \tag{2.659}$$

Išvada: Priimame armatūros strypus $2\emptyset 16$, $A_s = 4,02 \text{ cm}^2$

KO4 kolonos projektavimas

Reikalingo armatūros kiekio skaičiavimas

Patikrinamas kolonos skerspjūvio plotas:

$$A_c = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} + \mu_s f_{yd}} = \frac{1220,39 \cdot 10^{-3}}{15 + 0,02 \cdot 365} = 0,055 \text{ m}^2 \tag{2.660}$$

Reikiamas kolonos ilgis ir plotis:

$$b_c = h_c = \sqrt{A_c} = \sqrt{0,055} = 0,234 \text{ m} = 234 \text{ mm} \tag{2.661}$$

Priimame prieš tai pasirinktus kolonos skerspjūvio matmenis $b_c = h_c = 500 \text{ mm}$.

Kadangi $\alpha_n = 0,354 < \xi_{lim} = 0,587$, armatūros plotus $A_{s1}=A_{s2}$ apskaičiuojame pagal formulę:

$$\begin{aligned}
A_{s1} = A_{s2} &= \frac{f_{cd} \cdot b \cdot d}{f_{yd}} \cdot \frac{\alpha_m - \alpha_n \cdot (1 - 0,5 \cdot \alpha_n)}{1 - \frac{a_2}{d}} \\
&= \frac{15 \cdot 500 \cdot 460}{365} \cdot \frac{1,004 - 0,354 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,354)}{1 - \frac{40}{460}} = 7403,144 \text{ mm}^2
\end{aligned} \tag{2.662}$$

$$\rho = \frac{A_s \cdot 2}{b_c h_c} = \frac{7403,144 \cdot 2}{500 \cdot 500} = 0,059 \tag{2.663}$$

$$\rho = 0,059 > \rho_1 = 0,01 \quad (2.664)$$

Kadangi apskaičiuotas armavimas skiriasi nuo pasirinkto, tai patikslinus ρ_1 , apskaičiuojamas naujas armatūros plotas.

Kadangi $\alpha_n = 0,152 < \xi_{lim} = 0,587$, armatūros plotus $A_{s1}=A_{s2}$ apskaičiuojame pagal formulę:

$$\begin{aligned} A_{s1} = A_{s2} &= \frac{f_{cd} \cdot b \cdot d}{f_{yd}} \cdot \frac{\alpha_m - \alpha_n \cdot (1 - 0,5 \cdot \alpha_n)}{1 - \frac{\alpha_n}{d}} \\ &= \frac{15 \cdot 500 \cdot 460}{365} \cdot \frac{0,381 - 0,354 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,354)}{1 - \frac{40}{460}} = 931,575 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad (2.665)$$

$$A_{s1} \cdot 1,05 = 978,154 \text{ mm}^2 = 9,78 \text{ cm}^2$$

Gauname, kad reikalingas armavimas $3\emptyset 22$ ($A_s = 11,4 \text{ cm}^2$), o skersinę armatūra imame $\emptyset 6$ S240, žingsniu $20 \cdot d = 20 \cdot 46 = 920 \text{ mm}$, tačiau priimame skersinės armatūros žingsnį $l=300 \text{ mm}$.

Gembės skaičiavimas

GEMBĖ užkrauta rėmsijje nr.2

Reikiamas armatūros kiekis:

$$A_s \geq \frac{V_{Ed} \cdot l_1}{d \cdot f_{yd}} = \frac{609,74 \cdot 10^3 \cdot 200}{460 \cdot 365} = 729 \text{ mm}^2 = 7,29 \text{ cm}^2 \quad (2.666)$$

$$A_s \cdot 1,05 = 765,489 \text{ mm}^2 = 7,65 \text{ cm}^2$$

Išvada: Priimame armatūros strypus $3\emptyset 20$, $A_s = 9,41 \text{ cm}^2$

GEMBĖ užkrauta rėmsijje nr.6

Reikiamas armatūros kiekis:

$$A_s \geq \frac{V_{Ed} \cdot l_1}{d \cdot f_{yd}} = \frac{293,25 \cdot 10^3 \cdot 200}{460 \cdot 365} = 350,625 \text{ mm}^2 = 3,51 \text{ cm}^2 \quad (2.667)$$

$$A_s \cdot 1,05 = 368,156 \text{ mm}^2 = 3,68 \text{ cm}^2$$

Išvada: Priimame armatūros strypus $3\emptyset 14$, $A_s = 4,62 \text{ cm}^2$

K05 kolonos projektavimas

Reikalingo armatūros kiekio skaičiavimas

Patikrinamas kolonos skerspjūvio plotas:

$$A_c = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} + \mu_s f_{yd}} = \frac{434,2 \cdot 10^{-3}}{15 + 0,02 \cdot 365} = 0,019 \text{ m}^2 \quad (2.668)$$

Reikiamas kolonos ilgis ir plotis:

$$b_c = h_c = \sqrt{A_c} = \sqrt{0,019} = 0,14 \text{ m} = 140 \text{ mm} \quad (2.669)$$

Priimame prieš tai pasirinktus kolonos skerspjūvio matmenis $b_c = h_c = 400 \text{ mm}$.

Kadangi $\alpha_n = 0,201 < \xi_{lim} = 0,587$, armatūros plotus $A_{s1}=A_{s2}$ apskaičiuojame pagal formulę:

$$\begin{aligned} A_{s1} = A_{s2} &= \frac{f_{cd} \cdot b \cdot d}{f_{yd}} \cdot \frac{\alpha_m - \alpha_n \cdot (1 - 0,5 \cdot \alpha_n)}{1 - \frac{a_2}{d}} \\ &= \frac{15 \cdot 400 \cdot 360}{365} \cdot \frac{0,275 - 0,201 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,201)}{1 - \frac{40}{360}} = 629,648 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad (2.670)$$

$$\rho = \frac{A_s \cdot 2}{b_c h_c} = \frac{629,648 \cdot 2}{400 \cdot 400} = 0,008 \quad (2.671)$$

$$\rho = 0,008 < \rho_1 = 0,01 \quad (2.672)$$

Kadangi apskaičiuotas armavimas skiriasi nuo pasirinkto, tai patikslinus ρ_1 , apskaičiuojamas naujas armatūros plotas.

Kadangi $\alpha_n = 0,201 < \xi_{lim} = 0,587$, armatūros plotus $A_{s1} = A_{s2}$ apskaičiuojame pagal formulę:

$$\begin{aligned} A_{s1} = A_{s2} &= \frac{f_{cd} \cdot b \cdot d}{f_{yd}} \cdot \frac{\alpha_m - \alpha_n \cdot (1 - 0,5 \cdot \alpha_n)}{1 - \frac{a_2}{d}} \\ &= \frac{15 \cdot 400 \cdot 360}{365} \cdot \frac{0,287 - 0,201 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,201)}{1 - \frac{40}{360}} = 707,856 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad (2.673)$$

$$A_{s1} \cdot 1,05 = 743,249 \text{ mm}^2 = 7,43 \text{ cm}^2$$

Gauname, kad reikalingas armavimas 2Ø22 ($A_s = 7,6 \text{ cm}^2$), o skersinė armatūra Ø6 S240, žingsniu $20 \cdot d = 20 \cdot 36 = 720 \text{ mm}$, tačiau priimame skersinės armatūros žingsnį $l=300 \text{ mm}$.

Gembės skaičiavimas

GEMBĖ užkrauta rėmsyje nr.8

Reikiamas armatūros kiekis:

$$A_s \geq \frac{V_{Ed} \cdot l_1}{d \cdot f_{yd}} = \frac{394,45 \cdot 10^3 \cdot 200}{360 \cdot 365} = 471,625 \text{ mm}^2 = 4,72 \text{ cm}^2 \quad (2.674)$$

$$A_s \cdot 1,05 = 495,206 \text{ mm}^2 = 4,95 \text{ cm}^2$$

Išvada: Priimame armatūros strypus 2Ø18, $A_s = 5,09 \text{ cm}^2$

K06 kolonos projektavimas

Reikalingo armatūros kiekio skaičiavimas

Patikrinamas kolonos skerspjūvio plotas:

$$A_c = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} + \mu_s f_{yd}} = \frac{796,99 \cdot 10^{-3}}{15 + 0,02 \cdot 365} = 0,036 \text{ m}^2 \quad (2.675)$$

Reikiamas kolonos ilgis ir plotis:

$$b_c = h_c = \sqrt{A_c} = \sqrt{0,036} = 0,189 \text{ m} = 189 \text{ mm} \quad (2.676)$$

Priimame prieš tai pasirinktus kolonos skerspjūvio matmenis $b_c = h_c = 400 \text{ mm}$.

Kadangi $\alpha_n = 0,369 < \xi_{lim} = 0,587$, armatūros plotus $A_{s1} = A_{s2}$ apskaičiuojame pagal formulę:

$$\begin{aligned} A_{s1} = A_{s2} &= \frac{f_{cd} \cdot b \cdot d}{f_{yd}} \cdot \frac{\alpha_m - \alpha_n \cdot (1 - 0,5 \cdot \alpha_n)}{1 - \frac{a_2}{d}} \\ &= \frac{15 \cdot 400 \cdot 360}{365} \cdot \frac{0,403 - 0,369 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,369)}{1 - \frac{40}{360}} = 681,942 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad (2.677)$$

$$\rho = \frac{A_s \cdot 2}{b_c h_c} = \frac{681,942 \cdot 2}{400 \cdot 400} = 0,009 \quad (2.678)$$

$$\rho = 0,009 < \rho_1 = 0,01 \quad (2.679)$$

Kadangi apskaičiuotas armavimas skiriasi nuo pasirinkto, tai patikslinus ρ_1 , apskaičiuojamas naujas armatūros plotas.

Kadangi $\alpha_n = 0,369 < \xi_{lim} = 0,587$, armatūros plotus $A_{s1} = A_{s2}$ apskaičiuojame pagal formulę:

$$\begin{aligned} A_{s1} = A_{s2} &= \frac{f_{cd} \cdot b \cdot d}{f_{yd}} \cdot \frac{\alpha_m - \alpha_n \cdot (1 - 0,5 \cdot \alpha_n)}{1 - \frac{a_2}{d}} \\ &= \frac{15 \cdot 400 \cdot 360}{365} \cdot \frac{0,405 - 0,369 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,405)}{1 - \frac{40}{360}} = 697,949 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad (2.680)$$

$$A_{s1} \cdot 1,05 = 732,846 \text{ mm}^2 = 7,33 \text{ cm}^2$$

Gauname, kad reikalingas armavimas 2Ø22 ($A_s = 7,6 \text{ cm}^2$), skersinė armatūra Ø6 S240, žingsniu $20 \cdot d = 20 \cdot 36 = 720 \text{ mm}$, tačiau priimame skersinės armatūros žingsnį $l=300 \text{ mm}$.

Poliaus po K01 projektavimas **Polinio pamato laikančiosios galios skaičiavimas**

Laikomoji poliaus pado galia:

$$q_{b,cal17} = \alpha_p \cdot \beta \cdot s \cdot q_c = 1,0 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 12,2 = 12,2 \text{ MPa} \quad (2.681)$$

$$q_{s,cal17} = \alpha_s \cdot q_c = 0,03 \cdot 12,2 = 0,366 \text{ MPa} \quad (2.682)$$

β – poliaus pado formą $\beta = 1,0$ [11]

$\alpha_s = 0,03$ [12]

α_p – polio klasės rodiklis $\alpha_p = 1,0$ (spraustiniams poliams) [11]

s – poliaus pado formą įvertinantis rodiklis

$$s = \frac{\left(1 + \frac{\sin\varphi'}{L/B}\right)}{\left(1 + \sin\varphi'\right)} = \frac{\left(1 + \frac{\sin 30^\circ}{1}\right)}{\left(1 + \sin 30^\circ\right)} = 1 \quad (2.683)$$

Poliaus pado ir šoninio paviršiaus laikomosios galios charakteristiniai stipriai trinčiai:

$$q_{b,k} = \frac{q_{b,cal17}}{\xi_3} = \frac{12,2}{1,4} = 8,714 \text{ MPa} \quad (2.684)$$

$$q_{s,k17} = \frac{q_{s,cal17}}{\xi_3} = \frac{0,366}{1,4} = 0,261 \text{ MPa} \quad (2.685)$$

ξ_3 – koreliacijos koeficientas priklausantis nuo statinio zondavimo vietų skaičiaus $\xi_3 = 1,4$ [11]

Charakteristinės laikomosios galios poliaus $\varnothing 450$ vertės:

$$R_{b,k} = A_b \cdot q_{b,k} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot q_{b,k} = \frac{3,14 \cdot 450^2}{4} \cdot 8,714 = 1385199,23 \text{ N} = 1385,2 \text{ kN} \quad (2.686)$$

$$R_{s,k} = \sum (A_{s,i} \cdot q_{s,k,i}) = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h_i \cdot q_{s,ki} = 2 \cdot 3,14 \cdot 450 \cdot 1000 \cdot 0,261 = 737586 \text{ N} = 737,586 \text{ kN} \quad (2.687)$$

Skaičiuotinės laikomosios galios poliaus $\varnothing 450$ vertės:

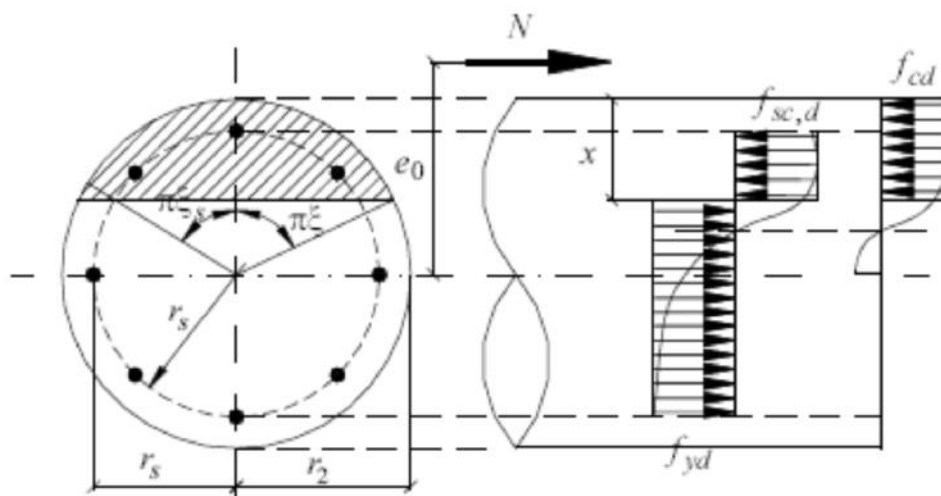
$$R_{b,d} = \frac{R_{b,k}}{\gamma_b} = \frac{1385,2}{1,1} = 1259,273 \text{ kN} \quad R_{s,d} = \frac{R_{s,k}}{\gamma_s} = \frac{737,586}{1,35} = 547,1007 \text{ kN} \quad (2.688)$$

γ_b, γ_s – daliniai koeficientai polio pado ir polio kamieno šoninio paviršiaus laikomajai galiai $\gamma_b = 1,1$ $\gamma_s = 1,35$ [11]

Skaičiuotinė poliaus laikomoji galia:

$$R_{c,d} = R_{b,d} + R_{s,d} = 1259,273 + 547,101 = 1806,374 \text{ kN} > V_{c,d} = 870,746 \text{ kN} \quad (2.689)$$

Gręžtinio polio armavimas



Ekscentriškai gniuždomų apvalaus skerspjūvio elementų skaičiuojamoji schema

2.5. pav. Ekscentriškai gniuždomų apvalaus skerspjūvio elementų skaičiuojamoji schema [11]

Skaičiuojamasis betono stipris:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck} \cdot 0,9}{1,5} = 18 \text{ MPa} \quad (2.690)$$

Armatūros skersmuo $d_a = 14 \text{ mm}$, o bendras armatūros plotas $A_{s,tot} = 1231 \text{ mm}^2$

Apsauginis betono sluoksnis $a = 0,06 \text{ m}$

Polio skersmuo $d_p = 0,45 \text{ m}$

Atstumas nuo skerspjūvio krašto iki armatūros centro

$$r_s = \frac{d_p}{2} - a = \frac{0,45}{2} - 0,065 = 0,16 \text{ m} \quad (2.691)$$

Polio apskritimo spindulys

$$r_2 = \frac{d_p}{2} = \frac{0,45}{2} = 0,225 \text{ m} \quad (2.692)$$

Santykinis gniuždomos zonos aukštis:

Iš pradžių priimame $\xi = 0,41506$

$$\xi_s = \frac{\cos^{-1}\left(\frac{r_2}{r_s} \cdot \cos \pi \cdot \xi\right)}{\pi} = \frac{\cos^{-1}\left(\frac{0,225}{0,16} \cdot \cos \pi \cdot 0,41506\right)}{\pi} = 0,37896 = k \cdot \xi \quad (2.693)$$

$$k = \frac{\xi_s}{\xi} = \frac{0,37896}{0,41506} = 0,91303 \quad (2.694)$$

$$\xi = \frac{0,4 \cdot f_{cd} \cdot A + f_{yd} \cdot A_s + N}{1,8 \cdot f_{cd} \cdot A + k \cdot (f_{yd} + f_{sc,d}) \cdot A_s} = \frac{0,4 \cdot 18 \cdot 0,159 + 450 \cdot 1231 \cdot 10^{-9} + 859,063 \cdot 10^{-3}}{1,8 \cdot 18 \cdot 0,159 + 0,91303 \cdot (450 + 450) \cdot 1231 \cdot 10^{-9}} = 0,41506 \quad (2.695)$$

$$A - \text{polio skerspjūvio plotas} \quad A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 450^2}{4} = 158962,5 \text{ mm}^2 = 0,159 \text{ m}^2 \quad (2.696)$$

Poliaus atlaikomas lenkimo momentas

$$M = \frac{2}{3} \cdot (f_{cd} \cdot r_2^3 \cdot \sin^3 \pi \cdot \xi) + (f_{yd} + f_{sc,d}) \cdot A_s \cdot r_s \cdot \frac{\sin \pi \cdot \xi}{\pi} = \frac{2}{3} \cdot (18 \cdot 0,225^3 \cdot \sin^3 \pi \cdot 0,41506) + (450 + 450) \cdot 1231 \cdot 10^{-9} \cdot 0,16 \cdot \frac{\sin \pi \cdot 0,41506}{\pi} = 122,65 \text{ kNm} \quad (2.697)$$

Dėl leistinos nuokrypos (0,1 m) gauname momentą

$$M_d = N \cdot 0,1 = 870,746 \cdot 0,1 = 87,075 \text{ kNm} < M = 122,65 \text{ kNm} \quad (2.698)$$

Gręžtinio polio sėdimų skaičiavimas

Suminis pamato nuosėdis:

$$s = \frac{p \cdot B \cdot f}{E_m} = \frac{5,476 \cdot 0,45 \cdot 0,75}{57} = 0,03 \text{ m} < 0,08 \text{ m sąlyga tenkinama} \quad (2.699)$$

f – nuosėdžio koeficientas

$$f = 0,75 \cdot \left(1 + \log \frac{L}{B}\right) = 0,75 \quad (2.700)$$

p – pasiskirstęs slėgis pamato pado

$$p = \frac{N}{A} = \frac{870,746}{0,159} = 5476,39 \text{ kPa} = 5,476 \text{ MPa} \quad (2.701)$$

Pado plokštė

Armatūros tinklo skaičiavimas

Didžiausias pamatą veikiantis lenkimo momentas:

$$M_{Ed} = q_2 \cdot \frac{B}{2} \cdot \frac{B}{4} = 1024,407 \cdot \frac{0,85}{2} \cdot \frac{0,85}{4} = 92,517 \text{ kNm} \quad (2.702)$$

Reikiamas armatūros skerspjūvio plotas:

$$A_s = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot x}{f_{yd}} = \frac{1 \cdot 18 \cdot 0,85 \cdot 10^3 \cdot 0,024 \cdot 10^3}{450} \quad (2.703)$$

$$= 647,4 \text{ mm}^2$$

Armatūros skerspjūvio plotas padidinamas $A_s = 6,47 \cdot 1,05 = 6,8 \text{ cm}^2$

Strypų skaičius skerspjūvyje:

$$n = \frac{B}{z} = \frac{0,85}{0,15} = 5,7 \text{ strypų} \quad (2.704)$$

z - armatūros išdėstymo žingsnis, priimama 150 mm.

1 strypo skerspjūvio plotas:

$$A = \frac{A_s}{n} = \frac{6,8}{6} = 1,13 \text{ cm}^2 \quad (2.705)$$

Prenkame 6Ø12 mm skersmens strypus $A = 1,131 \text{ cm}^2$

Tinklo apatinės žemiau esančios armatūros skerspjūvio ploto skaičiavimas:

Reikiamas armatūros skerspjūvio plotas:

$$A_s = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot x}{f_{yd}} = \frac{1 \cdot 18 \cdot 0,85 \cdot 10^3 \cdot 0,014 \cdot 10^3}{450} \quad (2.706)$$

$$= 673,9 \text{ mm}^2$$

Armatūros skerspjūvio plotas padidinamas $A_s = 673,9 \cdot 1,05 = 7,08 \text{ cm}^2$

Strypų skaičius skerspjūvyje:

$$n = \frac{B}{z} = \frac{0,85}{0,15} = 5,7 \text{ strypus} \quad (2.707)$$

z - armatūros išdėstymo žingsnis, priimama 150 mm.

1 strypo skerspjūvio plotas:

$$A = \frac{A_s}{n} = \frac{7,08}{5} = 1,42 \text{ cm}^2 \quad (2.708)$$

Prenkame 6Ø12 mm skersmens strypus $A = 1,131 \text{ cm}^2$

Stiprumo praspaudimui apskaičiavimas

Maksimalūs kirpimo įtempiai apskaičiuojami pagal formulę:

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_i \cdot d} = 1,029 \cdot \frac{870,746}{1,413 \cdot 0,324} = 1956,58 \text{ kPa} \quad (2.709)$$

Tikriname sąlygą:

$$v_{Ed} = 1956,58 \text{ kPa} < v_{Rd,max} = 4752 \text{ kPa}$$

Išvada: Sąlyga yra tenkinama. Pamato praspaudžiamasis stipris pakankamas.

Apskaičiavimas glemžimui

Poliaus glemžimo plotas:

$$A_{c0} = \frac{\pi \cdot 450^2}{4} = 159043,13 \text{ mm}^2 \quad (2.710)$$

$$A_{c1} = (d + 2a)(d + 2b) = 850 \cdot 850 = 722500 \text{ mm}^2 \quad (2.711)$$

Betono gniuždomasis (glemžiamasis) stipris f_{cud} apskaičiuojamas:

$$f_{cud} = \alpha \cdot w_u \cdot f_{cd} = 0,85 \cdot 1,91 \cdot 18 = 29,148 \text{ N/mm}^2 \quad (2.712)$$

α – koeficientas, įvertinantis ilg. apkrovos poveikį, jos netinkamiausią pridėjimą ($\alpha = 0,85$) [4]

Tikriname stiprumo sąlygą:

$$N_{Rd} = \alpha_u \cdot f_{cud} \cdot A_{c0} = 1 \cdot 29,148 \cdot 10^{-3} \cdot 159043,13 = 4635,809 \text{ kN} > N_{Ed} = 870,7546 \text{ kN} \quad (2.713)$$

Išvada: sąlyga yra tenkinama, stiprumas pakankamas.

Poliaus po KO2 projektavimas

Polinio pamato laikančiosios galios skaičiavimas

Laikomoji poliaus pado galia:

$$q_{b,cal17} = \alpha_p \cdot \beta \cdot s \cdot q_c = 1,0 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 12,2 = 12,2 \text{ MPa} \quad (2.714)$$

$$q_{s,cal17} = \alpha_s \cdot q_c = 0,03 \cdot 12,2 = 0,366 \text{ MPa} \quad (2.715)$$

Poliaus pado ir šoninio paviršiaus laikomosios galios charakteristiniai stipriai trinčiai:

$$q_{b,k} = \frac{q_{b,cal17}}{\xi_3} = \frac{12,2}{1,4} = 8,714 \text{ MPa} \quad (2.716)$$

$$q_{s,k17} = \frac{q_{s,cal17}}{\xi_3} = \frac{0,366}{1,4} = 0,261 \text{ MPa} \quad (2.717)$$

Charakteristinės laikomosios galios poliaus $\emptyset 450$ vertės:

$$R_{b,k} = A_b \cdot q_{b,k} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot q_{b,k} = \frac{3,14 \cdot 450^2}{4} \cdot 8,714 = 1385199,23 \text{ N} = 1385,2 \text{ kN} \quad (2.718)$$

$$R_{s,k} = \sum (A_{s,i} \cdot q_{s,k,i}) = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h_i \cdot q_{s,ki} = 2 \cdot 3,14 \cdot 450 \cdot 1000 \cdot 0,261 = 737586 \text{ N} = 737,586 \text{ kN} \quad (2.719)$$

Skaičiuotinės laikomosios galios poliaus $\emptyset 450$ vertės:

$$R_{b,d} = \frac{R_{b,k}}{\gamma_b} = \frac{1385,2}{1,1} = 1259,273 \text{ kN} \quad R_{s,d} = \frac{R_{s,k}}{\gamma_s} = \frac{737,586}{1,35} = 547,101 \text{ kN} \quad (2.720)$$

Skaičiuotinė poliaus laikomoji galia:

$$R_{c,d} = R_{b,d} + R_{s,d} = 1259,273 + 547,101 = 1806,374 \text{ kN} > V_{c,d} = 1614,88 \text{ kN} \quad (2.721)$$

Gręžtinio polio armavimas

Armatūros skersmuo $d_a = 14 \text{ mm}$, o bendras armatūros plotas $A_{s,tot} = 1231 \text{ mm}^2$

$$r_s = \frac{d_p}{2} - a = \frac{0,45}{2} - 0,065 = 0,16 \text{ m} \quad (2.722)$$

$$r_2 = \frac{d_p}{2} = \frac{0,45}{2} = 0,225 \text{ m} \quad (2.723)$$

Iš pradžių priimame $\xi = 0,52747$

$$\xi_s = \frac{\cos^{-1}\left(\frac{r_2}{r_s} \cdot \cos \pi \cdot \xi\right)}{\pi} = \frac{\cos^{-1}\left(\frac{0,225}{0,16} \cdot \cos \pi \cdot 0,52747\right)}{\pi} = 0,53857 = k \cdot \xi \quad (2.724)$$

$$k = \frac{\xi_s}{\xi} = \frac{0,53857}{0,52747} = 1,02105 \quad (2.725)$$

$$\xi = \frac{0,4 \cdot f_{cd} \cdot A + f_{yd} \cdot A_s + N}{1,8 \cdot f_{cd} \cdot A + k \cdot (f_{yd} + f_{sc,d}) \cdot A_s} = \frac{0,4 \cdot 18 \cdot 0,159 + 450 \cdot 1231 \cdot 10^{-9} + 1614,88 \cdot 10^{-3}}{1,8 \cdot 18 \cdot 0,159 + 1,02105 \cdot (450 + 450) \cdot 1231 \cdot 10^{-9}} = 0,52747 \quad (2.726)$$

$$A - \text{polio skerspjūvio plotas} \quad A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 450^2}{4} = 158962,5 \text{ mm}^2 = 0,159 \text{ m}^2 \quad (2.727)$$

Poliaus atlaikomas lenkimo momentas

$$M = \frac{2}{3} \cdot (f_{cd} \cdot r_2^3 \cdot \sin^3 \pi \cdot \xi) + (f_{yd} + f_{sc,d}) \cdot A_s \cdot r_s \cdot \frac{\sin \pi \cdot \xi}{\pi} = \frac{2}{3} \cdot (18 \cdot 0,225^3 \cdot \sin^3 \pi \cdot 0,52747) + (450 + 450) \cdot 1231 \cdot 10^{-9} \cdot 0,16 \cdot \frac{\sin \pi \cdot 0,41506}{\pi} = 135,234 \text{ kNm} \quad (2.728)$$

Dėl leistinos nuokrypos (0,1 m) gauname momentą

$$M_d = N \cdot 0,1 = 1618,88 \cdot 0,1 = 161,9 \text{ kNm} < M = 135,234 \text{ kNm} \quad (2.729)$$

Gręžtinio polio sėdimų skaičiavimas

Suminis pamato nuosėdis:

$$s = \frac{p \cdot B \cdot f}{E_m} = \frac{10,157 \cdot 0,45 \cdot 0,75}{57} = 0,06 \text{ m} < 0,08 \text{ m sąlyga tenkinama} \quad (2.730)$$

$$f = 0,75 \cdot \left(1 + \log \frac{L}{B}\right) = 0,75 \quad (2.731)$$

$$p = \frac{N}{A} = \frac{1614,88}{0,159} = 10156,5 \text{ kPa} = 10,157 \text{ MPa} \quad (2.732)$$

Pado plokštė

Armatūros tinklo skaičiavimas

Didžiausias pamatą veikiantis lenkimo momentas:

$$M_{Ed} = q_2 \cdot \frac{B}{2} \cdot \frac{B}{4} = 1899,86 \cdot \frac{0,85}{2} \cdot \frac{0,85}{4} = 171,581 \text{ kNm} \quad (2.733)$$

$$\text{Reikiamas armatūros skerspjūvio plotas:} \quad A_s = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot x}{f_{yd}} = \frac{1 \cdot 18 \cdot 0,85 \cdot 10^3 \cdot 0,046 \cdot 10^3}{450} = 1243,64 \text{ mm}^2 \quad (2.734)$$

Armatūros skerspjūvio plotas padidinamas $A_s = 12,44 \cdot 1,05 = 13,06 \text{ cm}^2$

$$\text{Strypų skaičius skerspjūvyje:} \quad n = \frac{B}{z} = \frac{0,85}{0,1} = 8,5 \text{ strypų} \quad (2.735)$$

z - armatūros išdėstymo žingsnis, priimama 100 mm.

1 strypo skerspjūvio plotas:
$$A = \frac{A_s}{n} = \frac{13,06}{9} = 1,45 \text{ cm}^2 \quad (2.736)$$

Parenkame 9Ø16 mm skersmens strypus $A = 2,011 \text{ cm}^2$

Tinklo apatinės žemiau esančios armatūros skerspjūvio ploto skaičiavimas:

Reikiamas armatūros skerspjūvio plotas:
$$A_s = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot x}{f_{yd}} = \frac{1 \cdot 18 \cdot 0,85 \cdot 10^3 \cdot 0,049 \cdot 10^3}{450} = 1317,9 \text{ mm}^2 \quad (2.737)$$

Armatūros skerspjūvio plotas $A_s = 1317,9 \cdot 1,05 = 13,84 \text{ cm}^2$

Strypų skaičius skerspjūvyje:
$$n = \frac{B}{z} = \frac{0,85}{0,1} = 8,5 \text{ strypus} \quad (2.738)$$

z - armatūros išdėstymo žingsnis, priimama 100 mm.

1 strypo skerspjūvio plotas:
$$A = \frac{A_s}{n} = \frac{13,84}{9} = 1,54 \text{ cm}^2 \quad (2.739)$$

Parenkame 9Ø16 mm skersmens strypus $A = 2,011 \text{ cm}^2$

Stiprumo praspaudimui apskaičiavimas

Maksimalūs kirpimo įtempiai apskaičiuojami pagal formulę:

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_i \cdot d} = 1,01 \cdot \frac{1614,88}{1,414 \cdot 0,322} = 3583,846 \text{ kPa} \quad (2.740)$$

Tikriname sąlygą:

$$v_{Ed} = 3583,846 \text{ kPa} < v_{Rd,max} = 4752 \text{ kPa}$$

Išvada: Sąlyga yra tenkinama. Pamato praspaudžiamasis stipris pakankamas.

Apskaičiavimas glemžimui

Poliaus glemžimo plotas:

$$A_{c0} = \frac{\pi \cdot 450^2}{4} = 159043,13 \text{ mm}^2 \quad (2.741)$$

Betono gniuždomasis (glemžiamasis) stipris f_{cud} apskaičiuojamas:

$$f_{cud} = \alpha \cdot w_u \cdot f_{cd} = 0,85 \cdot 1,91 \cdot 18 = 29,148 \text{ N/mm}^2 \quad (2.742)$$

Tikriname stiprumo sąlygą:

$$N_{Rd} = \alpha_u \cdot f_{cud} \cdot A_{c0} = 1 \cdot 29,148 \cdot 10^{-3} \cdot 159043,13 = 4635,809 \text{ kN} > N_{Ed} = 1614,88 \text{ kN} \quad (2.743)$$

Išvada: sąlyga yra tenkinama, stiprumas pakankamas.

Poliaus po K03 projektavimas

Polinio pamato laikinės galios skaičiavimas

Laikomoji poliaus pado galia:

$$q_{b,cal12} = \alpha_p \cdot \beta \cdot s \cdot q_c = 1,0 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 6,1 = 6,1 \text{ MPa} \quad (2.744)$$

$$q_{s,cal12} = \alpha_s \cdot q_c = 0,03 \cdot 6,1 = 0,183 \text{ MPa} \quad (2.745)$$

Poliaus pado ir šoninio paviršiaus laikomosios galios charakteristiniai stipriai trinčiai:

$$q_{b,k12} = \frac{q_{b,cal12}}{\xi_3} = \frac{6,1}{1,4} = 4,357 \text{ MPa} \quad (2.746)$$

$$q_{s,k12} = \frac{q_{s,cal12}}{\xi_3} = \frac{0,183}{1,4} = 0,131 \text{ MPa} \quad (2.747)$$

Charakteristinės laikomosios galios poliaus Ø350 vertės

$$R_{b,k} = A_b \cdot q_{b,k12} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot q_{b,k} = \frac{3,14 \cdot 350^2}{4} \cdot 4,357 = 418980,01 \text{ N} = 418,980 \text{ kN} \quad (2.748)$$

$$R_{s,k} = \sum (A_{s,i} \cdot q_{s,k,i}) = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h_i \cdot q_{s,ki} = 2 \cdot 3,14 \cdot 350 \cdot 1860 \cdot 0,131 = 535564,7 \text{ N} = 535,565 \text{ kN} \quad (2.749)$$

Skaičiuotinės laikomosios galios poliaus Ø350 vertės:

$$R_{b,d} = \frac{R_{b,k}}{\gamma_b} = \frac{418,980}{1,1} = 380,891 \text{ kN} \quad R_{s,d} = \frac{R_{s,k}}{\gamma_s} = \frac{535,565}{1,35} = 396,715 \text{ kN} \quad (2.750)$$

Skaičiuotinė poliaus laikomoji galia:

$$R_{c,d} = R_{b,d} + R_{s,d} = 380,891 + 396,715 = 777,606 \text{ kN} > V_{c,d} = 536,75 \text{ kN} \quad (2.751)$$

Gręžtinio polio armavimas

Armatūros skersmuo $d_a = 14 \text{ mm}$, o bendras armatūros plotas $A_{s,tot} = 923 \text{ mm}^2$

$$r_s = \frac{d_p}{2} - a = \frac{0,35}{2} - 0,065 = 0,11 \text{ m} \quad (2.752)$$

$$r_2 = \frac{d_p}{2} = \frac{0,35}{2} = 0,175 \text{ m} \quad (2.753)$$

Iš pradžių priimame $\xi = 0,42627$

$$\xi_s = \frac{\cos^{-1} \left(\frac{r_2}{r_s} \cdot \cos \pi \cdot \xi \right)}{\pi} = \frac{\cos^{-1} \left(\frac{0,175}{0,11} \cdot \cos \pi \cdot 0,42627 \right)}{\pi} = 0,38083 = k \cdot \xi \quad (2.754)$$

$$k = \frac{\xi_s}{\xi} = \frac{0,38083}{0,42627} = 0,8934 \quad (2.755)$$

$$\xi = \frac{0,4 \cdot f_{cd} \cdot A + f_{yd} \cdot A_s + N}{1,8 \cdot f_{cd} \cdot A + k \cdot (f_{yd} + f_{sc,d}) \cdot A_s} = \frac{0,4 \cdot 18 \cdot 0,096 + 450 \cdot 923 \cdot 10^{-9} + 536,75 \cdot 10^{-3}}{1,8 \cdot 18 \cdot 0,096 + 0,8934 \cdot (450 + 450) \cdot 923 \cdot 10^{-9}} = 0,42627 \quad (2.756)$$

A - polio skerspjūvio plotas

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 350^2}{4} = 96162,5 \text{ mm}^2 = 0,096 \text{ m}^2 \quad (2.757)$$

Poliaus atlaikomas lenkimo momentas

$$M = \frac{2}{3} \cdot (f_{cd} \cdot r_2^3 \cdot \sin^3 \pi \cdot \xi) + (f_{yd} + f_{sc,d}) \cdot A_s \cdot r_s \cdot \frac{\sin \pi \cdot \xi}{\pi} = \frac{2}{3} \cdot (18 \cdot 0,175^3 \cdot \sin^3 \pi \cdot 0,42627) + (450 + 450) \cdot 923 \cdot 10^{-9} \cdot 0,11 \cdot \frac{\sin \pi \cdot 0,42627}{\pi} = 59,287 \text{ kNm} \quad (2.758)$$

Dėl leistinos nuokrypos (0,1 m) gauname momentą

$$M_d = N \cdot 0,1 = 536,75 \cdot 0,1 = 53,68 \text{ kNm} < M = 59,287 \text{ kNm} \quad (2.759)$$

Gręžtinio polio sėdimų skaičiavimas

Suminis pamato nuosėdis:

$$s = \frac{p \cdot B \cdot f}{E_m} = \frac{5,591 \cdot 0,35 \cdot 0,75}{28} = 0,05 \text{ m} < 0,08 \text{ m sąlyga tenkinama} \quad (2.760)$$

$$f = 0,75 \cdot \left(1 + \log \frac{L}{B}\right) = 0,75 \quad (2.761)$$

$$p = \frac{N}{A} = \frac{536,75}{0,096} = 5591,15 \text{ kPa} = 5,591 \text{ MPa} \quad (2.762)$$

Pado plokštė

Armatūros tinklo skaičiavimas

Didžiausias pamatą veikiantis lenkimo momentas:

$$M_{Ed} = q_2 \cdot \frac{B}{2} \cdot \frac{B}{4} = 825,769 \cdot \frac{0,65}{2} \cdot \frac{0,65}{4} = 43,611 \text{ kNm} \quad (2.763)$$

Reikiamas armatūros skerspjūvio plotas:

$$A_s = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot x}{f_{yd}} = \frac{1 \cdot 18 \cdot 0,65 \cdot 10^3 \cdot 0,015 \cdot 10^3}{450} = 301,577 \text{ mm}^2 \quad (2.764)$$

Armatūros skerspjūvio plotas padidinamas $A_s = 3,016 \cdot 1,05 = 3,167 \text{ cm}^2$

Strypų skaičius skerspjūvyje:

$$n = \frac{B}{z} = \frac{0,65}{0,15} = 4,333 \text{ strypo} \quad (2.765)$$

z - armatūros išdėstymo žingsnis, priimama 150 mm.

1 strypo skerspjūvio plotas:

$$A = \frac{A_s}{n} = \frac{3,167}{5} = 0,633 \text{ cm}^2 \quad (2.766)$$

Parenkame 5Ø12 mm skersmens strypus $A = 1,131 \text{ cm}^2$

Tinklo apatinės žemiau esančios armatūros skerspjūvio ploto skaičiavimas:

Reikiamas armatūros skerspjūvio plotas:

$$A_s = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot x}{f_{yd}} = \frac{1 \cdot 18 \cdot 0,65 \cdot 10^3 \cdot 0,015 \cdot 10^3}{450} = 313,638 \text{ mm}^2 \quad (2.767)$$

Armatūros skerspjūvio plotas padidinamas $A_s = 313,638 \cdot 1,05 = 3,293 \text{ cm}^2$

Strypų skaičius
skerspjūvyje:
$$n = \frac{B}{z} = \frac{0,65}{0,15} = 4,333 \text{ strypus} \quad (2.768)$$

z - armatūros išdėstymo žingsnis, priimama 150 mm.

1 strypo skerspjūvio
plotas:
$$A = \frac{A_s}{n} = \frac{3,293}{5} = 0,659 \text{ cm}^2 \quad (2.769)$$

Parenkame 5Ø12 mm skersmens strypus $A = 0,659 \text{ cm}^2$

Stiprumo praspaudimui apskaičiavimas

$$v_{Ed} < v_{Rd,max} \quad (2.770)$$

Maksimalūs kirpimo įtempiai apskaičiuojami pagal formulę:

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_i \cdot d} = 1,015 \cdot \frac{536,75}{1,1 \cdot 0,324} = 1529,694 \text{ kPa} \quad (2.771)$$

Tikriname sąlygą:

$$v_{Ed} = 1529,694 \text{ kPa} < v_{Rd,max} = 4752 \text{ kPa}$$

Išvada: Sąlyga yra tenkinama. Pamato praspaudžiamasis stipris pakankamas.

Apskaičiavimas glemžimui

Poliaus glemžimo plotas:

$$A_{c0} = \frac{\pi \cdot 350^2}{4} = 96162,5 \text{ mm}^2 \quad (2.772)$$

Betono gniuždomasis (glemžiamasis) stipris f_{cud} apskaičiuojamas:

$$f_{cud} = \alpha \cdot w_u \cdot f_{cd} = 0,85 \cdot 2,023 \cdot 18 = 30,945 \text{ N/mm}^2 \quad (2.773)$$

Tikriname stiprumo sąlygą:

$$N_{Rd} = \alpha_u \cdot f_{cud} \cdot A_{c0} = 1 \cdot 30,945 \cdot 10^{-3} \cdot 96162,5 = 2977,221 \text{ kN} > N_{Ed} = 536,75 \text{ kN} \quad (2.774)$$

Poliaus po KO4 projektavimas

Polinio pamato laikanchiosios galios skaičiavimas

Laikomoji poliaus pado galia:

$$q_{b,cal17} = \alpha_p \cdot \beta \cdot s \cdot q_c = 1,0 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 18,9 = 18,9 \text{ MPa} \quad (2.775)$$

$$q_{s,cal12} = \alpha_s \cdot q_c = 0,03 \cdot 6,1 = 0,183 \text{ MPa} \quad (2.776)$$

$$q_{s,cal17} = \alpha_s \cdot q_c = 0,03 \cdot 18,9 = 0,567 \text{ MPa}$$

Poliaus pado ir šoninio paviršiaus laikomosios galios charakteristiniai stipriai trinčiai:

$$q_{b,k17} = \frac{q_{b,cal17}}{\xi_3} = \frac{18,9}{1,4} = 13,5 \text{ MPa} \quad (2.777)$$

$$q_{s,k12} = \frac{q_{s,cal12}}{\xi_3} = \frac{0,183}{1,4} = 0,131 \text{ MPa} \quad (2.778)$$

$$q_{s,k17} = \frac{q_{s,cal17}}{\xi_3} = \frac{0,567}{1,4} = 0,405 \text{ MPa} \quad (2.779)$$

Charakteristinės laikomosios galios poliaus Ø450 vertės:

$$R_{b,k} = A_b \cdot q_{b,k12} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot q_{b,k} = \frac{3,14 \cdot 450^2}{4} \cdot 13,5 = 2145993,8 \text{ N} = 2145,994 \text{ kN} \quad (2.780)$$

$$R_{s,k} = \sum (A_{s,i} \cdot q_{s,k,i}) = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h_i \cdot q_{s,ki} \\ = 2 \cdot 3,14 \cdot 450 \cdot (1860 \cdot 0,131 + 240 \cdot 0,405) = 963270,4 \text{ N} \\ = 963,270 \text{ kN} \quad (2.781)$$

Skaičiuotinės laikomosios galios poliaus Ø450 vertės:

$$R_{b,d} = \frac{R_{b,k}}{\gamma_b} = \frac{2145,994}{1,1} = 1959,085 \text{ kN} \quad R_{s,d} = \frac{R_{s,k}}{\gamma_s} = \frac{963,270}{1,35} = 713,53 \text{ kN} \quad (2.782)$$

Skaičiuotinė poliaus laikomoji galia:

$$R_{c,d} = R_{b,d} + R_{s,d} = 1959,085 + 713,53 = 2672,615 \text{ kN} > V_{c,d} \\ = 1241,41 \text{ kN} \quad (2.783)$$

Armatūros skersmuo $d_a = 14 \text{ mm}$, o bendras armatūros plotas $A_{s,tot} = 1231 \text{ mm}^2$

$$r_s = \frac{d_p}{2} - a = \frac{0,45}{2} - 0,065 = 0,16 \text{ m} \quad (2.784)$$

$$r_2 = \frac{d_p}{2} = \frac{0,45}{2} = 0,225 \text{ m} \quad (2.785)$$

Iš pradžių priimame $\xi = 0,47181$

$$\xi_s = \frac{\cos^{-1} \left(\frac{r_2}{r_s} \cdot \cos \pi \cdot \xi \right)}{\pi} = \frac{\cos^{-1} \left(\frac{0,225}{0,16} \cdot \cos \pi \cdot 0,47181 \right)}{\pi} = 0,46021 = k \cdot \xi \quad (2.786)$$

$$k = \frac{\xi_s}{\xi} = \frac{0,46021}{0,47181} = 0,97540 \quad (2.787)$$

$$\xi = \frac{0,4 \cdot f_{cd} \cdot A + f_{yd} \cdot A_s + N}{1,8 \cdot f_{cd} \cdot A + k \cdot (f_{yd} + f_{sc,d}) \cdot A_s} = \frac{0,4 \cdot 18 \cdot 0,159 + 450 \cdot 1231 \cdot 10^{-9} + 1241,415 \cdot 10^{-3}}{1,8 \cdot 18 \cdot 0,159 + 0,97540 \cdot (450 + 450) \cdot 1231 \cdot 10^{-9}} = 0,47181 \quad (2.788)$$

$$A - \text{polio skerspjūvio plotas} \quad A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 450^2}{4} = 158962,5 \text{ mm}^2 = \\ 0,159 \text{ m}^2 \quad (2.789)$$

Poliaus atlaikomas lenkimo momentas

$$M = \frac{2}{3} \cdot (f_{cd} \cdot r_2^3 \cdot \sin^3 \pi \cdot \xi) + (f_{yd} + f_{sc,d}) \cdot A_s \cdot r_s \cdot \frac{\sin \pi \cdot \xi}{\pi} = \frac{2}{3} \cdot (18 \cdot 0,225^3 \cdot \\ \sin^3 \pi \cdot 0,47181) + (450 + 450) \cdot 1231 \cdot 10^{-9} \cdot 0,16 \cdot \frac{\sin \pi \cdot 0,47181}{\pi} = \\ 135,098 \text{ kNm} \quad (2.790)$$

Dėl leistinos nuokrypos (0,1 m) gauname momentą

$$M_d = N \cdot 0,1 = 1241,415 \cdot 0,1 = 124,14 \text{ kNm} < M = 135,098 \text{ kNm} \quad (2.791)$$

Gręžtinio polio sėdimų skaičiavimas

Suminis pamato nuosėdis:

$$s = \frac{p \cdot B \cdot f}{E_m} = \frac{7,808 \cdot 0,45 \cdot 0,75}{63} = 0,04 \text{ m} < 0,08 \text{ m sąlyga tenkinama} \quad (2.792)$$

$$f = 0,75 \cdot \left(1 + \log \frac{L}{B}\right) = 0,75 \quad (2.793)$$

$$p = \frac{N}{A} = \frac{1241,41}{0,159} = 7807,61 \text{ kPa} = 7,808 \text{ MPa} \quad (2.794)$$

Pado plokštė**Armatūros tinklo skaičiavimas****Didžiausias pamatą veikiantis lenkimo momentas:**

$$M_{Ed} = q_2 \cdot \frac{B}{2} \cdot \frac{B}{4} = 1718,215 \cdot \frac{0,85}{2} \cdot \frac{0,85}{4} = 155,176 \text{ kNm} \quad (2.795)$$

Reikiamas armatūros skerspjūvio plotas:

$$A_s = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot x}{f_{yd}} = \frac{1 \cdot 18 \cdot 0,85 \cdot 10^3 \cdot 0,041 \cdot 10^3}{450} \quad (2.796)$$

$$= 1113,998 \text{ mm}^2$$

Armatūros skerspjūvio plotas padidinamas $A_s = 11,14 \cdot 1,05 = 11,697 \text{ cm}^2$

Strypų skaičius skerspjūvyje:

$$n = \frac{B}{z} = \frac{0,85}{0,1} = 8,5 \text{ strypų} \quad (2.797)$$

z - armatūros išdėstymo žingsnis, priimama 100 mm.

1 strypo skerspjūvio plotas:

$$A = \frac{A_s}{n} = \frac{11,697}{9} = 1,23 \text{ cm}^2 \quad (2.798)$$

Prenkame 9Ø14 mm skersmens strypus $A = 1,539 \text{ cm}^2$

Reikiamas armatūros skerspjūvio plotas:

$$A_s = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot x}{f_{yd}} = \frac{1 \cdot 18 \cdot 0,85 \cdot 10^3 \cdot 0,043 \cdot 10^3}{450} \quad (2.799)$$

$$= 1170,698 \text{ mm}^2$$

Armatūros skerspjūvio plotas padidinamas $A_s = 1170,698 \cdot 1,05 = 12,292 \text{ cm}^2$

Strypų skaičius skerspjūvyje:

$$n = \frac{B}{z} = \frac{0,85}{0,1} = 8,5 \text{ strypus} \quad (2.800)$$

z - armatūros išdėstymo žingsnis, priimama 100 mm.

1 strypo skerspjūvio plotas:

$$A = \frac{A_s}{n} = \frac{12,292}{9} = 1,366 \text{ cm}^2 \quad (2.801)$$

Prenkame 9Ø14 mm skersmens strypus $A = 1,539 \text{ cm}^2$

Stiprumo praspaudimui apskaičiavimas

$$v_{Ed} < v_{Rd,max} \quad (2.802)$$

Maksimalūs kirpimo įtempiai apskaičiuojami pagal formulę:

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_i \cdot d} = 1,009 \cdot \frac{1241,41}{1,414 \cdot 0,323} = 2742,108 \text{ kPa} \quad (2.803)$$

Tikriname sąlygą:

$$v_{Ed} = 2742,108 \text{ kPa} < v_{Rd,max} = 4752 \text{ kPa}$$

Išvada: Sąlyga yra tenkinama. Pamato praspaudžiamasis stipris pakankamas.

Apskaičiavimas glemžimui

Poliaus glemžimo plotas:

$$A_{c0} = \frac{\pi \cdot 450^2}{4} = 159043,13 \text{ mm}^2 \quad (2.804)$$

Betono gniuždomasis (glemžiamasis) stipris f_{cud} apskaičiuojamas:

$$f_{cud} = \alpha \cdot w_u \cdot f_{cd} = 0,85 \cdot 2,056 \cdot 18 = 31,457 \text{ N/mm}^2 \quad (2.805)$$

Tikriname stiprumo sąlygą:

$$N_{Rd} = \alpha_u \cdot f_{cud} \cdot A_{c0} = 1 \cdot 31,457 \cdot 10^{-3} \cdot 159043,13 = 5003,02 \text{ kN} > N_{Ed} = 1241,41 \text{ kN} \quad (2.806)$$

Išvada: sąlyga yra tenkinama, stiprumas pakankamas.

Poliaus po K05 projektavimas

Polinio pamato laikinėsios galios skaičiavimas

Laikomoji poliaus pado galia:

$$q_{b,cal17} = \alpha_p \cdot \beta \cdot s \cdot q_c = 1,0 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 12,2 = 12,2 \text{ MPa} \quad (2.807)$$

$$q_{s,cal11} = \alpha_s \cdot q_c = 0,03 \cdot 3,9 = 0,183 \text{ MPa} \quad (2.808)$$

$$q_{s,cal8} = \alpha_s \cdot q_c = 0,03 \cdot 1,0 = 0,03 \text{ MPa} \quad (2.809)$$

$$q_{s,cal17} = \alpha_s \cdot q_c = 0,03 \cdot 12,2 = 0,366 \text{ MPa} \quad (2.810)$$

Poliaus pado ir šoninio paviršiaus laikomosios galios charakteristiniai stipriai trinčiai:

$$q_{b,k17} = \frac{q_{b,cal17}}{\xi_3} = \frac{12,2}{1,4} = 8,714 \text{ MPa} \quad (2.811)$$

$$q_{s,k11} = \frac{q_{s,cal11}}{\xi_3} = \frac{0,183}{1,4} = 0,131 \text{ MPa} \quad (2.812)$$

$$q_{s,k8} = \frac{q_{s,cal8}}{\xi_3} = \frac{0,03}{1,4} = 0,021 \text{ MPa} \quad (2.813)$$

$$q_{s,k17} = \frac{q_{s,cal17}}{\xi_3} = \frac{0,366}{1,4} = 0,261 \text{ MPa} \quad (2.814)$$

Charakteristinės laikomosios galios poliaus Ø350 vertės:

$$R_{b,k} = A_b \cdot q_{b,k12} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot q_{b,k} = \frac{3,14 \cdot 350^2}{4} \cdot 8,714 = 837960,03 \text{ N} = 837,96 \text{ kN} \quad (2.815)$$

$$R_{s,k} = \sum (A_{s,i} \cdot q_{s,k,i}) = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h_i \cdot q_{s,ki} = 2 \cdot 3,14 \cdot 350 \cdot (460 \cdot 0,131 + 700 \cdot 0,021 + 240 \cdot 0,261) = 302444,8 \text{ N} = 302,445 \text{ kN} \quad (2.816)$$

Skaičiuotinės laikomosios galios poliaus Ø450 vertės:

$$R_{b,d} = \frac{R_{b,k}}{\gamma_b} = \frac{837,96}{1,1} = 761,782 \text{ kN} \quad R_{s,d} = \frac{R_{s,k}}{\gamma_s} = \frac{302,445}{1,35} = 224,033 \text{ kN} \quad (2.817)$$

Skaičiuotinė poliaus laikomoji galia:

$$R_{c,d} = R_{b,d} + R_{s,d} = 761,782 + 224,033 = 985,815 \text{ kN} > V_{c,d} = 444,447 \text{ kN} \quad (2.818)$$

Gręžtinio polio armavimas

Armatūros skersmuo $d_a = 14 \text{ mm}$, o bendras armatūros plotas $A_{s,tot} = 923 \text{ mm}^2$

$$r_s = \frac{d_p}{2} - a = \frac{0,35}{2} - 0,065 = 0,11 \text{ m} \quad (2.820)$$

$$r_2 = \frac{d_p}{2} = \frac{0,35}{2} = 0,175 \text{ m} \quad (2.821)$$

Iš pradžių priimame $\xi = 0,40584$

$$\xi_s = \frac{\cos^{-1}\left(\frac{r_2}{r_s} \cdot \cos \pi \cdot \xi\right)}{\pi} = \frac{\cos^{-1}\left(\frac{0,175}{0,11} \cdot \cos \pi \cdot 0,40584\right)}{\pi} = 0,34632 = k \cdot \xi \quad (2.822)$$

$$k = \frac{\xi_s}{\xi} = \frac{0,34632}{0,40584} = 0,85334 \quad (2.823)$$

$$\xi = \frac{0,4 \cdot f_{cd} \cdot A + f_{yd} \cdot A_s + N}{1,8 \cdot f_{cd} \cdot A + k \cdot (f_{yd} + f_{sc,d}) \cdot A_s} = \frac{0,4 \cdot 18 \cdot 0,096 + 450 \cdot 923 \cdot 10^{-9} + 444,447 \cdot 10^{-3}}{1,8 \cdot 18 \cdot 0,096 + 0,85334 \cdot (450 + 450) \cdot 923 \cdot 10^{-9}} = 0,47181 \quad (2.824)$$

$$A - \text{ polio skerspjūvio plotas} \quad A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 350^2}{4} = 96162,5 \text{ mm}^2 = 0,096 \text{ m}^2 \quad (2.825)$$

Poliaus atlaikomas lenkimo momentas

$$M = \frac{2}{3} \cdot (f_{cd} \cdot r_2^3 \cdot \sin^3 \pi \cdot \xi) + (f_{yd} + f_{sc,d}) \cdot A_s \cdot r_s \cdot \frac{\sin \pi \cdot \xi}{\pi} = \frac{2}{3} \cdot (18 \cdot 0,175^3 \cdot \sin^3 \pi \cdot 0,40584) + (450 + 450) \cdot 923 \cdot 10^{-9} \cdot 0,11 \cdot \frac{\sin \pi \cdot 0,40584}{\pi} = 56,277 \text{ kNm} \quad (2.826)$$

Dėl leistinos nuokrypos (0,1 m) gauname momentą

$$M_d = N \cdot 0,1 = 444,47 \cdot 0,1 = 44,45 \text{ kNm} < M = 56,277 \text{ kNm} \quad (2.827)$$

Gręžtinio polio sėdimų skaičiavimas

Suminis pamato nuosėdis:

$$s = \frac{p \cdot B \cdot f}{E_m} = \frac{4,630 \cdot 0,35 \cdot 0,75}{46} = 0,03 \text{ m} < 0,08 \text{ m sąlyga tenkinama} \quad (2.828)$$

$$f = 0,75 \cdot \left(1 + \log \frac{L}{B}\right) = 0,75 \quad (2.829)$$

$$p = \frac{N}{A} = \frac{444,447}{0,096} = 4629,656 \text{ kPa} = 4,630 \text{ MPa} \quad (2.830)$$

Pado plokštė
Armatūros tinklo skaičiavimas

Didžiausias pamatą veikiantis lenkimo momentas:

$$M_{Ed} = q_2 \cdot \frac{B}{2} \cdot \frac{B}{4} = 683,765 \cdot \frac{0,65}{2} \cdot \frac{0,65}{4} = 36,111 \text{ kNm} \quad (2.831)$$

Reikiamas armatūros skerspjūvio plotas:

$$A_s = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot x}{f_{yd}} = \frac{1 \cdot 18 \cdot 0,65 \cdot 10^3 \cdot 0,012 \cdot 10^3}{450} = 248,913 \text{ mm}^2 \quad (2.832)$$

Armatūros skerspjūvio plotas padidinamas $A_s = 2,489 \cdot 1,05 = 2,614 \text{ cm}^2$

Strypų skaičius skerspjūvyje:

$$n = \frac{B}{z} = \frac{0,65}{0,15} = 4,333 \text{ strypo} \quad (2.833)$$

z - armatūros išdėstymo žingsnis, priimama 150 mm.

1 strypo skerspjūvio plotas:

$$A = \frac{A_s}{n} = \frac{2,614}{5} = 0,523 \text{ cm}^2 \quad (2.834)$$

Prenkame 5Ø12 mm skersmens strypus $A = 1,131 \text{ cm}^2$

Reikiamas armatūros skerspjūvio plotas:

$$A_s = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot x}{f_{yd}} = \frac{1 \cdot 18 \cdot 0,65 \cdot 10^3 \cdot 0,013 \cdot 10^3}{450} = 258,799 \text{ mm}^2 \quad (2.835)$$

Armatūros skerspjūvio plotas padidinamas $A_s = 258,799 \cdot 1,05 = 2,717 \text{ cm}^2$

Strypų skaičius skerspjūvyje:

$$n = \frac{B}{z} = \frac{0,65}{0,15} = 4,333 \text{ strypus} \quad (2.836)$$

z - armatūros išdėstymo žingsnis, priimama 150 mm.

1 strypo skerspjūvio plotas:

$$A = \frac{A_s}{n} = \frac{2,717}{5} = 0,543 \text{ cm}^2 \quad (2.837)$$

Prenkame 5Ø12 mm skersmens strypus $A = 1,131 \text{ cm}^2$

Stiprumo praspaudimui apskaičiavimas

$$v_{Ed} < v_{Rd,max} \quad (2.838)$$

Maksimalūs kirpimo įtempiai apskaičiuojami pagal formulę:

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_i \cdot d} = 1,015 \cdot \frac{536,75}{1,1 \cdot 0,324} = 1315,046 \text{ kPa} \quad (2.839)$$

Tikriname sąlygą:

$$v_{Ed} = 1315,046 \text{ kPa} < v_{Rd,max} = 4752 \text{ kPa}$$

Išvada: Sąlyga yra tenkinama. Pamato praspaudžiamasis stipris pakankamas.

Apskaičiavimas glemžimui

Poliaus glemžimo plotas:

$$A_{c0} = \frac{\pi \cdot 350^2}{4} = 96162,5 \text{ mm}^2 \quad (2.840)$$

Tikriname stiprumo sąlygą:

$$N_{Rd} = \alpha_u \cdot f_{cud} \cdot A_{c0} = 1 \cdot 30,945 \cdot 10^{-3} \cdot 96162,5 = 2977,221 \text{ kN} > N_{Ed} = 444,447 \text{ kN} \quad (2.841)$$

Išvada: sąlyga yra tenkinama, stiprumas pakankamas.

Poliaus po K06 projektavimas

Polinio pamato laikinėsios galios skaičiavimas

Laikomoji poliaus pado galia:

$$q_{b,cal17} = \alpha_p \cdot \beta \cdot s \cdot q_c = 1,0 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 12,2 = 12,2 \text{ MPa} \quad (2.842)$$

$$q_{s,cal11} = \alpha_s \cdot q_c = 0,03 \cdot 3,9 = 0,183 \text{ MPa} \quad (2.843)$$

$$q_{s,cal8} = \alpha_s \cdot q_c = 0,03 \cdot 1,0 = 0,03 \text{ MPa} \quad (2.844)$$

$$q_{s,cal17} = \alpha_s \cdot q_c = 0,03 \cdot 12,2 = 0,366 \text{ MPa} \quad (2.845)$$

Poliaus pado ir šoninio paviršiaus laikomosios galios charakteristiniai stipriai trinčiai:

$$q_{b,k17} = \frac{q_{b,cal17}}{\xi_3} = \frac{12,2}{1,4} = 8,714 \text{ MPa} \quad (2.846)$$

$$q_{s,k11} = \frac{q_{s,cal11}}{\xi_3} = \frac{0,183}{1,4} = 0,131 \text{ MPa} \quad (2.847)$$

$$q_{s,k8} = \frac{q_{s,cal8}}{\xi_3} = \frac{0,03}{1,4} = 0,021 \text{ MPa} \quad (2.848)$$

$$q_{s,k17} = \frac{q_{s,cal17}}{\xi_3} = \frac{0,366}{1,4} = 0,261 \text{ MPa} \quad (2.849)$$

Charakteristinės laikomosios galios poliaus Ø400 vertės:

$$R_{b,k} = A_b \cdot q_{b,k12} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot q_{b,k} = \frac{3,14 \cdot 400^2}{4} \cdot 8,714 = 1094478,4 \text{ N} = 1094,478 \text{ kN} \quad (2.850)$$

$$R_{s,k} = \sum (A_{s,i} \cdot q_{s,k,i}) = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h_i \cdot q_{s,k,i} = 2 \cdot 3,14 \cdot 400 \cdot (460 \cdot 0,131 + 700 \cdot 0,021 + 240 \cdot 0,261) = 345651,2 \text{ N} = 345,651 \text{ kN} \quad (2.851)$$

Skaičiuotinės laikomosios galios poliaus Ø400 vertės:

$$R_{b,d} = \frac{R_{b,k}}{\gamma_b} = \frac{1094,478}{1,1} = 994,98 \text{ kN} \quad R_{s,d} = \frac{R_{s,k}}{\gamma_s} = \frac{345,651}{1,35} = 256,038 \text{ kN} \quad (2.852)$$

Skaičiuotinė poliaus laikomoji galia:

$$R_{c,d} = R_{b,d} + R_{s,d} = 994,98 + 256,038 = 1251,018 \text{ kN} > V_{c,d} = 819,462 \text{ kN} \quad (2.853)$$

Gręžtinio polio armavimas

Armatūros skersmuo $d_a = 14 \text{ mm}$, o bendras armatūros plotas $A_{s,tot} = 1231 \text{ mm}^2$

Polio skersmuo $d_p = 0,4 \text{ m}$

$$r_s = \frac{d_p}{2} - a = \frac{0,4}{2} - 0,065 = 0,135 \text{ m} \quad (2.854)$$

$$r_2 = \frac{d_p}{2} = \frac{0,4}{2} = 0,2 \text{ m} \quad (2.855)$$

Iš pradžių primame $\xi = 0,44567$

$$\xi_s = \frac{\cos^{-1}\left(\frac{r_2}{r_s} \cdot \cos \pi \cdot \xi\right)}{\pi} = \frac{\cos^{-1}\left(\frac{0,2}{0,135} \cdot \cos \pi \cdot 0,44567\right)}{\pi} = 0,4189 = k \cdot \xi \quad (2.856)$$

$$k = \frac{\xi_s}{\xi} = \frac{0,4189}{0,44567} = 0,93994 \quad (2.857)$$

$$\xi = \frac{0,4 \cdot f_{cd} \cdot A + f_{yd} \cdot A_s + N}{1,8 \cdot f_{cd} \cdot A + k \cdot (f_{yd} + f_{sc,d}) \cdot A_s} = \frac{0,4 \cdot 18 \cdot 0,126 + 450 \cdot 1231 \cdot 10^{-9} + 819,462 \cdot 10^{-3}}{1,8 \cdot 18 \cdot 0,126 + 0,93994 \cdot (450 + 450) \cdot 1231 \cdot 10^{-9}} = 0,47181 \quad (2.858)$$

$$A - \text{polio skerspjūvio plotas} \quad A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 400^2}{4} = 125600 \text{ mm}^2 = 0,126 \text{ m}^2 \quad (2.859)$$

Poliaus atlaikomas lenkimo momentas

$$M = \frac{2}{3} \cdot (f_{cd} \cdot r_2^3 \cdot \sin^3 \pi \cdot \xi) + (f_{yd} + f_{sc,d}) \cdot A_s \cdot r_s \cdot \frac{\sin \pi \cdot \xi}{\pi} = \frac{2}{3} \cdot (18 \cdot 0,2^3 \cdot \sin^3 \pi \cdot 0,44567) + (450 + 450) \cdot 1231 \cdot 10^{-9} \cdot 0,135 \cdot \frac{\sin \pi \cdot 0,44567}{\pi} = 91,873 \text{ kNm} \quad (2.860)$$

Dėl leistinos nuokrypos (0,1 m) gauname momentą

$$M_d = N \cdot 0,1 = 819,462 \cdot 0,1 = 81,95 \text{ kNm} < M = 91,873 \text{ kNm} \quad (2.861)$$

Gręžtinio polio sėdimų skaičiavimas

Suminis pamato nuosėdis:

$$s = \frac{p \cdot B \cdot f}{E_m} = \frac{6,504 \cdot 0,4 \cdot 0,75}{46} = 0,04 \text{ m} < 0,08 \text{ m sąlyga tenkinama} \quad (2.862)$$

$$f = 0,75 \cdot \left(1 + \log \frac{L}{B}\right) = 0,75 \quad (2.863)$$

$$p = \frac{N}{A} = \frac{819,462}{0,126} = 6503,667 \text{ kPa} = 6,504 \text{ MPa} \quad (2.864)$$

Pado plokštė

Armatūros tinklo skaičiavimas

Didžiausias pamatą veikiantis lenkimo momentas:

$$M_{Ed} = q_2 \cdot \frac{B}{2} \cdot \frac{B}{4} = 1170,66 \cdot \frac{0,7}{2} \cdot \frac{0,7}{4} = 71,703 \text{ kNm} \quad (2.865)$$

Reikiamas armatūros skerspjūvio plotas:

$$A_s = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot x}{f_{yd}} = \frac{1 \cdot 18 \cdot 0,7 \cdot 10^3 \cdot 0,023 \cdot 10^3}{450} = 500,837 \text{ mm}^2 \quad (2.866)$$

Armatūros skerspjūvio plotas padidinamas $A_s = 5,008 \cdot 1,05 = 5,259 \text{ cm}^2$

Strypų skaičius skerspjūvyje:

$$n = \frac{B}{z} = \frac{0,7}{0,15} = 4,667 \text{ strypo} \quad (2.867)$$

z - armatūros išdėstymo žingsnis, priimama 150 mm.

1 strypo skerspjūvio plotas:

$$A = \frac{A_s}{n} = \frac{5,259}{5} = 1,052 \text{ cm}^2 \quad (2.868)$$

Parengame 5Ø12 mm skersmens strypus $A = 1,131 \text{ cm}^2$

Reikiamas armatūros skerspjūvio plotas:

$$A_s = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot x}{f_{yd}} = \frac{1 \cdot 18 \cdot 0,7 \cdot 10^3 \cdot 0,024 \cdot 10^3}{450} = 521,309 \text{ mm}^2 \quad (2.869)$$

Armatūros skerspjūvio plotas padidinamas $A_s = 5,213 \cdot 1,05 = 5,474 \text{ cm}^2$

Strypų skaičius skerspjūvyje:

$$n = \frac{B}{z} = \frac{0,7}{0,15} = 4,667 \text{ strypus} \quad (2.870)$$

z - armatūros išdėstymo žingsnis, priimama 150 mm.

1 strypo skerspjūvio plotas:

$$A = \frac{A_s}{n} = \frac{5,474}{5} = 1,095 \text{ cm}^2 \quad (2.871)$$

Parengame 5Ø12 mm skersmens strypus $A = 1,131 \text{ cm}^2$

Stiprumo praspaudimui apskaičiavimas

$$v_{Ed} < v_{Rd,max} \quad (2.872)$$

Maksimalūs kirpimo įtempiai apskaičiuojami pagal formulę:

$$v_{Ed} = \beta \frac{V_{Ed}}{u_i \cdot d} = 1,085 \cdot \frac{536,75}{1,1 \cdot 0,324} = 2184,587 \text{ kPa} \quad (2.873)$$

Tikriname sąlygą:

$$v_{Ed} = 2184,587 \text{ kPa} < v_{Rd,max} = 4752 \text{ kPa}$$

Išvada: Sąlyga yra tenkinama. Pamato praspaudžiamasis stipris pakankamas.

Apskaičiavimas glemžimui

Poliaus glemžimo plotas:

$$A_{c0} = \frac{\pi \cdot 400^2}{4} = 125600 \text{ mm}^2 \quad (2.874)$$

Tikriname stiprumo sąlygą:

$$N_{Rd} = \alpha_u \cdot f_{cud} \cdot A_{c0} = 1 \cdot 29,218 \cdot 10^{-3} \cdot 125600 = 3671,667 \text{ kN} > N_{Ed} \quad (2.875)$$
$$= 819,462 \text{ kN}$$

Išvada: sąlyga yra tenkinama, stiprumas pakankamas.

Tiriamoji dalis

Kompozitinės kolonos pagrindinis privalumas lyginant su gelžbetonine kolona yra daug didesnė laikomoji galia, lyginant tokio paties skerspjūvio elementus. Tai ypač pastebima lyginant metalinę koloną su kompozitine, nes gaunama net iki dviejų kartų didesnė laikomoji galia. Taip pat kompozitinės kolonos atsparumas ugniai yra didesnis lyginant su įprastine plienine kolona ar gelžbetonine kolona.

Kompozitinės kolonos duomenys:

$$L_{b,y} = L_{b,z} = 12,975 \text{ m}$$

$$N_{x,sd} = 753,48 \text{ kN}; M_{sd} = 30,24 \text{ kNm}$$

$$f_{yk} = 275 \text{ MPa}; f_{ck} = 25 \text{ MPa}; f_{sk} = 400 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{Mad}} = \frac{275}{1,1} = 250 \text{ MPa} \quad (3.1)$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_{cd}} = \frac{25}{1,5} = 16,667 \text{ MPa} \quad (3.2)$$

$$f_{sd} = \frac{f_{sk}}{\gamma_{sd}} = \frac{400}{1,15} = 347,826 \text{ MPa} \quad (3.3)$$

$$E_a = 2100000 \text{ MPa} [5]; E_c = 31000 \text{ MPa} [4]; E_s = 205000 \text{ MPa} [4]$$

Kompozitinės kolonos plieninio vamzdžio duomenys:

$$b = 50 \text{ cm}; h = 30 \text{ cm}; t = 1,2 \text{ cm}; r_{int} = 1,2 \text{ cm}; r = 1,8 \text{ cm} [2]$$

$$A_a = 2 \cdot t(h + b - 4r) + \pi(r^2 - r_{int}^2) \quad (3.4)$$

$$= 2 \cdot 1,2 \cdot (30 + 50 - 4 \cdot 1,8) + 3,14 \cdot (1,8^2 - 1,2^2)$$

$$= 180,375 \text{ cm}^2$$

$$I_{y,a} = \frac{(b - 2r)h^3}{12} + \frac{2r(h - 2r)^3}{12} + \frac{\pi r^4}{4} \left(1 - \frac{64}{9\pi^2}\right)$$

$$+ \pi r^2 \left(\frac{h}{2} - r \left(1 - \frac{4}{3\pi}\right)\right)^2$$

$$- \frac{(b - 2t - 2r_{int})(h - 2t)^3}{12} - \frac{2r_{int}(h - 2t - 2r_{int})^3}{12} - \frac{\pi r_{int}^4}{4} \left(1 - \frac{64}{9\pi^2}\right)$$

$$- \pi r_{int}^2 \left(\frac{h - 2t}{2} - r_{int} \left(1 - \frac{4}{3\pi}\right)\right)^2$$

$$= \frac{(50 - 2 \cdot 1,8) \cdot 30^3}{12} + \frac{2 \cdot 1,8 \cdot (30 - 2 \cdot 1,8)^3}{12} + \frac{3,14 \cdot 1,8^4}{4}$$

$$\cdot \left(1 - \frac{64}{9 \cdot 3,14^2}\right) + 3,14 \cdot 1,8^2 \cdot \left(\frac{30}{2} - 1,8 \cdot \left(1 - \frac{4}{3 \cdot 3,14}\right)\right)^2$$

$$- \frac{(50 - 2 \cdot 1,2 - 2 \cdot 1,2) \cdot (30 - 2 \cdot 1,2)^3}{12}$$

$$- \frac{2 \cdot 1,2 \cdot (30 - 2 \cdot 1,2 - 2 \cdot 1,2)^3}{12} - \frac{3,14 \cdot 1,2^4}{4} \cdot \left(1 - \frac{64}{9 \cdot 3,14^2}\right) - 3,14$$

$$\cdot 1,2^2 \cdot \left(\frac{30 - 2 \cdot 1,2}{2} - 1,2 \cdot \left(1 - \frac{4}{3 \cdot 3,14}\right)\right)^2$$

$$= 28735,928 \text{ cm}^4 \quad (3.5)$$

$$\begin{aligned}
I_{z,a} &= \frac{(h-2r)b^3}{12} + \frac{2r(b-2r)^3}{12} + \frac{\pi r^4}{4} \left(1 - \frac{64}{9\pi^2}\right) \\
&\quad + \pi r^2 \left(\frac{b}{2} - r \left(1 - \frac{4}{3\pi}\right)\right)^2 - \frac{(h-2t-2r_{int})(b-2t)^3}{12} \\
&\quad - \frac{2r_{int}(b-2t-2r_{int})^3}{12} - \frac{\pi r_{int}^4}{4} \left(1 - \frac{64}{9\pi^2}\right) \\
&\quad - \pi r_{int}^2 \left(\frac{b-2t}{2} - r_{int} \left(1 - \frac{4}{3\pi}\right)\right)^2 \\
&= \frac{(30-2 \cdot 1,8) \cdot 50^3}{12} + \frac{2 \cdot 1,8 \cdot (50-2 \cdot 1,8)^3}{12} + \frac{3,14 \cdot 1,8^4}{4} \\
&\quad \cdot \left(1 - \frac{64}{9 \cdot 3,14^2}\right) + 3,14 \cdot 1,8^2 \cdot \left(\frac{50}{2} - 1,8 \cdot \left(1 - \frac{4}{3 \cdot 3,14}\right)\right)^2 \\
&\quad - \frac{(30-2 \cdot 1,2-2 \cdot 1,2) \cdot (50-2 \cdot 1,2)^3}{12} \\
&\quad - \frac{2 \cdot 1,2 \cdot (50-2 \cdot 1,2-2 \cdot 1,2)^3}{12} - \frac{3,14 \cdot 1,2^4}{4} \\
&\quad \cdot \left(1 - \frac{64}{9 \cdot 3,14^2}\right) - 3,14 \cdot 1,2^2 \\
&\quad \cdot \left(\frac{50-2 \cdot 1,2}{2} - 1,2 \cdot \left(1 - \frac{4}{3 \cdot 3,14}\right)\right)^2 = 63446,026 \text{ cm}^4
\end{aligned} \tag{3.6}$$

Armatūros strypų atstumas ir kiekis nuo kolonos svorio centro atitinkama ašimi:

$$\begin{aligned}
\varphi &= 1,0 \text{ cm}; n = 6 \\
e_{z1} &= 0 \text{ cm}; n_{z1} = 0 \\
e_{z2} &= 10,3 \text{ cm}; n_{z2} = 6 \\
e_{y1} &= 0 \text{ cm}; n_{y1} = 2 \\
e_{y2} &= 20,3 \text{ cm}; n_{y2} = 4 \\
A_{s1} &= \pi \frac{\varphi^2}{4} = 3,14 \cdot \frac{1^2}{4} = 0,785 \text{ cm}^2
\end{aligned} \tag{3.7}$$

$$A_s = n\pi \frac{\varphi^2}{4} = 4,712 \text{ cm}^2 \tag{3.8}$$

$$I_{ps} = \frac{\pi \varphi^4}{64} = 0,049 \text{ cm}^4 \tag{3.9}$$

$$\begin{aligned}
I_{y,s} &= (n_{z1}I_{ps} + n_{z1}A_{s1}e_{z1}) + (n_{z2}I_{ps} + n_{z2}A_{s1}e_{z2}) \\
&= (0 \cdot 0,049 + 0 \cdot 0,785 \cdot 0) + (6 \cdot 0,049 + 6 \cdot 0,785 \cdot 10,3) \\
&= 48,832 \text{ cm}^4
\end{aligned} \tag{3.10}$$

$$\begin{aligned}
I_{z,s} &= (n_{y1}I_{ps} + n_{y1}A_{s1}e_{y1}) + (n_{y2}I_{ps} + n_{y2}A_{s1}e_{y2}) \\
&= (2 \cdot 0,049 + 2 \cdot 0,785 \cdot 0) + (4 \cdot 0,049 + 4 \cdot 0,785 \cdot 20,3) \\
&= 64,069 \text{ cm}^4
\end{aligned} \tag{3.11}$$

$$A_c = (b-2t)(h-2t) - (4-\pi)r_{int}^2 - A_s = 1307,812 \text{ cm}^2 \tag{3.12}$$

$$\begin{aligned}
I_{y,c} &= \frac{(b - 2t - 2r_{int})(h - 2t)^3}{12} + \frac{r_{int}(h - 2t - 2r_{int})^3}{6} + \frac{\pi r_{int}^4}{4} \left(1 - \frac{64}{9\pi^2}\right) \\
&\quad + \pi r_{int}^2 \cdot \left(\frac{h - 2t}{2} - r_{int} \left(1 - \frac{4}{3\pi}\right)\right)^2 - I_{y,s} \\
&= \frac{(50 - 2 \cdot 1,2 - 2 \cdot 1,2) \cdot (30 - 2 \cdot 1,2)^3}{12} \\
&\quad + \frac{1,2 \cdot (30 - 2 \cdot 1,2 - 2 \cdot 1,2)^3}{6} + \frac{3,14 \cdot 1,2^4}{4} \cdot \left(1 - \frac{64}{9 \cdot 3,14^2}\right) \\
&\quad + 3,14 \cdot 1,2^2 \cdot \left(\frac{30 - 2 \cdot 1,2}{2} - 1,2 \cdot \left(1 - \frac{4}{3 \cdot 3,14}\right)\right)^2 - 48,832 \\
&= 8,312 \cdot 10^4 \text{ cm}^4
\end{aligned} \tag{3.13}$$

$$\begin{aligned}
I_{z,c} &= \frac{(h - 2t - 2r_{int})(b - 2t)^3}{12} + \frac{r_{int}(b - 2t - 2r_{int})^3}{6} + \frac{\pi r_{int}^4}{4} \left(1 - \frac{64}{9\pi^2}\right) \\
&\quad + \pi r_{int}^2 \cdot \left(\frac{b - 2t}{2} - r_{int} \left(1 - \frac{4}{3\pi}\right)\right)^2 - I_{z,s} = \\
&= \frac{(30 - 2 \cdot 1,2 - 2 \cdot 1,2) \cdot (50 - 2 \cdot 1,2)^3}{12} + \frac{1,2 \cdot (50 - 2 \cdot 1,2 - 2 \cdot 1,2)^3}{6} \\
&\quad + \frac{3,14 \cdot 1,2^4}{4} \cdot \left(1 - \frac{64}{9 \cdot 3,14^2}\right) + 3,14 \cdot 1,2^2 \\
&\quad \cdot \left(\frac{50 - 2 \cdot 1,2}{2} - 1,2 \cdot \left(1 - \frac{4}{3 \cdot 3,14}\right)\right)^2 - 64,069 \\
&= 2,473 \cdot 10^5 \text{ cm}^4
\end{aligned} \tag{3.14}$$

$$\begin{aligned}
N_{pl,Rd} &= A_a \frac{f_{yk}}{\gamma_{Mad}} + A_c \frac{f_{ck}}{\gamma_{cd}} + A_s \frac{f_{sk}}{\gamma_{sd}} \\
&= 18037,5 \cdot \frac{275}{1,1} + 130781,2 \cdot \frac{25}{1,5} + 471,2 \cdot \frac{400}{1,15} \\
&= 6852966,6921 \text{ N} = 6852,967 \text{ kN}
\end{aligned} \tag{3.15}$$

$$\delta = \frac{A_a \frac{f_{yk}}{\gamma_a}}{N_{pl,Rd}} = \frac{18037,5 \cdot \frac{275}{1,1}}{6852966,6921} = 0,658 \tag{3.16}$$

$$0,2 \leq \delta = 0,658 \leq 0,9 \tag{3.17}$$

Išvada: Sąlyga tenkinama.

$$\begin{aligned}
E_{I,y} &= E_a I_{y,a} + 0,8 E_c I_{y,c} + E_s I_{y,s} \\
&= 2100000 \cdot 28735,928 \cdot 10^4 + 0,8 \cdot 31000 \cdot 8,312 \cdot 10^8 \\
&\quad + 20500 \cdot 48,832 \cdot 10^4 = 6,242 \cdot 10^{14} \text{ Nmm}^2
\end{aligned} \tag{3.18}$$

$$N_{cr,y} = \pi^2 \frac{E_{I,y}}{L_{b,y}^2} = 3,14^2 \frac{6,242 \cdot 10^8}{12,975} = 3,659 \cdot 10^7 \text{ N} = 3659 \text{ kN} \tag{3.19}$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A_a \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{Ma}} + A_c \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} + A_s \cdot \frac{f_{sk}}{\gamma_s}}{N_{cr,y}}} \quad (3.20)$$

$$= \sqrt{\frac{18037,5 \cdot \frac{275}{1} + 130781,2 \cdot \frac{25}{1} + 471,2 \cdot \frac{400}{1}}{3,659 \cdot 10^7}} = 0,48$$

$$\lambda_y = 0,48 \leq 2 \quad (3.21)$$

Išvada: Sąlyga tenkinama.

$$E_{I,z} = E_a I_{z,a} + 0,8 E_c I_{z,c} + E_s I_{z,s}$$

$$= 2100000 \cdot 63446,026 \cdot 10^4 + 0,8 \cdot 31000 \cdot 2,473 \cdot 10^9$$

$$+ 20500 \cdot 64,069 \cdot 10^4 = 1,394 \cdot 10^{15} \text{ Nmm}^2 \quad (3.22)$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 \cdot \frac{E_{I,z}}{L_{b,z}^2} = 3,14^2 \cdot \frac{1,394 \cdot 10^9}{12,975} = 8,171 \cdot 10^7 \text{ N} \quad (3.23)$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{A_a \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{Ma}} + A_c \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} + A_s \cdot \frac{f_{sk}}{\gamma_s}}{N_{cr,z}}} \quad (3.24)$$

$$= \sqrt{\frac{18037,5 \cdot \frac{275}{1} + 130781,2 \cdot \frac{25}{1} + 471,2 \cdot \frac{400}{1}}{8,171 \cdot 10^7}} = 0,207$$

$$\lambda_z = 0,207 \leq 2 \quad (3.25)$$

Išvada: Sąlyga tenkinama.

$$\frac{A_s}{A_c} \cdot 100\% = \frac{4,712}{1,308 \cdot 10^3} \cdot 100\% = 0,36\% \quad (3.26)$$

$$0,3\% \leq \frac{A_s}{A_c} = 0,36\% \leq 4\% \quad (3.27)$$

Išvada: Sąlyga tenkinama.

$$\frac{h}{t} = \frac{30}{1,2} = 25 < 48, \text{ kai plieno klasė S275} \quad (3.28)$$

Išvada: Sąlyga tenkinama.

$$N_{cs,Sd} = N_{x,Sd} (1 - \delta) = 753,48 \cdot (1 - 0,658) = 257,677 \text{ kN} \quad (3.29)$$

$$W_{ps} = n_{z1} \cdot A_{s1} \cdot e_{z1} + n_{z2} \cdot A_{s1} \cdot e_{z2} = 0 \cdot 0,785 \cdot 0 + 6 \cdot 0,785 \cdot 10,3$$

$$= 48,538 \text{ cm}^3 \quad (3.30)$$

$$W_{pc} = \frac{(b - 2t)(h - 2t)^2}{4} - \frac{2}{3} r_{int}^3 - r_{int}^2 (4 - \pi) \left(\frac{h}{2} - t - r_{int} \right) - W_{ps} \quad (3.31)$$

$$= \frac{(50 - 2 \cdot 1,2) \cdot (30 - 2 \cdot 1,2)^2}{4} - \frac{2}{3} \cdot 1,2^3 - 1,2^2 \cdot (4 - 3,14)$$

$$\cdot \left(\frac{30}{2} - 1,2 - 1,2 \right) - 48,538 = 9 \cdot 10^3 \text{ cm}^3$$

$$W_{pa} = \frac{bh^2}{4} - \frac{2}{3} (r_{int} + t)^3 - (r_{int} + t)^2 (4 - \pi) \left(\frac{h}{2} - t - r_{int} \right) - W_{pc} - W_{ps} \quad (3.32)$$

$$= \frac{50 \cdot 30^2}{4} - \frac{2}{3} \cdot (1,2 + 1,2)^3 - (1,2 + 1,2)^2 \cdot (4 - 3,14)$$

$$\cdot \left(\frac{30}{2} - 1,2 - 1,2 \right) - 9 \cdot 10^3 - 48,538 = 2,13 \cdot 10^3 \text{ cm}^3$$

$$W_{psn} = A_{sni} \cdot e_{zni} = 0 \text{ cm}^3 \quad (3.33)$$

$$h_n = \frac{A_c f_{cd} - A_s (2f_{sd} - f_{cd})}{2b f_{cd} + 4t(2f_{yd} - f_{cd})} \quad (3.34)$$

$$= \frac{1,308 \cdot 10^3 \cdot 16,667 - 4,712 \cdot (2 \cdot 347,826 - 16,667)}{2 \cdot 500 \cdot 16,667 + 4 \cdot (2 \cdot 250 - 16,667)}$$

$$= 4,665 \text{ cm}$$

$$W_{pcn} = (b - 2t)h_n^2 - W_{psn} = (50 - 2 \cdot 1,2) \cdot 4,665^2 - 0 = 1,036 \cdot 10^3 \text{ cm}^3 \quad (3.35)$$

$$W_{pan} = bh_n^2 - W_{pcn} - W_{psn} = 52,226 \text{ cm}^3 \quad (3.36)$$

$$M_{pl,Rd} = \left[(W_{pa} - W_{pan}) \frac{f_{yk}}{\gamma_{Mad}} + (W_{pc} - W_{pcn}) \frac{\alpha f_{ck}}{2\gamma_{cd}} + (W_{ps} - W_{psn}) \frac{f_{sk}}{\gamma_{sd}} \right] \quad (3.37)$$

$$= (2,13 \cdot 10^3 - 52,226) \cdot 10^3 \cdot \frac{275}{1,1} + (9 \cdot 10^3 - 1,036 \cdot 10^3)$$

$$\cdot 10^3 \cdot \frac{1 \cdot 25}{2 \cdot 1,5} + (48,538 - 0) \cdot 10^3 \cdot \frac{400}{1,15} \cdot 10^{-6}$$

$$= 602,758 \text{ kNm}$$

$$M_{a,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{\gamma_a} = \frac{2093 \cdot 10^3 \cdot 275}{1,1} \cdot 10^{-6} = 523,25 \text{ kNm} \quad (3.38)$$

$$M_{cs,Sd} = M_{Sd} \left(1 - \frac{M_{a,Rd}}{M_{pl,Rd}} \right) = 30,24 \cdot \left(1 - \frac{523,25}{602,758} \right) = 3,989 \text{ kNm} \quad (3.39)$$

$$\frac{N_{x,Sd}}{N_{cr,y}} = \frac{753,48}{3,659 \cdot 10^7} = 0,000021 > 0,1 \quad (3.40)$$

$$\frac{N_{x,Sd}}{N_{cr,z}} = \frac{753,48}{8,171 \cdot 10^7} = 0,000009 > 0,1 \quad (3.41)$$

$$r_{sant} = \frac{M_{SdI}}{M_{Sd}} = \frac{27,65}{-30,24} = -0,915 \quad (3.42)$$

$$\lambda_y = 0,48 > 0,2(2 - r_{san}) = 0,2 \cdot (2 - (-0,915)) = 0,583 \quad (3.43)$$

$$\lambda_z = 0,207 > 0,2(2 - r_{san}) = 0,2 \cdot (2 - (-0,915)) = 0,583 \quad (3.44)$$

Išvada: Sąlygos netenkinamos. Lenkimo momento perskaičiuoti nereikia.

Technologinė, organizacinė ir ekonominė dalys

Statybos darbų apimčių skaičiavimas

Montuojamų elementų įrengimo darbų apskaičiavimas

4.1. lentelė. Montuojamų elementų specifikacija

Elemento pavadinimas	Tipas	Matmenys, m			Elementų skaičius	Vieneto elemento		Bendras	
		B	L	H		masė, t	tūris, m ³	masė, t	tūris, m ³
Kolona									
Kolona KO1	GB	A = 0,25m ²		9,39	28	5,87	2,35	164,36	65,8

Montavimo (kabinimo ir kėlimo) priemonių parinkimas

Kabinimo priemonių parinkimas

4.2 lentelė. Kabinimo priemonių

Kabinimo priemonės pavadinimas	Eskizas	Kabinimo priemonės charakteristikos			Taikymo sritis
		Keliamoji galia, t	Masė, t	Skaičiuojamasis aukštis, m	
1	2	3	4	5	6
Griebtuvas ZKK-6,3		6,3	0,14+0,13	6,8	Kolona

Montavimo kranų parinkimas

Krano kėlimo galia:

$$Q_{reik} = Q_1 + Q_2 = 5,4 + 0,065 = 5,465 \text{ t} \quad (4.1)$$

Q_1 - keliamosios konstrukcijos masė, t

Q_2 – kabinimo prie strėlės priemonės masė, t

Krano kablo pakėlimo aukštis:

$$H_{reik} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = -0,34 + 1 + 9,39 + 6,8 = 16,85 \text{ m} \quad (4.2)$$

h_1 – aukštis nuo kranų stovėjimo plokštumos iki atramos, ant kurios remiasi montuojamasis elementas, m [8]

h_2 – laisvas tarpas virš atramos iki montuojamo elemento (0,5-1,0 m) [8]

h_3 – montuojamojo elemento aukštis, m [8]

h_4 – kabinimo priemonės aukštis, m [8]

Strėlinio krano strėlės siekis L_{reik} , m, reikalingas toliausiai nuo krano nutolusiam elementui, kurį montuojant reikia didžiausio kablo pakėlimo aukščio H_{reik} , apskaičiuojamas pagal [8]:

$$L_{reik} = \frac{(H_{reik} + h_5 - h) \cdot (b + a)}{h_2 + h_3 + h_4 + h_5} + c = \frac{(16,85 + 1 - 1,5) \cdot (1 + 1,5)}{1 + 9,39 + 6,8 + 1} + 3 = 5,247 \text{ m} \quad (4.3)$$

h_5 – sutrauktų krano skrusčių aukštis ($h_5 = 1 \text{ m}$) [8]

h – strėlės lanksto aukštis nuo krano stovėjimo lygio ($h = 1,5 \text{ m}$) [8]

a – mažiausias leidžiamas atstumas nuo krano strėlės ašies iki sumontuotos konstrukcijos ($a = 1,5 \text{ m}$) [8]

b – atstumas, m, nuo arčiausiai sumontuotos konstrukcijos artimiausio taško iki krano kablo projekcijos į horizontaliąją plokštumą, montuojant labiausiai nuo krano nutolusį elementą [8]

c – atstumas, m, nuo krano sukimosi ašies iki strėlės lanksto projekcijos [8]

Reikiami krano parametrai:

Keliamoji galia: $Q_{reik} = 5,465 \text{ t}$

Strėlės siekis: $L_{reik} = 5,247 \text{ m}$

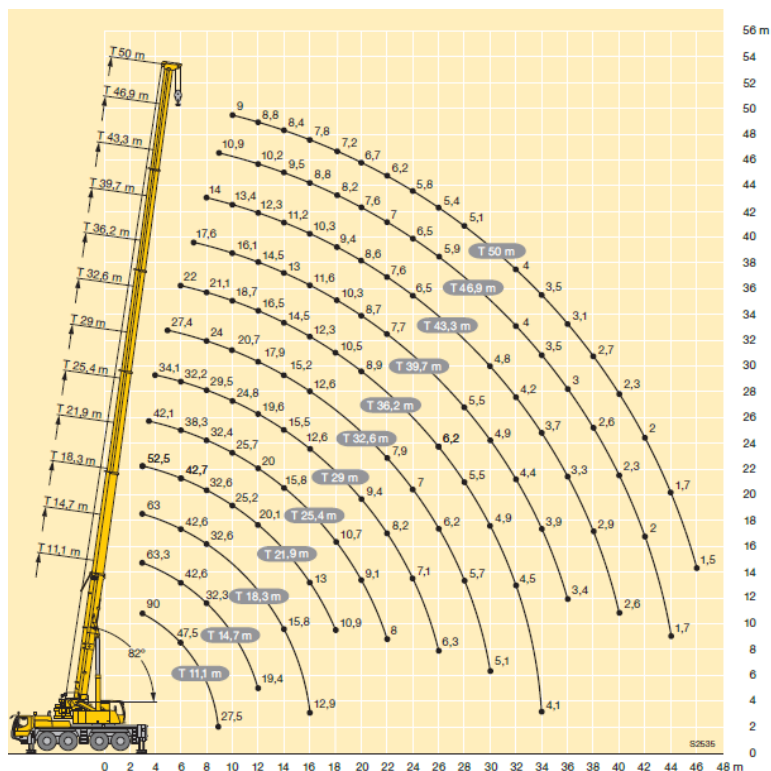
Kablo pakėlimo aukštis: $H_{reik} = 16,85 \text{ m}$

Kranas Liebherr LTM 1090-4.1:

Keliamoji galia: $Q = 90 \text{ t}$

Maksimalus strėlės ilgis: $L = 46 \text{ m}$

Maksimalus strėlės siekis: $H = 49 \text{ m}$



4.1. pav. Krano Liebherr LTM 1090-4.1 charakteristika

Darbo ir mašinų darbo sąnaudų, materialinių ir techninių išteklių poreikio skaičiavimas

Darbo ir mašinų darbo sąnaudų skaičiavimas

4.3. lentelė. Darbo ir mašinų darbo sąnaudų skaičiavimas[10]

Normatyvų šifras	Kategorija	Technologinio proceso (darbo) pavadinimas	Darbų apimtis		Darbo sąnaudos, žm. H			Mechanizmai			
			Darbo mato vientas	Kiekis	Norma darbo mato vienetui	Visam darbui		Pavadinimas	Darbo sąnaudos		
						Žm. h	Žm. pam		Vienetui maš. h	Visam darbui	
										Maš. h	Maš. pam
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I. ANTŽEMINIŲ DARBŲ CIKLAS											
Gelžbetoninių kolonų montavimas:											
N7P - 0202		Gelžbetoninių kolonų montavimas su varžtinėmis jungtimis	vnt	28	6,80	190,40	23,8	Kranas	2,30	64,4	8,05

Gelžbetoninės kolonos montavimas tvirtinant inkariniais varžtais

Kolonos išdėstomos prie pamatų taip, kad kolonos galas, kuris bus remiamas į pamatą, turi būti arčiau jo, o kolonos viršus nukreipiamas į tarpatramio vidurį (atsižvelgiant į kranų judėjimo kryptį), kad kranų strėlės siektų užtektų kolonos prikabinimui ir pastatymui ant pamato.

Ruošiantis montuoti pirmos ir antros pastato dalies kolonas visu pirma tikrinamos pamato atrėmimo aikštelių altitudės. Kadangi per įdėtines detales esančias kolonas apačioje maunant ją ant inkarinių varžtų esančių pamato viršuje gauname, kad į projektinę padėtį kolona statoma priverstinai, nebereikia naudoti surinktųjų ir pleiščių. Naudojamos tik atotampos ir spyriai vertikaliai kolonos padėčiai išlaikyti (laikinieji standumo ryšiai), kurie įrengiami kiekvienoje eilėje tarp dviejų pirmųjų pastatytų kolonų. Sumontavus koloną ir patikrinus jos ašių sutapimą ir vertikalumą teodolitu (vadovaujant statybos meistriui), pamato ir kolonos sandūra užbetonuojama netraukioju smulkiagrūdžiu betonu.

Trečios pastato dalies kolonos montuojamos atskirai per du aukštus. Pirmo aukšto kolona montuojama kaip pirmos ir antros pastato dalies, o antro aukšto kolona montuojama ant rėmsijės suvirinant tarpusavyje per įdėtines detales, sutapdinant su prieš tai sumontuotos kolonos ašimis. Statomų kolonų apatinė dalis tvirtinama surinktūvais. Apatinė surinktūvo dalis tvirtinama ant rėmsijės, o viršutinė dalis, turinti reguliuojamus varžtus naudojama montuojamai kolonai pastatyti ir laikinai įtvirtinti. Taip pat montuojamos kolonos viršus laikinai įtvirtinamas atotampomis, o jos vertikalumas tikrinamas dviem teodolitais. Suvirinus sandūras, jos betonuojamos smulkiagrūdžiu betonu.

4.4 lentelė. Kolonos montavimo techniniai ekonominiai rodikliai [8]

Eil. Nr.	Rodiklio pavadinimas	Mato vnt.	Rodiklio dydis	
			Norminės	Planuojamos
1	2	3	4	5
1	Kolonų montavimo darbų apimtis	vnt.	28	28
2	Darbų sąnaudos	žm.d.	23,8	20
3	Mechanizmų darbo sąnaudos	maš. pam.	8,05	7,5
4	Darbuotojų išdirbis	vnt./žm.d	119	
5	Mechanizmų išnaudojimas	%	107	
6	Darbo trukmė	d.	31,85	27,5
7	Normų vykdymas	%	100	116

Darbų kokybė ir jos kontrolė

Šiuos reikalavimus nusako statybos normos ir taisyklės, pagal kurias sudarytos statybos bei montavimo darbų vykdymo ir priėmimo sąlygos. Kokybės kontrolė pradedama priimanant atvežtus į

statybvietę surenkamuosius gelžbetoninius elementus, o baigiama pridudant pastatą eksploatuoti. Šie surenkami elementai turi atitikti valstybinio standarto reikalavimus, projektinius matmenis, o jų nuokrypiai neturi viršyti norminių.

4.5 lentelė. Surenkamųjų gelžbetoninių elementų leistinosios nuokrypos nuo projektinių [7]

Elementai	Leistinosios nuokrypos, mm		
	Ilgio	Skerspjūvio pločio	Skerspjūvio storio arba aukščio
Kolonos:			
Iki 6 m ilgio	± 6	± 5	± 5
Ilgesnės kaip 15 m	± 20	± 5	± 5

Konstrukcijų kokybę įvertina konstrukcijų montavimo organizacija ir iš dalies užsakovas. Konstrukcija brokuojama ir gamyklai siunčiamos deklamacijos jeigu paaiškėja, kad jos netinkamos naudoti.

Prieš pradėdant montuoti kolonas, pirmiausia patikrinama pamatų kokybė: padėtis, atraminio paviršiaus tikslumas, inkarinių varžtų padėtis. Gelžbetoninių kolonų padėtis tikrinama geodeziniais instrumentais du kartus: laikinai įtvirtinus ir galutinai įtvirtinus. Pagrindė vertinamas pastatymo tikslumas ir sandūrų užmonolitavimo kokybė. Montavimo nuokrypos neturi būti didesnės už leistinasias.

4.6 lentelė. Leistinosios nuokrypos montuojant gelžbetonines konstrukcijas [7]

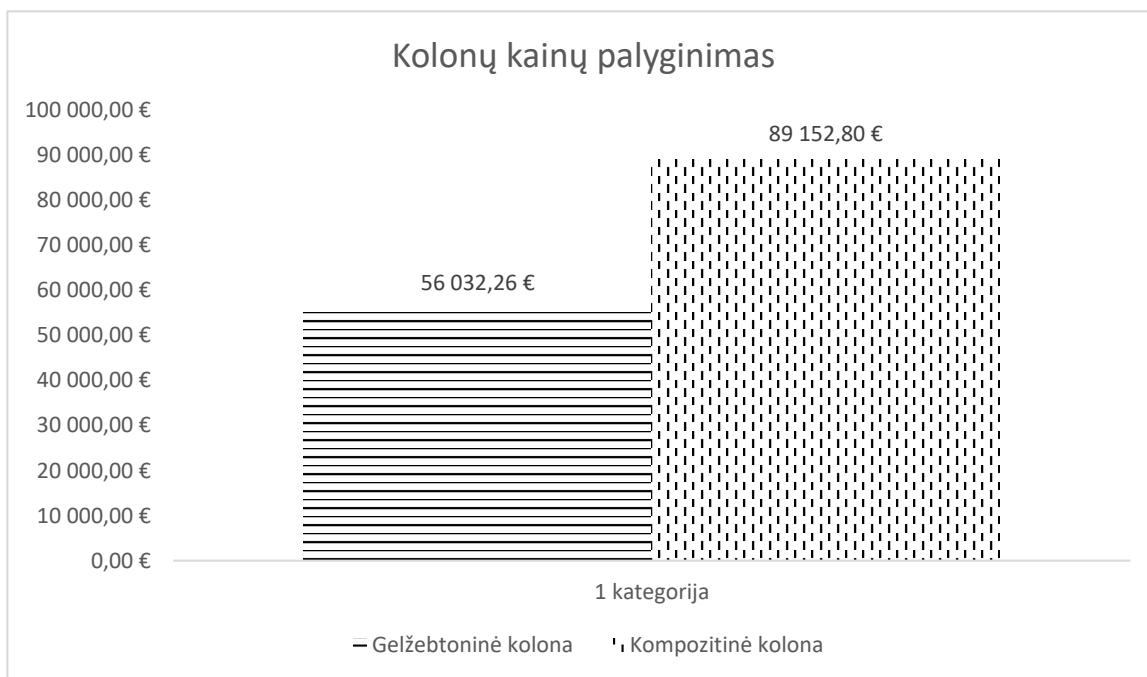
Nuokrypos	Leistinosios nuokrypos, mm		
	Gyvenamųjų namų ir civilinių pastatų	Pramoninių pastatų	
		Vienaaukščių	Daugiaaukščių
Nuokrypos nuo žymėjimo ašių:			
Apatinės pamatų bloką eilės	± 10	± 20	-
Viršutinės pamatų bloką eilės	-	± 10	-
Viršutinių atraminių pamatų paviršių nuokrypos	± 5	- 20	- 20
Kolonų nuokrypos nuo ašių kolonų apačioje	± 5	± 5	± 5
Kolonų nuokrypos nuo vertikalės jos viršuje (m), jeigu kolonos ilgis H: Iki 4,5-15	± 5 0,001H, bet ne daugiau kaip 35mm	± 10 ± 15	± 10 ± 15

Objekte baigus visus montavimo darbus atliekama galutinė priėmimo ir perdavimo kontrolė. Prie pridavimo ir priėmimo akto būtina pridėti konstrukcijų brėžinius su visomis pataisomis, įmonių,

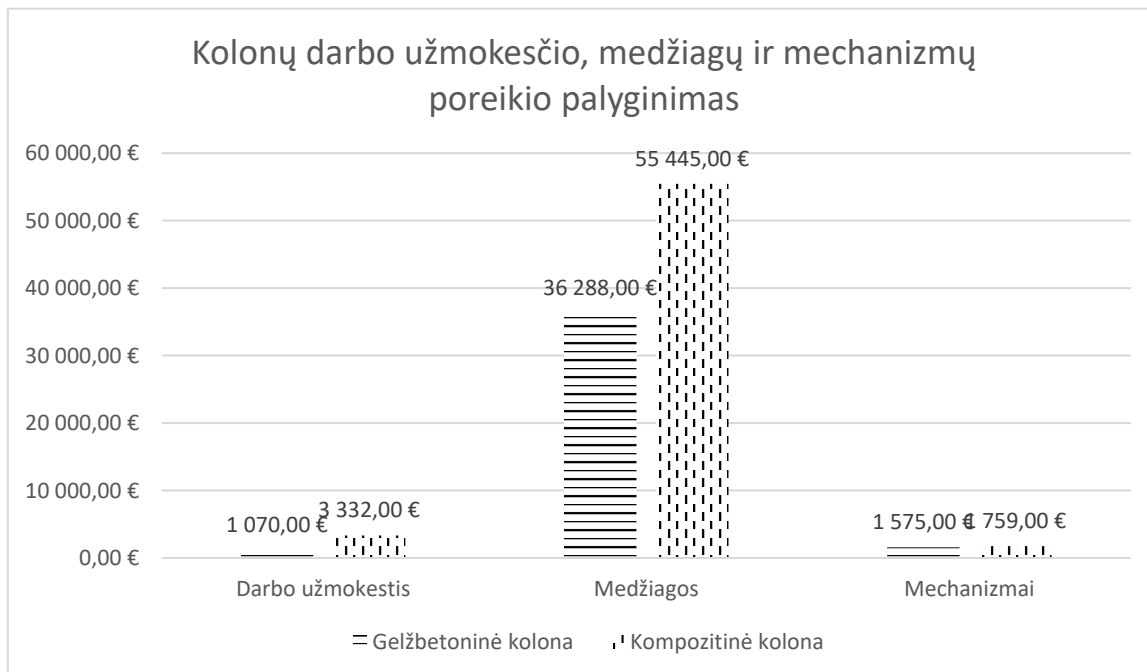
kurios teikė konstrukcijas sertifikatus, panaudotų medžiagų dokumentus, patvirtinančius jų kokybę, duomenis iš laboratorijų, ašių žymėjimo medžiaga, tarpinius priėmimo perdavimo aktus ir likusią medžiagą, susijusią su objekto statyba.

Ekonominis palyginimas

4.7 lentelė. Kolonų kainų palyginimas



4.8 lentelė. Kolonų darbo užmokesčio, medžiagų ir mechanizmų poreikio palyginimas



Suskaičiavę kolonų kainas sąmatų programa „Sistela“ gavome, kad įrengti 28 gelžbetonines kolonas kainuoja 56032,26 €. Darbo užmokestis sudaro 1070,00 €, medžiagos 36288,00 €, o mechanizmai 1575,00 €..

Tuo tarpu įrengti 28 kompozitines kolonas kainuoja 89152,80 €. Darbo užmokestis sudaro 3332,00 €, medžiagos 55445,00 €, o mechanizmai 1759,00 €.

Pagal gautus duomenis galima teigti, kad gelžbetoninės kolonos įrengimas yra 59% ekonomiškėnis ir sumažėjęs kolonos skerspjūvis neatperka išaugusios darbų, medžiagų ir mechanizmų kainos. Todėl priimama, kad pastate bus įrengiamos gelžbetoninės kolonos.

Dūmų šalinimo iš pastato parametrų skaičiavimas

Priimame, kad visose patalpose įrengiami normalūs sprinkleriai. Pastatas pagal [9] priedo 1 lentelę priskiriamas D2 dūmų šalinimo klasei ir P2 grupei.

Kadangi pastatas suskirstytas į 4 temperatūrinius blokus, kiekvienam blokui atliekami atskiri skaičiavimai.

Temperatūrinis blokas 1 (ašys 1-6)

Dūmų srauto masė:

$$m_p = 0,19p_f Z^{3/2} = 0,19 \cdot 9 \cdot 2,5^{\frac{3}{2}} = 6,76 \text{ kg/s} \quad (5.1)$$

Dūmų temperatūros didėjimas:

$$\Theta = \frac{\Phi}{(m_p c)} = \frac{840000}{6,76 \cdot 1040} = 120 \text{ K} \quad (5.2)$$

$$\Phi = \gamma \cdot q_f \cdot A_f = 0,7 \cdot 240 \cdot 5 = 840000 \text{ W} \quad (5.3)$$

Dūmų sluoksnio temperatūra:

$$T_s = \Theta + T_0 = 120 + 288 = 408 \text{ K} \quad (5.4)$$

Šalinamų dūmų masė, kai $T_s \leq 473 \text{ K}$:

$$m_v = m_p = 6,76 \text{ kg/s} \quad (5.5)$$

Dūmų sluoksnio storis:

$$d = H - \left(\frac{m_v}{0,19p_f} \right)^{0,67} = 8,15 - \left(\frac{6,76}{0,19 \cdot 9} \right)^{0,67} = 5,64 \text{ m} \quad (5.6)$$

Dūmų šalinimui skirtų angų reikiamas plotas:

$$A_v C_v = \left(\frac{\alpha m_v}{\rho_0} \right) \sqrt{\frac{T_s^2 + T_s T_0}{2gd\Theta T_0}} = \left(\frac{2,26 \cdot 408}{1,225} \right) \sqrt{\frac{408^2 + 408 \cdot 288}{2 \cdot 9,81 \cdot 5,64 \cdot 120 \cdot 288}} = 3,4 \text{ m}^2 \quad (5.7)$$

$$\alpha = \frac{2A}{A_d - 1} = \frac{2 \cdot 1129,82}{1000 - 1} = 2,26 \quad (5.8)$$

$$A_v = \frac{A_v C_v}{C_v} = \frac{3,4}{0,5} = 6,8 \text{ m}^2 \quad (5.9)$$

Temperatūrinis blokas 2 (ašys 7-14)

Dūmų srauto masė:

$$m_p = 0,19p_f Z^{3/2} = 0,19 \cdot 9 \cdot 2,5^{\frac{3}{2}} = 6,76 \text{ kg/s} \quad (5.10)$$

Dūmų temperatūros didėjimas:

$$\Theta = \frac{\Phi}{(m_p c)} = \frac{840000}{6,76 \cdot 1040} = 120 \text{ K} \quad (5.11)$$

$$\Phi = \gamma \cdot q_f \cdot A_f = 0,7 \cdot 240 \cdot 5 = 840000 \text{ W} \quad (5.12)$$

Dūmų sluoksnio temperatūra:

$$T_s = \Theta + T_0 = 120 + 288 = 408 \text{ K} \quad (5.13)$$

Šalinamų dūmų masė, kai $T_s \leq 473 \text{ K}$:

$$m_v = m_p = 6,76 \text{ kg/s} \quad (5.14)$$

Dūmų sluoksnio storis:

$$d = H - \left(\frac{m_v}{0,19p_f} \right)^{0,67} = 8,15 - \left(\frac{6,76}{0,19 \cdot 9} \right)^{0,67} = 5,64 \text{ m} \quad (5.15)$$

Dūmų šalinimui skirtų angų reikiamas plotas:

$$A_v C_v = \left(\frac{\alpha m_v}{\rho_0} \right) \sqrt{\frac{T_s^2 + T_s T_0}{2gd\Theta T_0}} = \left(\frac{3,53 \cdot 6,76}{1,225} \right) \sqrt{\frac{408^2 + 408 \cdot 288}{2 \cdot 9,81 \cdot 5,64 \cdot 120 \cdot 288}} = 5,3 \text{ m}^2 \quad (5.16)$$

$$\alpha = \frac{2A}{A_d - 1} = \frac{2 \cdot 1761,83}{1000 - 1} = 3,53 \quad (5.17)$$

$$A_v = \frac{A_v C_v}{C_v} = \frac{5,3}{0,5} = 10,6 \text{ m}^2 \quad (5.18)$$

Temperatūrinis blokas 3 (ašys 15-18)

Dūmų srauto masė:

$$m_p = 0,19p_f Z^{3/2} = 0,19 \cdot 9 \cdot 2,5^{\frac{3}{2}} = 6,76 \text{ kg/s} \quad (5.19)$$

Dūmų temperatūros didėjimas:

$$\Theta = \frac{\Phi}{(m_p c)} = \frac{840000}{6,76 \cdot 1040} = 120 \text{ K} \quad (5.20)$$

$$\Phi = \gamma \cdot q_f \cdot A_f = 0,7 \cdot 240 \cdot 5 = 840000 \text{ W} \quad (5.21)$$

Dūmų sluoksnio temperatūra:

$$T_s = \Theta + T_0 = 120 + 288 = 408 \text{ K} \quad (5.22)$$

Šalinamų dūmų masė, kai $T_s \leq 473 \text{ K}$:

$$m_v = m_p = 6,76 \text{ kg/s} \quad (5.23)$$

Dūmų sluoksnio storis:

$$d = H - \left(\frac{m_v}{0,19p_f} \right)^{0,67} = 4,625 - \left(\frac{6,76}{0,19 \cdot 9} \right)^{0,67} = 2,11 \text{ m} \quad (5.24)$$

Dūmų šalinimui skirtų angų reikiamas plotas:

$$A_v C_v = \left(\frac{\alpha m_v}{\rho_0} \right) \sqrt{\frac{T_s^2 + T_s T_0}{2gd\Theta T_0}} = \left(\frac{2,49 \cdot 6,76}{1,225} \right) \sqrt{\frac{408^2 + 408 \cdot 288}{2 \cdot 9,81 \cdot 2,11 \cdot 120 \cdot 288}} = 6,12 \text{ m}^2 \quad (5.25)$$

$$\alpha = \frac{2A}{A_d - 1} = \frac{2 \cdot 1412,01}{1000 - 1} = 2,49 \quad (5.26)$$

$$A_v = \frac{A_v C_v}{C_v} = \frac{6,12}{0,5} = 12,24 \text{ m}^2 \quad (5.27)$$

Temperatūrinis blokas 4 (ašys 19-20)

Dūmų srauto masė:

$$m_p = 0,19p_f Z^{3/2} = 0,19 \cdot 14 \cdot 2,5^{\frac{3}{2}} = 10,51 \text{ kg/s} \quad (5.28)$$

Dūmų temperatūros didėjimas:

$$\Theta = \frac{\Phi}{(m_p c)} = \frac{2520000}{10,51 \cdot 1040} = 231 \text{ K} \quad (5.29)$$

$$\Phi = \gamma \cdot q_f \cdot A_f = 0,7 \cdot 225 \cdot 16 = 2520000 \text{ W} \quad (5.30)$$

Dūmų sluoksnio temperatūra:

$$T_s = \Theta + T_0 = 231 + 288 = 519 \text{ K} \quad (5.31)$$

Šalinamų dūmų masė, kai $T_s > 473 \text{ K}$:

$$m_v = \frac{\Phi}{(473 - T_0) \cdot c} = \frac{2520000}{(473 - 288) \cdot 1040} = 13,1 \text{ K} \quad (5.32)$$

Dūmų sluoksnio storis:

$$d = H - \left(\frac{m_v}{0,19p_f} \right)^{0,67} = 4,145 - \left(\frac{13,1}{0,19 \cdot 14} \right)^{0,67} = 1,23 \text{ m} \quad (5.33)$$

Dūmų šalinimui skirtų angų reikiamas plotas:

$$A_v C_v = \left(\frac{\alpha m_v}{\rho_0} \right) \sqrt{\frac{T_s^2 + T_s T_0}{2gd\Theta T_0}} = \left(\frac{0,65 \cdot 13,1}{1,225} \right) \sqrt{\frac{519^2 + 519 \cdot 288}{2 \cdot 9,81 \cdot 1,23 \cdot 231 \cdot 288}} = 3,55 \text{ m}^2 \quad (5.34)$$

$$\alpha = \frac{2A}{A_d - 1} = \frac{2 \cdot 324,71}{1000 - 1} = 0,65 \quad (5.35)$$

$$A_v = \frac{A_v C_v}{C_v} = \frac{3,55}{0,5} = 7,1 \text{ m}^2 \quad (5.36)$$

Išvados

1. Pagal naudojimo paskirtį statinys priskirtas negyvenamųjų namų grupei, pagal gaisro grėsmę – P2 statinių grupei. Dėl sudėtingų konstrukcijų ir sudėtingų technologijų pastatas priskirtas ypatingiems statiniams.
2. Apskaičiuoti dviejų pastate naudotų stogo detalių šilumos perdavimo koeficientai. Pirmoje pastato dalyje įrengiamos stogo detalės šilumos perdavimo koeficiento reikšmė $U = 0,159 \frac{W}{m^2K}$, o antroje bei trečioje pastato dalyje įrengiamo stogo $U = 0,148 \frac{W}{m^2K}$. Jos neviršija pramoniniams pastatams keliamos norminės šilumos perdavimo koeficiento vertės $U_N = 0,16 \frac{W}{m^2K}$, todėl pastato stogas atitinka A klasės atitvarai keliamus reikalavimus.
3. Suprojektuotos pastato konstrukcijos: 2 dvišlaitės gelžbetoninės sijos su iš anksto įtemptais lynais; 7 gelžbetoninės kiaurymėtos perdangos plokštės ir 1 gelžbetoninė kiaurymėta denginio plokštė su iš anksto įtemptais lynais; 11 gelžbetoninių rėmsijų; 6 gelžbetoninės kolonos; 6 gelžbetoniniai gręžtiniai – spraustiniai poliai. Gelžbetoninės kolonos dvišlaite gelžbetonine sija tvirtinamos šarnyriškai, o su pamatu standžiai. Skaičiavimai ir priimtos charakteristikos pateikti atitinkamose temose, o detalizacija ir medžiagų poreikis brėžiniuose.
4. Tiriamojoje dalyje buvo apskaičiuota kompozitinė kolona. Pasirinkta, kad ji bus sudaryta iš S275 500x300x12,0 mm plieninio vamzdžio, kurio viduje bus įrengiamas plieninis armatūros karkasas. Jam suformuoti reikalingi S400 klasės Ø10 mm armatūros strypai ir Ø6 armatūros lankstiniai. Galiausiai plieninio vamzdžio vidus užpildomas C25/30 stiprumo klasės betonu. Tokios kolonos laikomoji galia yra didesnė, tad galima sumažinti kolonos skerspjūvį.
5. Sąmatų skaičiavimo programa „Sistela“ buvo atliktas gelžbetoninės ir kompozitinės kolonos ekonominis palyginimas. Rezultatai parodė, kad įrengti 28 gelžbetonines kolonas pirmoje pastato dalyje prie išorinių atitvarų kainuoja 56032,26 €, o kompozitines kolonas 89152,80 €. Gelžbetoninės kolonos 59% ekonomiškesnės, todėl buvo naudojamos tolimesniuose skaičiavimuose.
6. Naudodami N7P-0202 darbo, medžiagų ir mechanizmų sąnaudų statyboje normatyvus, gavome, kad apskaičiuotos KO1 tipo 28 kolonos bus sumontuotos per 7,5 darbo dienas.
7. Apskaičiuoti dūmų šalinimo iš pastato parametrai ir nustatytas reikiamas stoglangių kiekis kvadratiniais metrais. Pirmame temperatūriniame bloke reikiamas stoglangių kiekis $A_v = 6,8 m^2$, antrame $10,6 m^2$, trečiame $12,24 m^2$, ketvirtame $7,1 m^2$. Skaičiavimai atlikti priėmus, kad pastatas priskiriamas D2 dūmų šalinimo klasei, P2 grupei, o visose patalpose įrengti normalūs sprinkleriai.

Literatūra

1. Stogo detalės sortimentas [interaktyvus]. Prieiga per: <http://www.paroc.lt>
2. LIETUVOS STATYBOS INŽINIERIŲ SAJUNGA *Pastatų konstruktoriaus ir statybininko žinynas* VGTU 2009m, 1518 p. ISBN 9789955035657
3. STR 2.05.04:2003 *Poveikiai ir apkrovos* [interaktyvus]. Vilnius 2003
4. STR 2.05.05:2005 *Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas* [interaktyvus]. Vilnius 2005
5. STR 2.05.08:2005 *Plieninių konstrukcijų projektavimas* [interaktyvus]. Vilnius 2005
6. VALIKONIS, Juozas, Vytautas Venckevičius. *Gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas: metodiniai nurodymai* Kaunas: KPI. 1987 m 86p.;
7. ZAVADSKAS, Edmundas Kaziemieras *Statybos procesų technologija* Technika 2008m 573p
8. DAUNORAVIČIUS, Marijonas, Rūta Miniotaitė *Statybos technologinių procesų projektavimas* Technologija, 2014 m. 58 p.
9. STR 2.09.02:2005 *Šildymas, vėdinimas ir oro kondicionavimas* [interaktyvus]. Vilnius 2003
10. Darbo, medžiagų ir mechanizmų sąnaudų statyboje normatyvai, Rinkinys: N7 Surenkamos betoninės ir gelžbetoninės konstrukcijos, Vilnius 2006 m. ISSN 1392-3994
11. LST EN 1997 -1 *Eurokodas 7. Geotechninis projektavimas 1 dalis. Pagrindinės taisyklės*
12. LST EN 1997 – 2 *Eurokodas 7. Geotechninis projektavimas 2 dalis. Grunto tyrimai ir bandymai*
13. LST EN 1994 – 1-1 *Eurokodas 4. Kompozitinių plieninių-betoninių konstrukcijų projektavimas. 1-1 dalis. Bendrosios ir pastatų taisyklės*
14. SCHLEICH, Jean Baptise, Jules Mathieu, Yves Conan *Desing handbook for braced composite steel-concrete buildings according Eurocode4* 2000m 212p

SPL1 kiaurymėtos perdangos plokštės projektavimas

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,73}{1 + \frac{363,636}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,73}{1,1}\right)} = 0,587 \quad (\text{Pr.1})$$

$$\sigma_{s,lim} = \frac{f_{yk}}{1,1} = 363,636 \text{ MPa}$$

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 15 = 0,73$$

$$\mu_{Eds,lim} = \eta \cdot \lambda \cdot \xi_{lim} (1 - 0,5 \cdot \lambda \cdot \xi_{lim}) = 1 \cdot 0,8 \cdot 0,587 (1 - 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,587) = 0,359 \quad (\text{Pr.2})$$

$$x = \xi \cdot d = 0,224 \cdot 160 = 35,88 \text{ mm} \quad (\text{Pr.3})$$

Perdangos plokštės skerspjūvio charakteristikos

Redukuojame kiaurymę:

$$h_1 = 0,95 \cdot h = 0,95 \cdot 140 = 133 \text{ mm} \quad (\text{Pr.4})$$

$$b_1 = 0,95 \cdot b = 0,95 \cdot 60 = 57 \text{ mm} \quad (\text{Pr.5})$$

$$b_w = b_{eff} - n_{kiaur} \cdot b_1 = 1156 - 11 \cdot 57 = 529 \text{ mm} \quad (\text{Pr.6})$$

$$h_1 = 0,95 \cdot h = 0,95 \cdot 140 = 133 \text{ mm} \quad (\text{Pr.7})$$

$$b_{eff} = b - 44 = 1200 - 44 = 1156 \text{ mm} \quad (\text{Pr.8})$$

$$b_{f1} = b - 4 = 1200 - 4 = 1196 \text{ mm} \quad (\text{Pr.9})$$

Skerspjūvio plotas:

$$A_{eff} = b_w \cdot h + (b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff} + (b_{f1} - b_w) \cdot h_{f1} + \alpha \cdot A_{sp} \quad (\text{Pr.10})$$

$$= 529 \cdot 200 + (1156 - 529) \cdot 33 + (1196 - 529) \cdot 34 + \frac{195000}{31000} \cdot 416 = 1517,858 \text{ cm}^2$$

Skerspjūvio statinis momentas:

$$S_{eff} = 0,5 \cdot b_w \cdot h^2 + (b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff} \cdot (h - 0,5h_{eff}) + 0,5(b_{f1} - b_w) \cdot h_{f1}^2 + \alpha \cdot A_{sp} \quad (\text{Pr.11})$$

$$= 0,5 \cdot 529 \cdot 200^2 + (1156 - 529) \cdot 33 \cdot (200 - 0,5 \cdot 33) + 0,5(1196 - 529) \cdot 34^2 + \frac{195000}{31000} \cdot 416 \cdot 34$$

$$= 14866995 \text{ mm}^3 = 14866,995 \text{ cm}^3$$

Ekvivalentinio skerspjūvio svorio centro atstumas nuo plokštės apatinio sluoksnio:

$$y_c = \frac{S_{eff}}{A_{eff}} = \frac{14866,995}{1517,858} = 9,795 \text{ cm} \quad (\text{Pr.12})$$

Inercijos momentas O-O ašies atžvilgiu

$$\begin{aligned}
I_{eff} &= \frac{b_w \cdot h^3}{12} + b_w \cdot h \cdot (0,5h - y_c)^2 + \frac{(b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff}^3}{12} + (b_{eff} - b_w) \\
&\quad \cdot h_{eff} (h - y_c - 0,5 \cdot h_{eff})^2 + \frac{(b_{f_1} - b_w) \cdot h_{f_1}^3}{12} + (b_{f_1} - b_w) \\
&\quad \cdot h_{f_1} (y_c - 0,5 \cdot h_{f_1})^2 + \alpha \cdot A_{sp} \cdot (y_c - a_1)^2 \\
&= \frac{529 \cdot 200^3}{12} + 529 \cdot 200 \cdot (0,5 \cdot 200 - 97,95)^2 \\
&\quad + \frac{(1156 - 529) \cdot 33^3}{12} + (1156 - 529) \cdot 33 \\
&\quad \cdot (200 - 97,95 - 0,5 \cdot 33)^2 + \frac{(1196 - 529) \cdot 34^3}{12} \\
&\quad + (1196 - 529) \cdot 34 \cdot (97,95 - 0,5 \cdot 34)^2 + \frac{195000}{31000} \cdot 416 \\
&\quad \cdot (97,95 - 34)^2 = 665870355 \text{ mm}^4 = 66587,036 \text{ cm}^4
\end{aligned} \tag{Pr.13}$$

Atsparumo momentas apatinio sluoksnio atžvilgiu

$$W_{eff,bottom} = \frac{I_{eff}}{y_c} = \frac{66587,036}{97,95} = 6798,256 \text{ cm}^3 \tag{Pr.14}$$

Atsparumo momentas apatinio sluoksnio atžvilgiu

$$W_{eff,top} = \frac{I_{eff}}{h - y_c} = \frac{66587,036}{20 - 9,795} = 6524,765 \text{ cm}^3 \tag{Pr.15}$$

$$\sigma_t = \frac{M_{Ed}}{W_{eff,bottom}} = \frac{75,26 \cdot 10^3}{6798,256 \cdot (10^{-2})^3} = 11070486 \text{ Pa} = 11,07 \text{ MPa} \tag{Pr.16}$$

Plokštės skaičiavimas iki eksploataavimo stadijoje

Viršutinio krašto pleišėtumas

Pradiniai išankstiniai armatūros įtempiai:

$$\sigma_p = 0,7 \cdot f_{pk} = 0,7 \cdot 1600 = 1120 \text{ MPa} \tag{Pr.17}$$

Betono apspaudimo jėga po pirmųjų armatūros įtempių nuostolių iki ją atleidžiant iš atsparų bus:

$$P_{m,o} = A_{sp} \cdot \sigma_p = 416 \cdot 1120 = 465920 \text{ N} = 465,92 \text{ kN} \tag{Pr.18}$$

Charakteristinis betono tempiamasis stipris: $f_{ct} = 2 \text{ MPa}$

$$M^{Iš} = \frac{q_{perdanga} \cdot b \cdot a^2}{2} = \frac{3,32 \cdot 1,2 \cdot 1,0^2}{2} = 1,992 \text{ kNm} \tag{Pr.19}$$

$$e_{op} = \frac{h}{2} - a_1 = \frac{200}{2} - 40 = 60 \text{ mm} \tag{Pr.20}$$

Armatūros išankstinių įtempimų nuostoliai

Pirminiai nuostoliai

4.dėl greitai pasireiškiančio valkšnumo

$$P^{1-5} = \left(\sigma_p - \sum_{i=1}^5 \sigma_{los}^i \right) \cdot A_{sp} = (0,7 \cdot 1600 - (60,48 + 65 + 30)) \cdot 416$$

$$= 401240,32 \text{ N} = 401,240 \text{ kN} \quad (\text{Pr.21})$$

$$\alpha = 0,25 + 0,0025 \cdot f_{cpk,cube} = 0,25 + 0,0025 \cdot 0,7 \cdot 30 = 0,303 < 0,8 \quad (\text{Pr.22})$$

$$\beta = 5,25 - 0,185 \cdot f_{cp} = 5,25 - 0,185 \cdot 0,7 \cdot 30 = 1,365 \quad (\text{Pr.23})$$

$$\beta = 1,1$$

$\chi = 1,0$ natūraliai kietėjusio betono

Antrieji nuostoliai

2. dėl betono valkšnumo

$$P^{1-5} = \left(\sigma_p - \sum_{i=1}^8 \sigma_{los}^i \right) \cdot A_{sp} = (0,7 \cdot 1600 - (60,48 + 65 + 30 + 11,861 + 50)) \cdot 416$$

$$= 375506,134 \text{ N} = 375,506 \text{ kN} \quad (\text{Pr.24})$$

Pleišėtumas transportuojant

$$M^{I\ddot{s}} = \frac{q_{perdanga} \cdot a^2 \cdot \gamma_d}{2} = \frac{3,984 \cdot 1,35 \cdot 1,0^2 \cdot 1,6}{2} = 4,303 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.25})$$

Apgniuždymo jėga, veikianti plokštę kaip išorinė, irimo stadijoje iki eksploataavimo:

$$N_{con} = (\sigma_{sp} - 300) \cdot A_{sp} = (1120 - 300) \cdot 416 = 341120 \text{ N} = 341,12 \text{ kN} \quad (\text{Pr.26})$$

Jėgos N_{con} atstumas nuo viršutinės armatūros centro

$$e_p = d - a_1 + \frac{M^{I\ddot{s}}}{N_{con}} = 200 - \left(40 + \frac{9,3}{2} \right) + \frac{4,303 \cdot 10^3}{341,12} = 127,964 \text{ mm} \quad (\text{Pr.27})$$

$$\sigma_{sc} = \sigma_{sc,lim} - \gamma_{sp} (\sigma_p - \Sigma \Delta \sigma_{los}) = 500 - 1,1 \cdot (1120 - 259,682) \cong 0 \quad (\text{Pr.28})$$

$$\xi_{lim} = \frac{w}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \left(1 - \frac{w}{1,1} \right)} = \frac{0,73}{1 + \frac{670}{330} \left(1 - \frac{0,73}{1,1} \right)} = 0,434 \quad (\text{Pr.29})$$

$$\sigma_{s,lim} = f_{pd} + 400 - \sigma_p = 1390 + 400 - 1120 = 670 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.30})$$

$$\sigma_{sc,lim} = 330 \text{ MPa}$$

$$w = 0,85 - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 15 = 0,73 \quad (\text{Pr.31})$$

Plokštės stiprumo įstrižajame pjūvyje nustatymas

$$C_{Rk,c} = 0,18; \quad f_{ck} = 25 \text{ MPa}; \quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{160}} = 2,118 > 2 \quad (\text{Pr.32})$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{1,5} \cdot f_{ck}^{0,5} = 0,035 \cdot 2,118^{1,5} \cdot 25^{0,5} = 0,539 \quad (\text{Pr.33})$$

SPL2 kiaurymėtos perdangos plokštės projektavimas

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{358,73 \cdot 10^3}{18 \cdot 10^6 \cdot 1,2 \cdot 0,354^2} = 0,133 < \mu_{Eds,lim} = 0,348 \quad (\text{Pr.34})$$

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,706}{1 + \frac{363,636}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,706}{1,1}\right)} = 0,56 \quad (\text{Pr.35})$$

$$\sigma_{s,lim} = \frac{f_{yk}}{1,1} = 363,636 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.36})$$

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 18 = 0,706 \quad (\text{Pr.37})$$

$$\mu_{Eds,lim} = \eta \cdot \lambda \cdot \xi_{lim} (1 - 0,5 \cdot \lambda \cdot \xi_{lim}) = 1 \cdot 0,8 \cdot 0,56 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,56) = 0,348 \quad (\text{Pr.38})$$

$$x = \xi \cdot d = 0,179 \cdot 354 = 63,2 \text{ mm} \quad (\text{Pr.39})$$

Perdangos plokštės skerspjūvio charakteristikos

Redukuojame kiaurymę:

$$h_1 = 0,95 \cdot h = 0,95 \cdot 320 = 304 \text{ mm} \quad (\text{Pr.40})$$

$$b_1 = 0,95 \cdot b'_1 = 0,95 \cdot 175 = 166,25 \text{ mm} \quad (\text{Pr.41})$$

$$b_2 = 0,95 \cdot b'_2 = 0,95 \cdot 100 = 95 \text{ mm} \quad (\text{Pr.42})$$

$$b_w = b_{eff} - n_{kiaur} \cdot b_1 = 1154 - 4 \cdot 166,25 - 95 = 394 \text{ mm} \quad (\text{Pr.43})$$

$$b_{eff} = b - 44 = 1200 - 46 = 1154 \text{ mm} \quad (\text{Pr.44})$$

$$b_{f1} = b - 4 = 1200 - 4 = 1196 \text{ mm} \quad (\text{Pr.45})$$

$$h_w = h - h_{eff} - h_{f1} = 400 - 48 - 48 = 304 \text{ mm} \quad (\text{Pr.46})$$

Skerspjūvio plotas:

$$\begin{aligned} A_{eff} &= b_w \cdot h + (b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff} + (b_{f1} - b_w) \cdot h_{f1} + \alpha \cdot A_{sp} \\ &= 394 \cdot 400 + (1154 - 394) \cdot 48 + (1196 - 394) \cdot 48 \\ &\quad + \frac{195000}{32000} \cdot 744 = 2371,098 \text{ cm}^2 \end{aligned} \quad (\text{Pr.47})$$

Skerspjūvio statinis momentas:

$$\begin{aligned} S_{eff} &= 0,5 \cdot b_w \cdot h^2 + (b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff} \cdot (h - 0,5h_{eff}) + 0,5(b_{f1} - b_w) \cdot h_{f1}^2 \\ &\quad + \alpha \cdot A_{sp} \cdot a \\ &= 0,5 \cdot 394 \cdot 400^2 + (1154 - 394) \cdot 48 \cdot (400 - 0,5 \cdot 48) \\ &\quad + 0,5(1196 - 394) \cdot 48^2 + \frac{195000}{32000} \cdot 744 \cdot 40 \\ &= 46341,734 \text{ cm}^3 \end{aligned} \quad (\text{Pr.48})$$

Ekvivalentinio skerspjūvio svorio centro atstumas nuo plokštės apatinio sluoksnio:

$$y_c = \frac{S_{eff}}{A_{eff}} = \frac{46341,734}{2371,098} = 19,544 \text{ cm} \quad (\text{Pr.49})$$

Inercijos momentas O-O ašies atžvilgiu

$$\begin{aligned}
I_{eff} &= \frac{b_w \cdot h^3}{12} + b_w \cdot h \cdot (0,5h - y_c)^2 + \frac{(b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff}^3}{12} + (b_{eff} - b_w) \\
&\quad \cdot h_{eff} (h - y_c - 0,5 \cdot h_{eff})^2 + \frac{(b_{f_1} - b_w) \cdot h_{f_1}^3}{12} + (b_{f_1} - b_w) \\
&\quad \cdot h_{f_1} (y_c - 0,5 \cdot h_{f_1})^2 + \alpha \cdot A_{sp} \cdot (y_c - a_1)^2 \\
&= \frac{394 \cdot 400^3}{12} + 394 \cdot 400 \cdot (0,5 \cdot 400 - 195,44)^2 \\
&\quad + \frac{(1156 - 394) \cdot 48^3}{12} + (1156 - 394) \cdot 48 \\
&\quad \cdot (400 - 195,44 - 0,5 \cdot 48)^2 + \frac{(1196 - 394) \cdot 48^3}{12} \\
&\quad + (1196 - 394) \cdot 195,44 + \frac{195000}{32000} \cdot 744 \cdot (195,44 - 40)^2 \\
&= 454894,102 \text{ cm}^4
\end{aligned} \tag{Pr.50}$$

Atsparumo momentas apatinio sluoksnio atžvilgiu

$$W_{eff,bottom} = \frac{I_{eff}}{y_c} = \frac{454894,102}{19,544} = 23274,879 \text{ cm}^3 \tag{Pr.51}$$

Atsparumo momentas apatinio sluoksnio atžvilgiu

$$W_{eff,top} = \frac{I_{eff}}{h - y_c} = \frac{454894,102}{40 - 19,544} = 22238,146 \text{ cm}^3 \tag{Pr.52}$$

$$\sigma_t = \frac{M_{Ed}}{W_{eff,bottom}} = \frac{358,73 \cdot 10^3}{23274,879 \cdot (10^{-2})^3} = 15412754 \text{ Pa} = 15,413 \text{ MPa} \tag{Pr.53}$$

Plokštės skaičiavimas iki eksploataavimo stadijoje

Viršutinio krašto pleišėtumas

Pradiniai išankstiniai armatūros įtempiai:

$$\sigma_p = 0,7 \cdot f_{pk} = 0,7 \cdot 1600 = 1120 \text{ MPa} \tag{Pr.54}$$

Betono apspaudimo jėga po pirmųjų armatūros įtempių nuostolių iki ją atleidžiant iš atsparų bus:

$$P_{m,o} = A_{sp} \cdot \sigma_p = 744 \cdot 1120 = 833280 \text{ N} = 833,28 \text{ kN} \tag{Pr.55}$$

Charakteristinis betono tempiamasis stipris: $f_{ct} = 2 \text{ MPa}$

$$M^{Iš} = \frac{q_{perdanga} \cdot b \cdot a^2}{2} = \frac{5,34 \cdot 1,2 \cdot 1,5^2}{2} = 7,209 \text{ kNm} \tag{Pr.56}$$

$$e_{op} = \frac{h}{2} - a_1 = \frac{400}{2} - 40 = 160 \text{ mm} \tag{Pr.57}$$

Armatūros išankstinių įtempimų nuostoliai

Pirminiai nuostoliai

4.dėl greitai pasireiškiančio valkšnumo

$$\begin{aligned}
P^{1-5} &= \left(\sigma_p - \sum_{i=1}^5 \sigma_{los}^i \right) \cdot A_{sp} = (0,7 \cdot 1600 - (60,48 + 33,913 + 30)) \cdot 744 \\
&= 740731,576 \text{ N} = 740,732 \text{ kN}
\end{aligned} \tag{Pr.58}$$

$$\alpha = 0,25 + 0,0025 \cdot f_{cpk,cube} = 0,25 + 0,0025 \cdot 0,7 \cdot 37 = 0,315 < 0,8 \quad (\text{Pr.59})$$

$$\beta = 5,25 - 0,185 \cdot f_{cpk,cube} = 5,25 - 0,185 \cdot 0,7 \cdot 37 = 0,458 \quad (\text{Pr.60})$$

$$\beta = 1,1$$

$\chi = 1,0$ natūraliai kietėjusio betono

Antrieji nuostoliai

2. dėl betono valkšnumo

$$P^{1-8} = \left(\sigma_p - \sum_{i=1}^8 \sigma_{los}^i \right) \cdot A_{sp} \quad (\text{Pr.61})$$

$$= (0,7 \cdot 1600 - (60,48 + 33,913 + 30 + 21,711 + 50)) \cdot 744$$

$$= 687378,937 \text{ N} = 687,38 \text{ kN}$$

Pleišėtumas transportuojant

$$M^{I\check{s}} = \frac{q_{perdanga} \cdot a^2 \cdot \gamma_d}{2} = \frac{5,34 \cdot 1,35 \cdot 1,5^2 \cdot 1,6}{2} = 15,571 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.62})$$

Apgniuždymo jėga, veikianti plokštę kaip išorinė, irimo stadijoje iki eksploataavimo:

$$N_{con} = (\sigma_{sp} - 300) \cdot A_{sp} = (1120 - 300) \cdot 744 = 610080 \text{ N} = 610,08 \text{ kN} \quad (\text{Pr.63})$$

Jėgos N_{con} atstumas nuo viršutinės armatūros centro

$$e_p = d - a_1 + \frac{M^{I\check{s}}}{N_{con}} = 354 - \left(40 + \frac{12,5}{2} \right) + \frac{15,571 \cdot 10^3}{610,08} = 333,024 \text{ mm} \quad (\text{Pr.64})$$

$$\sigma_{sc} = \sigma_{sc,lim} - \gamma_{sp} (\sigma_p - \Sigma \Delta \sigma_{los}) = 500 - 1,1(1120 - 255,003) \cong 0 \quad (\text{Pr.65})$$

$$\xi_{lim} = \frac{w}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \left(1 - \frac{w}{1,1} \right)} = \frac{0,706}{1 + \frac{670}{330} \left(1 - \frac{0,706}{1,1} \right)} = 0,409 \quad (\text{Pr.66})$$

$$\sigma_{s,lim} = f_{pd} + 400 - \sigma_p = 1390 + 400 - 1120 = 670 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.67})$$

$$\sigma_{sc,lim} = 330 \text{ MPa}$$

$$w = 0,85 - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 18 = 0,706 \quad (\text{Pr.68})$$

Plokštės stiprumo įstrižajame pjūvyje nustatymas

$$C_{Rk,c} = 0,18; \quad f_{ck} = 30 \text{ MPa}; \quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{354}} = 1,752 < 2 \quad (\text{Pr.69})$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{1,5} \cdot f_{ck}^{0,5} = 0,035 \cdot 1,752^{1,5} \cdot 30^{0,5} = 0,445 \quad (\text{Pr.70})$$

SPL3 kiaurymėtos perdangos plokštės projektavimas

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{124,19 \cdot 10^3}{18 \cdot 10^6 \cdot 1,2 \cdot 0,355^2} = 0,055 < \mu_{Eds,lim} = 0,359 \quad (\text{Pr.71})$$

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1} \right)} = \frac{0,73}{1 + \frac{363,636}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,73}{1,1} \right)} = 0,587 \quad (\text{Pr.72})$$

$$\sigma_{s,lim} = \frac{f_{yk}}{1,1} = 363,636 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.73})$$

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 15 = 0,73 \quad (\text{Pr.74})$$

$$\mu_{Eds,lim} = \eta \cdot \lambda \cdot \xi_{lim} (1 - 0,5 \cdot \lambda \cdot \xi_{lim}) \quad (\text{Pr.75})$$

$$= 1 \cdot 0,8 \cdot 0,587 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,587) = 0,359$$

$$x = \xi \cdot d = 0,07 \cdot 355 = 24,97 \text{ mm} \quad (\text{Pr.76})$$

Perdangos plokštės skerspjūvio charakteristikos

Redukuojame kiaurymę:

$$h_1 = 0,95 \cdot h = 0,95 \cdot 320 = 304 \text{ mm} \quad (\text{Pr.77})$$

$$b_1 = 0,95 \cdot b_1' = 0,95 \cdot 175 = 166,25 \text{ mm} \quad (\text{Pr.78})$$

$$b_2 = 0,95 \cdot b_2' = 0,95 \cdot 100 = 95 \text{ mm} \quad (\text{Pr.79})$$

$$b_w = b_{eff} - n_{kiaur} \cdot b_1 = 1154 - 4 \cdot 166,25 - 95 = 394 \text{ mm} \quad (\text{Pr.80})$$

$$b_{eff} = b - 44 = 1200 - 46 = 1154 \text{ mm} \quad (\text{Pr.81})$$

$$b_{f1} = b - 4 = 1200 - 4 = 1196 \text{ mm} \quad (\text{Pr.82})$$

$$h_w = h - h_{eff} - h_{f1} = 400 - 48 - 48 = 304 \text{ mm} \quad (\text{Pr.83})$$

Skerspjūvio plotas:

$$A_{eff} = b_w \cdot h + (b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff} + (b_{f1} - b_w) \cdot h_{f1} + \alpha \cdot A_{sp} \quad (\text{Pr.84})$$

$$= 394 \cdot 400 + (1154 - 394) \cdot 48 + (1196 - 394) \cdot 48$$

$$+ \frac{195000}{31000} \cdot 312 = 2345,386 \text{ cm}^2$$

Skerspjūvio statinis momentas:

$$S_{eff} = 0,5 \cdot b_w \cdot h^2 + (b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff} \cdot (h - 0,5h_{eff}) + 0,5(b_{f1} - b_w) \cdot h_{f1}^2 \quad (\text{Pr.85})$$

$$+ \alpha \cdot A_{sp} \cdot a$$

$$= 0,5 \cdot 394 \cdot 400^2 + (1154 - 394) \cdot 48 \cdot (400 - 0,5 \cdot 48)$$

$$+ 0,5(1196 - 394) \cdot 48^2 + \frac{195000}{31000} \cdot 312 \cdot 40$$

$$= 46238,887 \text{ cm}^3$$

Ekvivalentinio skerspjūvio svorio centro atstumas nuo plokštės apatinio sluoksnio:

$$y_c = \frac{S_{eff}}{A_{eff}} = \frac{46238,887}{2345,386} = 19,715 \text{ cm} \quad (\text{Pr.86})$$

Inercijos momentas O-O ašies atžvilgiu

$$\begin{aligned}
I_{eff} &= \frac{b_w \cdot h^3}{12} + b_w \cdot h \cdot (0,5h - y_c)^2 + \frac{(b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff}^3}{12} + (b_{eff} - b_w) \\
&\quad \cdot h_{eff} (h - y_c - 0,5 \cdot h_{eff})^2 + \frac{(b_{f_1} - b_w) \cdot h_{f_1}^3}{12} + (b_{f_1} - b_w) \\
&\quad \cdot h_{f_1} (y_c - 0,5 \cdot h_{f_1})^2 + \alpha \cdot A_{sp} \cdot (y_c - a_1)^2 \\
&= \frac{394 \cdot 400^3}{12} + 394 \cdot 400 \cdot (0,5 \cdot 400 - 197,15)^2 \\
&\quad + \frac{(1156 - 394) \cdot 48^3}{12} + (1156 - 394) \cdot 48 \\
&\quad \cdot (400 - 197,15 - 0,5 \cdot 48)^2 + \frac{(1196 - 394) \cdot 48^3}{12} \\
&\quad + (1196 - 394) \cdot 197,15 + \frac{195000}{31000} \cdot 312 \cdot (197,15 - 40)^2 \\
&= 448613,3 \text{ cm}^4
\end{aligned} \tag{Pr.87}$$

Atsparumo momentas apatinio sluoksnio atžvilgiu

$$W_{eff,bottom} = \frac{I_{eff}}{y_c} = \frac{448613,3}{19,715} = 22755,117 \text{ cm}^3 \tag{Pr.88}$$

Atsparumo momentas apatinio sluoksnio atžvilgiu

$$W_{eff,top} = \frac{I_{eff}}{h - y_c} = \frac{448613,3}{40 - 19,715} = 22115,336 \text{ cm}^3 \tag{Pr.89}$$

$$\sigma_t = \frac{M_{Ed}}{W_{eff,bottom}} = \frac{124,19 \cdot 10^3}{22755,117 \cdot (10^{-2})^3} = 5457673 \text{ Pa} = 5,458 \text{ MPa} \tag{Pr.90}$$

Plokštės skaičiavimas iki eksploataavimo stadijoje

Viršutinio krašto pleišėtumas

Pradiniai išankstiniai armatūros įtempiai:

$$\sigma_p = 0,7 \cdot f_{pk} = 0,7 \cdot 1520 = 1064 \text{ MPa} \tag{Pr.91}$$

Betono apspaudimo jėga po pirmųjų armatūros įtempių nuostolių iki ją atleidžiant iš atsparų bus:

$$P_{m,o} = A_{sp} \cdot \sigma_p = 312 \cdot 1064 = 331968 \text{ N} = 331,968 \text{ kN} \tag{Pr.92}$$

Charakteristinis betono tempiamasis stipris: $f_{ct} = 1,8 \text{ MPa}$

$$M^{iš} = \frac{q_{perdanga} \cdot b \cdot a^2}{2} = \frac{5,34 \cdot 1,2 \cdot 1^2}{2} = 3,204 \text{ kNm} \tag{Pr.93}$$

$$e_{op} = \frac{h}{2} - a_1 = \frac{400}{2} - 40 = 160 \text{ mm} \tag{Pr.94}$$

Armatūros išankstinių įtempimų nuostoliai

Pirminiai nuostoliai

4. dėl greitai pasireiškiančio valkšnumo

$$\begin{aligned}
P^{1-5} &= \left(\sigma_p - \sum_{i=1}^5 \sigma_{los}^i \right) \cdot A_{sp} = (0,7 \cdot 1520 - (57,456 + 56,769 + 30)) \cdot 312 = \\
&= 286969,938 \text{ N} = 286,97 \text{ kN}
\end{aligned} \tag{Pr.95}$$

$$\alpha = 0,25 + 0,0025 \cdot f_{cpk,cube} = 0,25 + 0,0025 \cdot 0,7 \cdot 30 = 0,303 < 0,8 \quad (\text{Pr.96})$$

$$\beta = 5,25 - 0,185 \cdot f_{cpk,cube} = 5,25 - 0,185 \cdot 0,7 \cdot 30 = 1,365 \quad (\text{Pr.97})$$

$$\beta = 1,1$$

$\chi = 1,0$ natūraliai kietėjusio betono

Antrieji nuostoliai

$$P^{1-8} = \left(\sigma_p - \sum_{i=1}^8 \sigma_{los}^i \right) \cdot A_{sp} \quad (\text{Pr.98})$$

$$= (0,7 \cdot 1520 - (57,456 + 56,769 + 30 + 7,862 + 50)) \cdot 312$$

$$= 268916,978 \text{ N} = 268,917 \text{ kN}$$

Pleišėtumas transportuojant

$$M^{iš} = \frac{q_{perdanga} \cdot a^2 \cdot \gamma_d}{2} = \frac{6,41 \cdot 1,35 \cdot 1^2 \cdot 1,6}{2} = 6,921 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.99})$$

Apgniuždymo jėga, veikianti plokštę kaip išorinė, irimo stadijoje iki eksploataavimo:

$$N_{con} = (\sigma_{sp} - 300) \cdot A_{sp} = (1064 - 300) \cdot 312 = 238368 \text{ N} \quad (\text{Pr.100})$$

$$= 238,368 \text{ kN}$$

Jėgos N_{con} atstumas nuo viršutinės armatūros centro

$$e_p = d - a_1 + \frac{M^{iš}}{N_{con}} = 354 - \left(40 + \frac{9,3}{2} \right) + \frac{6,921 \cdot 10^3}{238,368} = 339,733 \text{ mm} \quad (\text{Pr.101})$$

$$\sigma_{sc} = \sigma_{sc,lim} - \gamma_{sp} \left(\frac{\sigma_p - \Sigma \Delta \sigma_{los}}{w} \right) = 500 - 1,1 \frac{(1064 - 230,31)}{0,73} \cong 0 \quad (\text{Pr.102})$$

$$\xi_{lim} = \frac{w}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \left(1 - \frac{w}{1,1} \right)} = \frac{0,73}{1 + \frac{586}{330} \left(1 - \frac{0,73}{1,1} \right)} = 0,457 \quad (\text{Pr.103})$$

$$\sigma_{s,lim} = f_{pd} + 400 - \sigma_p = 1250 + 400 - 1064 = 586 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.104})$$

$$\sigma_{sc,lim} = 330 \text{ MPa}$$

$$w = 0,85 - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 15 = 0,73 \quad (\text{Pr.105})$$

Plokštės stiprumo įstrižajame pjūvyje nustatymas

$$C_{Rk,c} = 0,18; \quad f_{ck} = 25 \text{ MPa}; \quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{355}} = 1,75 < 2 \quad (\text{Pr.106})$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{1,5} \cdot f_{ck}^{0,5} = 0,035 \cdot 1,752^{1,5} \cdot 25^{0,5} = 0,405 \quad (\text{Pr.107})$$

SPL4 kiaurymėtos perdangos plokštės projektavimas

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{53,43 \cdot 10^3}{15 \cdot 10^6 \cdot 1,2 \cdot 0,205^2} = 0,07 < \mu_{Eds,lim} = 0,359 \quad (\text{Pr.108})$$

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,73}{1 + \frac{363,636}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,73}{1,1}\right)} = 0,587 \quad (\text{Pr.109})$$

$$\sigma_{s,lim} = \frac{f_{yk}}{1,1} = 363,636 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.110})$$

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 15 = 0,73 \quad (\text{Pr.111})$$

$$\mu_{Eds,lim} = \eta \cdot \lambda \cdot \xi_{lim} (1 - 0,5 \cdot \lambda \cdot \xi_{lim}) \quad (\text{Pr.112})$$

$$= 1 \cdot 0,8 \cdot 0,587 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,587) = 0,359$$

$$x = \xi \cdot d = 0,091 \cdot 205 = 18,75 \text{ mm} \quad (\text{Pr.113})$$

Perdangos plokštės skerspjūvio charakteristikos

Redukuojame kiaurymę:

$$h_1 = 0,95 \cdot h = 0,95 \cdot 180 = 171 \text{ mm} \quad (\text{Pr.114})$$

$$b_1 = 0,95 \cdot b_1' = 0,95 \cdot 6 = 57 \text{ mm} \quad (\text{Pr.115})$$

$$b_w = b_{eff} - n_{kiaur} \cdot b_1 = 1154 - 1 \cdot 57 = 527 \text{ mm} \quad (\text{Pr.116})$$

$$b_{eff} = b - 46 = 1200 - 46 = 1154 \text{ mm} \quad (\text{Pr.117})$$

$$b_{f1} = b - 4 = 1200 - 4 = 1196 \text{ mm} \quad (\text{Pr.118})$$

$$h_w = h - h_{eff} - h_{f1} = 250 - 39 - 40 = 171 \text{ mm} \quad (\text{Pr.119})$$

Skerspjūvio plotas:

$$A_{eff} = b_w \cdot h + (b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff} + (b_{f1} - b_w) \cdot h_{f1} + \alpha \cdot A_{sp} \quad (\text{Pr.120})$$

$$= 527 \cdot 250 + (1154 - 527) \cdot 39 + (1196 - 527) \cdot 40$$

$$+ \frac{195000}{31000} \cdot 208 = 1842,714 \text{ cm}^2$$

Skerspjūvio statinis momentas:

$$S_{eff} = 0,5 \cdot b_w \cdot h^2 + (b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff} \cdot (h - 0,5h_{eff}) + 0,5(b_{f1} - b_w) \quad (\text{Pr.121})$$

$$\cdot h_{f1}^2 + \alpha \cdot A_{sp} \cdot a$$

$$= 0,5 \cdot 527 \cdot 250^2 + (1154 - 527) \cdot 39 \cdot (250 - 0,5 \cdot 39)$$

$$+ 0,5(1196 - 527) \cdot 40^2 + \frac{195000}{31000} \cdot 208 \cdot 40$$

$$= 22692,702 \text{ cm}^3$$

Ekvivalentinio skerspjūvio svorio centro atstumas nuo plokštės apatinio sluoksnio:

$$y_c = \frac{S_{eff}}{A_{eff}} = \frac{22692,702}{1842,714} = 12,315 \text{ cm} \quad (\text{Pr.122})$$

Inercijos momentas O-O ašies atžvilgiu

$$\begin{aligned}
I_{eff} &= \frac{b_w \cdot h^3}{12} + b_w \cdot h \cdot (0,5h - y_c)^2 + \frac{(b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff}^3}{12} + (b_{eff} - b_w) \\
&\quad \cdot h_{eff} (h - y_c - 0,5 \cdot h_{eff})^2 + \frac{(b_{eff} - b_w) \cdot h_{f_1}^3}{12} + (b_{f_1} - b_w) \\
&\quad \cdot h_{f_1} (y_c - 0,5 \cdot h_{f_1})^2 + \alpha \cdot A_{sp} \cdot (y_c - a_1)^2 \\
&= \frac{527 \cdot 250^3}{12} + 527 \cdot 250 \cdot (0,5 \cdot 250 - 123,15)^2 \\
&\quad + \frac{(1156 - 527) \cdot 39^3}{12} + (1156 - 527) \cdot 39 \\
&\quad \cdot (250 - 123,15 - 0,5 \cdot 39)^2 + \frac{(1196 - 527) \cdot 40^3}{12} \\
&\quad + (1196 - 527) \cdot 40 \cdot (123,15 - 0,5 \cdot 40) + \frac{195000}{31000} \cdot 208 \\
&\quad \cdot (123,15 - 40)^2 = 126865,958 \text{ cm}^4
\end{aligned} \tag{Pr.123}$$

Atsparumo momentas apatinio sluoksnio atžvilgiu

$$W_{eff, bottom} = \frac{I_{eff}}{y_c} = \frac{126865,958}{12,315} = 10301,887 \text{ cm}^3 \tag{Pr.124}$$

Atsparumo momentas apatinio sluoksnio atžvilgiu

$$W_{eff, top} = \frac{I_{eff}}{h - y_c} = \frac{126865,958}{25 - 12,315} = 10001,121 \text{ cm}^3 \tag{Pr.125}$$

$$\sigma_t = \frac{M_{Ed}}{W_{eff, bottom}} = \frac{53,43 \cdot 10^3}{10301,887 \cdot (10^{-2})^3} = 5186428 \text{ Pa} = 5,186 \text{ MPa} \tag{Pr.126}$$

Plokštės skaičiavimas iki eksploataavimo stadijoje

Viršutinio krašto pleišėtumas

Pradiniai išankstiniai armatūros įtempiai:

$$\sigma_p = 0,7 \cdot f_{pk} = 0,7 \cdot 1520 = 1064 \text{ MPa} \tag{Pr.127}$$

Betono apspaudimo jėga po pirmųjų armatūros įtempių nuostolių iki ją atleidžiant iš atsparų bus:

$$P_{m,o} = A_{sp} \cdot \sigma_p = 208 \cdot 1064 = 221312 \text{ N} = 221,312 \text{ kN} \tag{Pr.128}$$

Charakteristinis betono tempiamasis stipris: $f_{ct} = 1,8 \text{ MPa}$

$$M^{\text{iš}} = \frac{q_{perdanga} \cdot b \cdot a^2}{2} = \frac{4,03 \cdot 1,2 \cdot 1^2}{2} = 2,418 \text{ kNm} \tag{Pr.129}$$

$$e_{op} = \frac{h}{2} - a_1 = \frac{250}{2} - 40 = 85 \text{ mm} \tag{Pr.130}$$

Armatūros išankstinių įtempimų nuostoliai

Pirminiai nuostoliai

4. dėl greitai pasireiškiančio valkšnumo

$$\begin{aligned}
P^{1-5} &= \left(\sigma_p - \sum_{i=1}^5 \sigma_{los}^i \right) \cdot A_{sp} = (0,7 \cdot 1520 - (57,456 + 70,144 + 30)) \cdot 208 \\
&= 188531,224 \text{ N} = 188,531 \text{ kN}
\end{aligned} \tag{Pr.131}$$

$$\alpha = 0,25 + 0,0025 \cdot f_{cpk,cube} = 0,25 + 0,0025 \cdot 0,7 \cdot 30 = 0,303 < 0,8 \quad (\text{Pr.132})$$

$$\beta = 5,25 - 0,185 \cdot f_{cpk,cube} = 5,25 - 0,185 \cdot 0,7 \cdot 30 = 1,365 \quad (\text{Pr.133})$$

$$\beta = 1,1$$

$\chi = 1,0$ natūraliai kietėjusio betono

Antrieji nuostoliai

$$P^{1-8} = \left(\sigma_p - \sum_{i=1}^8 \sigma_{los}^i \right) \cdot A_{sp} \quad (\text{Pr.134})$$

$$= (0,7 \cdot 1520 - (57,456 + 70,144 + 30 + 6,239 + 50)) \cdot 208$$

$$= 176833,582 \text{ N} = 176,834 \text{ kN}$$

Pleišėtumas transportuojant

$$M^{Iš} = \frac{q_{perdanga} \cdot a^2 \cdot \gamma_d}{2} = \frac{4,84 \cdot 1,35 \cdot 1^2 \cdot 1,6}{2} = 5,223 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.135})$$

Apgniuždymo jėga, veikianti plokštę kaip išorinė, irimo stadijoje iki eksploataavimo:

$$N_{con} = (\sigma_{sp} - 300) \cdot A_{sp} = (1064 - 300) \cdot 208 = 158912 \text{ N} \quad (\text{Pr.136})$$

$$= 158,912 \text{ kN}$$

Jėgos N_{con} atstumas nuo viršutinės armatūros centro

$$e_p = d - a_1 + \frac{M^{Iš}}{N_{con}} = 205 - \left(40 + \frac{9,3}{2} \right) + \frac{5,223 \cdot 10^3}{158,912} = 193,566 \text{ mm} \quad (\text{Pr.137})$$

$$\sigma_{sc} = \frac{\sigma_{sc,lim} - \gamma_{sp}(\sigma_p - \Sigma \Delta \sigma_{los})}{w} = \frac{500 - 1,1(1064 - 236,325)}{0,73} \cong 0 \quad (\text{Pr.138})$$

$$\xi_{lim} = \frac{\xi_{s,lim}}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \left(1 - \frac{w}{1,1} \right)} = \frac{0,73}{1 + \frac{586}{330} \left(1 - \frac{0,73}{1,1} \right)} = 0,457 \quad (\text{Pr.139})$$

$$\sigma_{s,lim} = f_{pd} + 400 - \sigma_p = 1250 + 400 - 1064 = 586 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.140})$$

$$\sigma_{sc,lim} = 330 \text{ MPa}$$

$$w = 0,85 - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 15 = 0,73 \quad (\text{Pr.141})$$

Plokštės stiprumo įstrižajame pjūvyje nustatymas

$$C_{Rk,c} = 0,18; \quad f_{ck} = 25 \text{ MPa}; \quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{205}} = 1,987 < 2 \quad (\text{Pr.142})$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{1,5} \cdot f_{ck}^{0,5} = 0,035 \cdot 1,987^{1,5} \cdot 25^{0,5} = 0,49 \quad (\text{Pr.143})$$

SPL5 kiaurymėtos perdangos plokštės projektavimas

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{78,11 \cdot 10^3}{15 \cdot 10^6 \cdot 1,2 \cdot 0,355^2} = 0,034 < \mu_{Eds,lim} = 0,359 \quad (\text{Pr.144})$$

$$\xi_{lim} = \frac{\xi_{s,lim}}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1} \right)} = \frac{0,73}{1 + \frac{363,636}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,73}{1,1} \right)} = 0,587 \quad (\text{Pr.145})$$

$$\sigma_{s,lim} = \frac{f_{yk}}{1,1} = 363,636 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.146})$$

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 15 = 0,73 \quad (\text{Pr.147})$$

$$\mu_{Eds,lim} = \eta \cdot \lambda \cdot \xi_{lim} (1 - 0,5 \cdot \lambda \cdot \xi_{lim}) \quad (\text{Pr.148})$$

$$= 1 \cdot 0,8 \cdot 0,587 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,587) = 0,359$$

$$x = \xi \cdot d = 0,044 \cdot 355 = 15,54 \text{ mm} \quad (\text{Pr.149})$$

Perdangos plokštės skerspjūvio charakteristikos

Redukuojame kiaurymę:

$$h_1 = 0,95 \cdot h = 0,95 \cdot 320 = 304 \text{ mm} \quad (\text{Pr.150})$$

$$b_1 = 0,95 \cdot b'_1 = 0,95 \cdot 175 = 166,25 \text{ mm} \quad (\text{Pr.151})$$

$$b_2 = 0,95 \cdot b'_2 = 0,95 \cdot 100 = 95 \text{ mm} \quad (\text{Pr.152})$$

$$b_w = b_{eff} - n_{kiaur} \cdot b_1 = 1154 - 4 \cdot 166,25 - 95 = 394 \text{ mm} \quad (\text{Pr.153})$$

$$b_{eff} = b - 44 = 1200 - 46 = 1154 \text{ mm} \quad (\text{Pr.154})$$

$$b_{f1} = b - 4 = 1200 - 4 = 1196 \text{ mm} \quad (\text{Pr.155})$$

$$h_w = h - h_{eff} - h_{f1} = 400 - 48 - 48 = 304 \text{ mm} \quad (\text{Pr.156})$$

Skerspjūvio plotas:

$$A_{eff} = b_w \cdot h + (b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff} + (b_{f1} - b_w) \cdot h_{f1} + \alpha \cdot A_{sp} \quad (\text{Pr.157})$$

$$= 394 \cdot 400 + (1154 - 394) \cdot 48 + (1196 - 394) \cdot 48$$

$$+ \frac{195000}{31000} \cdot 208 = 2338,844 \text{ cm}^2$$

Skerspjūvio statinis momentas:

$$S_{eff} = 0,5 \cdot b_w \cdot h^2 + (b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff} \cdot (h - 0,5h_{eff}) + 0,5(b_{f1} - b_w) \quad (\text{Pr.158})$$

$$\cdot h_{f1}^2 + \alpha \cdot A_{sp} \cdot a$$

$$= 0,5 \cdot 394 \cdot 400^2 + (1154 - 394) \cdot 48 \cdot (400 - 0,5 \cdot 48)$$

$$+ 0,5(1196 - 394) \cdot 48^2 + \frac{195000}{31000} \cdot 208 \cdot 40$$

$$= 46212,719 \text{ cm}^3$$

Ekvivalentinio skerspjūvio svorio centro atstumas nuo plokštės apatinio sluoksnio:

$$y_c = \frac{S_{eff}}{A_{eff}} = \frac{46212,719}{2338,844} = 19,759 \text{ cm} \quad (\text{Pr.159})$$

Inercijos momentas O-O ašies atžvilgiu

$$\begin{aligned}
I_{eff} &= \frac{b_w \cdot h^3}{12} + b_w \cdot h \cdot (0,5h - y_c)^2 + \frac{(b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff}^3}{12} + (b_{eff} - b_w) \\
&\quad \cdot h_{eff} (h - y_c - 0,5 \cdot h_{eff})^2 + \frac{(b_{f_1} - b_w) \cdot h_{f_1}^3}{12} + (b_{f_1} - b_w) \\
&\quad \cdot h_{f_1} (y_c - 0,5 \cdot h_{f_1})^2 + \alpha \cdot A_{sp} \cdot (y_c - a_1)^2 \\
&= \frac{394 \cdot 400^3}{12} + 394 \cdot 400 \cdot (0,5 \cdot 400 - 197,15)^2 \\
&\quad + \frac{(1156 - 394) \cdot 48^3}{12} + (1156 - 394) \cdot 48 \\
&\quad \cdot (400 - 197,15 - 0,5 \cdot 48)^2 + \frac{(1196 - 394) \cdot 48^3}{12} \\
&\quad + (1196 - 394) \cdot 197,15 + \frac{195000}{31000} \cdot 208 \cdot (197,15 - 40)^2 \\
&= 446993,212 \text{ cm}^4
\end{aligned} \tag{Pr.160}$$

Atsparumo momentas apatinio sluoksnio atžvilgiu

$$W_{eff,bottom} = \frac{I_{eff}}{y_c} = \frac{446993,212}{19,759} = 22622,502 \text{ cm}^3 \tag{Pr.161}$$

Atsparumo momentas apatinio sluoksnio atžvilgiu

$$W_{eff,top} = \frac{I_{eff}}{h - y_c} = \frac{446993,212}{40 - 19,759} = 22083,322 \text{ cm}^3 \tag{Pr.163}$$

$$\sigma_t = \frac{M_{Ed}}{W_{eff,bottom}} = \frac{78,11 \cdot 10^3}{22622,502 \cdot (10^{-2})^3} = 3452757 \text{ Pa} = 3,453 \text{ MPa} \tag{Pr.164}$$

Plokštės skaičiavimas iki eksploataavimo stadijoje

Pradiniai išankstiniai armatūros įtempiai:

$$\sigma_p = 0,7 \cdot f_{pk} = 0,7 \cdot 1520 = 1064 \text{ MPa} \tag{Pr.165}$$

Betono apspaudimo jėga po pirmųjų armatūros įtempimų nuostolių iki ją atleidžiant iš atsparų bus:

$$P_{m,o} = A_{sp} \cdot \sigma_p = 208 \cdot 1064 = 221312 \text{ N} = 221,312 \text{ kN} \tag{Pr.166}$$

Charakteristinis betono tempiamasis stipris: $f_{ct} = 1,8 \text{ MPa}$

$$M^{iš} = \frac{q_{perdanga} \cdot b \cdot a^2}{2} = \frac{5,34 \cdot 1,2 \cdot 1^2}{2} = 3,204 \text{ kNm} \tag{Pr.167}$$

$$e_{op} = \frac{h}{2} - a_1 = \frac{400}{2} - 40 = 160 \text{ mm} \tag{Pr.168}$$

Armatūros išankstinių įtempimų nuostoliai

Pirminiai nuostoliai

4.dėl greitai pasireiškiančio valkšnumo

$$\begin{aligned}
P^{1-5} &= \left(\sigma_p - \sum_{i=1}^5 \sigma_{los}^i \right) \cdot A_{sp} = (0,7 \cdot 1520 - (57,456 + 70,909 + 30)) \cdot 208 \\
&= 188372,061 \text{ N} = 188,372 \text{ kN}
\end{aligned} \tag{Pr.169}$$

$$\alpha = 0,25 + 0,0025 \cdot f_{cpk,cube} = 0,25 + 0,0025 \cdot 0,7 \cdot 30 = 0,303 < 0,8 \quad (\text{Pr.170})$$

$$\beta = 5,25 - 0,185 \cdot f_{cpk,cube} = 5,25 - 0,185 \cdot 0,7 \cdot 30 = 1,365 \quad (\text{Pr.171})$$

$$\beta = 1,1$$

$\chi = 1,0$ natūraliai kietėjusio betono

Antrieji nuostoliai

$$P^{1-8} = \left(\sigma_p - \sum_{i=1}^8 \sigma_{los}^i \right) \cdot A_{sp} \quad (\text{Pr.172})$$

$$= (0,7 \cdot 1520 - (57,456 + 70,909 + 30 + 5,155 + 50)) \cdot 208$$

$$= 176899,891 \text{ N} = 176,9 \text{ kN}$$

Pleišėtumas transportuojant

$$M^{I\dot{s}} = \frac{q_{perdanga} \cdot a^2 \cdot \gamma_d}{2} = \frac{6,41 \cdot 1,35 \cdot 1^2 \cdot 1,6}{2} = 6,921 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.173})$$

Apgniuždymo jėga, veikianti plokštę kaip išorinė, irimo stadijoje iki eksploataavimo:

$$N_{con} = (\sigma_{sp} - 300) \cdot A_{sp} = (1064 - 300) \cdot 208 = 158912 \text{ N} \quad (\text{Pr.174})$$

$$= 158,912 \text{ kN}$$

Jėgos N_{con} atstumas nuo viršutinės armatūros centro

$$e_p = d - a_1 + \frac{M^{I\dot{s}}}{N_{con}} = 355 - \left(40 + \frac{9,3}{2} \right) + \frac{6,921 \cdot 10^3}{158,912} = 354,25 \text{ mm} \quad (\text{Pr.175})$$

$$\sigma_{sc} = \sigma_{sc,lim} - \gamma_{sp} (\sigma_p - \Sigma \Delta \sigma_{los}) = 500 - 1,1(1064 - 232,044) \cong 0 \quad (\text{Pr.176})$$

$$\xi_{lim} = \frac{w}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \left(1 - \frac{w}{1,1} \right)} = \frac{0,73}{1 + \frac{586}{330} \left(1 - \frac{0,73}{1,1} \right)} = 0,457 \quad (\text{Pr.177})$$

$$\sigma_{s,lim} = f_{pd} + 400 - \sigma_p = 1250 + 400 - 1064 = 586 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.178})$$

$$\sigma_{sc,lim} = 330 \text{ MPa}$$

Plokštės stiprumo įstrižajame pjūvyje nustatymas

$$C_{Rk,c} = 0,18; \quad f_{ck} = 25 \text{ MPa}; \quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{355}} = 1,75 < 2 \quad (\text{Pr.179})$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{1,5} \cdot f_{ck}^{0,5} = 0,035 \cdot 1,75^{1,5} \cdot 25^{0,5} = 0,405 \quad (\text{Pr.180})$$

SPL6 kiaurymėtos perdangos plokštės projektavimas

$$\mu_{Eds,lim} = \eta \cdot \lambda \cdot \xi_{lim} (1 - 0,5 \cdot \lambda \cdot \xi_{lim}) \quad (\text{Pr.181})$$

$$= 1 \cdot 0,8 \cdot 0,587 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,587) = 0,359$$

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{29,56 \cdot 10^3}{15 \cdot 10^6 \cdot 1,2 \cdot 0,355^2} = 0,013 < \mu_{Eds,lim} = 0,359 \quad (\text{Pr.182})$$

$$\xi_{lim} = \frac{0,73}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1} \right)} = \frac{0,73}{1 + \frac{363,636}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,73}{1,1} \right)} = 0,587 \quad (\text{Pr.183})$$

$$\sigma_{s,lim} = \frac{f_{yk}}{1,1} = 363,636 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.184})$$

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 15 = 0,73 \quad (\text{Pr.185})$$

$$x = \xi \cdot d = 0,016 \cdot 355 = 5,81 \text{ mm} \quad (\text{Pr.186})$$

Perdangos plokštės skerspjūvio charakteristikos

Redukuojame kiaurymę:

$$h_1 = 0,95 \cdot h = 0,95 \cdot 320 = 304 \text{ mm} \quad (\text{Pr.187})$$

$$b_1 = 0,95 \cdot b'_1 = 0,95 \cdot 175 = 166,25 \text{ mm} \quad (\text{Pr.188})$$

$$b_2 = 0,95 \cdot b'_2 = 0,95 \cdot 100 = 95 \text{ mm} \quad (\text{Pr.189})$$

$$b_w = b_{eff} - n_{kiaur} \cdot b_1 = 1154 - 4 \cdot 166,25 - 95 = 394 \text{ mm} \quad (\text{Pr.190})$$

$$b_{eff} = b - 44 = 1200 - 46 = 1154 \text{ mm} \quad (\text{Pr.191})$$

$$b_{f1} = b - 4 = 1200 - 4 = 1196 \text{ mm} \quad (\text{Pr.192})$$

$$h_w = h - h_{eff} - h_{f1} = 400 - 48 - 48 = 304 \text{ mm} \quad (\text{Pr.193})$$

Skerspjūvio plotas:

$$\begin{aligned} A_{eff} &= b_w \cdot h + (b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff} + (b_{f1} - b_w) \cdot h_{f1} + \alpha \cdot A_{sp} \quad (\text{Pr.194}) \\ &= 394 \cdot 400 + (1154 - 394) \cdot 48 + (1196 - 394) \cdot 48 \\ &\quad + \frac{195000}{31000} \cdot 208 = 2338,844 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Skerspjūvio statinis momentas:

$$\begin{aligned} S_{eff} &= 0,5 \cdot b_w \cdot h^2 + (b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff} \cdot (h - 0,5h_{eff}) + 0,5(b_{f1} - b_w) \quad (\text{Pr.195}) \\ &\quad \cdot h_{f1}^2 + \alpha \cdot A_{sp} \cdot a \\ &= 0,5 \cdot 394 \cdot 400^2 + (1154 - 394) \cdot 48 \cdot (400 - 0,5 \cdot 48) \\ &\quad + 0,5(1196 - 394) \cdot 48^2 + \frac{195000}{31000} \cdot 208 \cdot 40 \\ &= 46212,719 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Ekvivalentinio skerspjūvio svorio centro atstumas nuo plokštės apatinio sluoksnio:

$$y_c = \frac{S_{eff}}{A_{eff}} = \frac{46212,719}{2338,844} = 19,759 \text{ cm} \quad (\text{Pr.196})$$

Inercijos momentas O-O ašies atžvilgiu

$$\begin{aligned} I_{eff} &= \frac{b_w \cdot h^3}{12} + b_w \cdot h \cdot (0,5h - y_c)^2 + \frac{(b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff}^3}{12} + (b_{eff} - b_w) \quad (\text{Pr.197}) \\ &\quad \cdot h_{eff}(h - y_c - 0,5 \cdot h_{eff})^2 + \frac{(b_{f1} - b_w) \cdot h_{f1}^3}{12} + (b_{f1} - b_w) \\ &\quad \cdot h_{f1}(y_c - 0,5 \cdot h_{f1})^2 + \alpha \cdot A_{sp} \cdot (y_c - a_1)^2 \\ &= \frac{394 \cdot 400^3}{12} + 394 \cdot 400 \cdot (0,5 \cdot 400 - 197,15)^2 \\ &\quad + \frac{(1154 - 394) \cdot 48^3}{12} + (1154 - 394) \cdot 48 \\ &\quad \cdot (400 - 197,15 - 0,5 \cdot 48)^2 + \frac{(1196 - 394) \cdot 48^3}{12} \\ &\quad + (1196 - 394) \cdot 197,15 + \frac{195000}{31000} \cdot 208 \cdot (197,15 - 40)^2 \\ &= 446993,212 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Atsparumo momentas apatinio sluoksnio atžvilgiu

$$W_{eff,bottom} = \frac{I_{eff}}{y_c} = \frac{446993,212}{19,759} = 22622,502 \text{ cm}^3 \quad (\text{Pr.198})$$

Atsparumo momentas apatinio sluoksnio atžvilgiu

$$W_{eff,top} = \frac{I_{eff}}{h - y_c} = \frac{446993,212}{40 - 19,759} = 22083,322 \text{ cm}^3 \quad (\text{Pr.199})$$

$$\sigma_t = \frac{M_{Ed}}{W_{eff,bottom}} = \frac{29,56 \cdot 10^3}{22622,502 \cdot (10^{-2})^3} = 1306663 \text{ Pa} = 1,307 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.200})$$

Plokštės skaičiavimas iki eksploataavimo stadijoje

Viršutinio krašto pleišėtumas

Pradiniai išankstiniai armatūros įtempiai:

$$\sigma_p = 0,7 \cdot f_{pk} = 0,7 \cdot 1520 = 1064 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.201})$$

Betono apspaudimo jėga po pirmųjų armatūros įtempių nuostolių iki ją atleidžiant iš atsparų bus:

$$P_{m,o} = A_{sp} \cdot \sigma_p = 208 \cdot 1064 = 221312 \text{ N} = 221,312 \text{ kN} \quad (\text{Pr.202})$$

Charakteristinis betono tempiamasis stipris: $f_{ct} = 1,8 \text{ MPa}$

$$M^{I\delta} = \frac{q_{perdanga} \cdot b \cdot a^2}{2} = \frac{5,34 \cdot 1,2 \cdot 0,8^2}{2} = 2,051 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.203})$$

$$e_{op} = \frac{h}{2} - a_1 = \frac{400}{2} - 40 = 160 \text{ mm} \quad (\text{Pr.204})$$

Armatūros išankstinių įtempimų nuostoliai

Pirminiai nuostoliai

4. dėl greitai pasireiškiančio valkšnumo

$$P^{1-5} = \left(\sigma_p - \sum_{i=1}^5 \sigma_{los}^i \right) \cdot A_{sp} = (0,7 \cdot 1520 - (57,456 + 112,069 + 30)) \cdot 208 \quad (\text{Pr.205})$$

$$= 179810,807 \text{ N} = 188,372 \text{ kN}$$

$$\alpha = 0,25 + 0,0025 \cdot f_{cpk,cube} = 0,25 + 0,0025 \cdot 0,7 \cdot 30 = 0,303 < 0,8 \quad (\text{Pr.206})$$

$$\beta = 5,25 - 0,185 \cdot f_{cpk,cube} = 5,25 - 0,185 \cdot 0,7 \cdot 30 = 1,365 \quad (\text{Pr.207})$$

$$\beta = 1,1$$

$\chi = 1,0$ natūraliai kietėjusio betono

Antrieji nuostoliai

$$P^{1-8} = \left(\sigma_p - \sum_{i=1}^8 \sigma_{los}^i \right) \cdot A_{sp} \quad (\text{Pr.208})$$

$$= (0,7 \cdot 1520 - (57,456 + 112,069 + 30 + 4,019 + 50)) \cdot 208$$

$$= 168574,932 \text{ N} = 168,575 \text{ kN}$$

Pleišėtumas transportuojant

$$M^{I\delta} = \frac{q_{perdanga} \cdot a^2 \cdot \gamma_d}{2} = \frac{6,41 \cdot 1,35 \cdot 0,8^2 \cdot 1,6}{2} = 4,429 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.209})$$

Apgniuždymo jėga, veikianti plokštę kaip išorinė, irimo stadijoje iki eksploataavimo:

$$N_{con} = (\sigma_{sp} - 300) \cdot A_{sp} = (1064 - 300) \cdot 208 = 158912 \text{ N} = 158,912 \text{ kN} \quad (\text{Pr.210})$$

Jėgos N_{con} atstumas nuo viršutinės armatūros centro

$$e_p = d - a_1 + \frac{M^{i\check{s}}}{N_{con}} = 355 - \left(40 + \frac{9,3}{2}\right) + \frac{4,429 \cdot 10^3}{158,912} = 338,572 \text{ mm} \quad (\text{Pr.211})$$

$$\sigma_{sc} = \sigma_{sc,lim} - \gamma_{sp} \left(\frac{\sigma_p - \Sigma \Delta \sigma_{los}}{w} \right) = 500 - 1,1 \frac{(1064 - 267,824)}{0,73} \cong 0 \quad (\text{Pr.212})$$

$$\xi_{lim} = \frac{w}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \left(1 - \frac{w}{1,1}\right)} = \frac{0,73}{1 + \frac{586}{330} \left(1 - \frac{0,73}{1,1}\right)} = 0,457 \quad (\text{Pr.213})$$

$$\sigma_{s,lim} = f_{pd} + 400 - \sigma_p = 1250 + 400 - 1064 = 586 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.214})$$

$$\sigma_{sc,lim} = 330 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.215})$$

$$w = 0,85 - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 15 = 0,73$$

Plokštės stiprumo įstrižajame pjūvyje nustatymas

$$C_{Rk,c} = 0,18; \quad f_{ck} = 25 \text{ MPa}; \quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{355}} = 1,75 < 2 \quad (\text{Pr.216})$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{1,5} \cdot f_{ck}^{0,5} = 0,035 \cdot 1,75^{1,5} \cdot 25^{0,5} = 0,405 \quad (\text{Pr.217})$$

SPL7 kiaurymėtos perdangos plokštės projektavimas

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{138,42 \cdot 10^3}{18 \cdot 10^6 \cdot 1,2 \cdot 0,204^2} = 0,154 < \mu_{Eds,lim} = 0,348 \quad (\text{Pr.218})$$

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,706}{1 + \frac{363,636}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,706}{1,1}\right)} = 0,56 \quad (\text{Pr.219})$$

$$\sigma_{s,lim} = \frac{f_{yk}}{1,1} = 363,636 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.220})$$

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 18 = 0,706 \quad (\text{Pr.221})$$

$$\mu_{Eds,lim} = \eta \cdot \lambda \cdot \xi_{lim} (1 - 0,5 \cdot \lambda \cdot \xi_{lim}) \quad (\text{Pr.222})$$

$$= 1 \cdot 0,8 \cdot 0,56 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,56) = 0,348$$

$$x = \xi \cdot d = 0,211 \cdot 204 = 42,93 \text{ mm} \quad (\text{Pr.223})$$

Perdangos plokštės skerspjūvio charakteristikos

Redukuojame kiaurymę:

$$h_1 = 0,95 \cdot h = 0,95 \cdot 180 = 171 \text{ mm} \quad (\text{Pr.224})$$

$$b_1 = 0,95 \cdot b_1' = 0,95 \cdot 6 = 57 \text{ mm} \quad (\text{Pr.225})$$

$$b_w = b_{eff} - n_{kiaur} \cdot b_1 = 1154 - 1 \cdot 57 = 527 \text{ mm} \quad (\text{Pr.226})$$

$$b_{eff} = b - 46 = 1200 - 46 = 1154 \text{ mm} \quad (\text{Pr.227})$$

$$b_{f1} = b - 4 = 1200 - 4 = 1196 \text{ mm} \quad (\text{Pr.228})$$

$$h_w = h - h_{eff} - h_{f1} = 250 - 39 - 40 = 171 \text{ mm} \quad (\text{Pr.229})$$

Skerspjūvio plotas:

$$\begin{aligned}
A_{eff} &= b_w \cdot h + (b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff} + (b_{f_1} - b_w) \cdot h_{f_1} + \alpha \cdot A_{sp} \\
&= 527 \cdot 250 + (1154 - 527) \cdot 39 + (1196 - 527) \cdot 40 \\
&\quad + \frac{195000}{32000} \cdot 624 = 1867,655 \text{ cm}^2
\end{aligned} \tag{Pr.230}$$

Skerspjūvio statinis momentas:

$$\begin{aligned}
S_{eff} &= 0,5 \cdot b_w \cdot h^2 + (b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff} \cdot (h - 0,5h_{eff}) + 0,5(b_{f_1} - b_w) \cdot h_{f_1}^2 \\
&\quad + \alpha \cdot A_{sp} \cdot a \\
&= 0,5 \cdot 527 \cdot 250^2 + (1154 - 527) \cdot 39 \cdot (250 - 0,5 \cdot 39) \\
&\quad + 0,5(1196 - 527) \cdot 40^2 + \frac{195000}{32000} \cdot 624 \cdot 40 = 22792,467 \text{ cm}^3
\end{aligned} \tag{Pr.231}$$

Ekvivalentinio skerspjūvio svorio centro atstumas nuo plokštės apatinio sluoksnio:

$$y_c = \frac{S_{eff}}{A_{eff}} = \frac{22792,467}{1867,655} = 12,204 \text{ cm} \tag{Pr.232}$$

Inercijos momentas O-O ašies atžvilgiu

$$\begin{aligned}
I_{eff} &= \frac{b_w \cdot h^3}{12} + b_w \cdot h \cdot (0,5h - y_c)^2 + \frac{(b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff}^3}{12} + (b_{eff} - b_w) \\
&\quad \cdot h_{eff} \cdot (h - y_c - 0,5 \cdot h_{eff})^2 + \frac{(b_{eff} - b_w) \cdot h_{f_1}^3}{12} + (b_{f_1} - b_w) \\
&\quad \cdot h_{f_1} \cdot (y_c - 0,5 \cdot h_{f_1})^2 + \alpha \cdot A_{sp} \cdot (y_c - a_1)^2 \\
&= \frac{527 \cdot 250^3}{12} + 527 \cdot 250 \cdot (0,5 \cdot 250 - 122,17)^2 \\
&\quad + \frac{(1156 - 527) \cdot 39^3}{12} + (1156 - 527) \cdot 39 \\
&\quad \cdot (250 - 122,17 - 0,5 \cdot 39)^2 + \frac{(1196 - 527) \cdot 40^3}{12} \\
&\quad + (1196 - 527) \cdot 40 \cdot (122,17 - 0,5 \cdot 40) + \frac{195000}{32000} \cdot 624 \\
&\quad \cdot (122,17 - 40)^2 = 128567,27 \text{ cm}^4
\end{aligned} \tag{Pr.233}$$

Atsparumo momentas apatinio sluoksnio atžvilgiu

$$W_{eff,bottom} = \frac{I_{eff}}{y_c} = \frac{128567,27}{12,204} = 10535,029 \text{ cm}^3 \tag{Pr.234}$$

Atsparumo momentas apatinio sluoksnio atžvilgiu

$$W_{eff,top} = \frac{I_{eff}}{h - y_c} = \frac{128567,27}{25 - 12,204} = 10047,292 \text{ cm}^3 \tag{Pr.235}$$

$$\sigma_t = \frac{M_{Ed}}{W_{eff,bottom}} = \frac{138,42 \cdot 10^3}{10535,029 \cdot (10^{-2})^3} = 13139024 \text{ Pa} = 13,139 \text{ MPa} \tag{Pr.236}$$

Plokštės skaičiavimas iki eksploatavimo stadijoje

Viršutinio krašto pleišėtumas

Pradiniai išankstiniai armatūros įtempiai:

$$\sigma_p = 0,7 \cdot f_{pk} = 0,7 \cdot 1520 = 1064 \text{ MPa} \tag{Pr.237}$$

Betono apspaudimo jėga po pirmųjų armatūros įtempimų nuostolių iki ją atleidžiant iš atsparų bus:

$$P_{m,o} = A_{sp} \cdot \sigma_p = 624 \cdot 1064 = 663936 \text{ N} = 663,936 \text{ kN} \quad (\text{Pr.238})$$

$$M^{I\check{s}} = \frac{q_{perdanga} \cdot b \cdot a^2}{2} = \frac{4,03 \cdot 1,2 \cdot 1^2}{2} = 2,418 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.239})$$

$$e_{op} = \frac{h}{2} - a_1 = \frac{250}{2} - 40 = 85 \text{ mm} \quad (\text{Pr.240})$$

Armatūros išankstinių įtempimų nuostoliai

Pirminiai nuostoliai

4.dėl greitai pasireiškiančio valkšnumo

$$P^{1-5} = \left(\sigma_p - \sum_{i=1}^5 \sigma_{los}^i \right) \cdot A_{sp} = (0,7 \cdot 1520 - (57,456 + 44,828 + 30)) \cdot 624 = 581391,042 \quad (\text{Pr.241})$$

$$= 581,391 \text{ kN}$$

$$\alpha = 0,25 + 0,0025 \cdot f_{cpk,cube} = 0,25 + 0,0025 \cdot 0,7 \cdot 35 = 0,315 < 0,8 \quad (\text{Pr.242})$$

$$\beta = 5,25 - 0,185 \cdot f_{cpk,cube} = 5,25 - 0,185 \cdot 0,7 \cdot 35 = 0,458 \quad (\text{Pr.243})$$

$$\beta = 1,1$$

Antrieji nuostoliai

2. dėl betono valkšnumo

$$P^{1-8} = \left(\sigma_p - \sum_{i=1}^8 \sigma_{los}^i \right) \cdot A_{sp} \quad (\text{Pr.244})$$

$$= (0,7 \cdot 1520 - (57,456 + 44,828 + 30 + 15,925 + 50)) \cdot 624$$

$$= 540253,542 \text{ N} = 540,254 \text{ kN}$$

Pleišėtumas transportuojant

$$M^{I\check{s}} = \frac{q_{perdanga} \cdot a^2 \cdot \gamma_d}{2} = \frac{4,84 \cdot 1,35 \cdot 1^2 \cdot 1,6}{2} = 5,223 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.245})$$

Apgniuždymo jėga, veikianti plokštę kaip išorinė, irimo stadijoje iki eksploataavimo:

$$N_{con} = (\sigma_{sp} - 300) \cdot A_{sp} = (1064 - 300) \cdot 624 = 476736 \text{ N} = 476,736 \text{ kN} \quad (\text{Pr.246})$$

Jėgos N_{con} atstumas nuo viršutinės armatūros centro

$$e_p = d - a_1 + \frac{M^{I\check{s}}}{N_{con}} = 204 - \left(40 + \frac{12,5}{2} \right) + \frac{5,223 \cdot 10^3}{476,736} = 168,455 \text{ mm} \quad (\text{Pr.247})$$

$$\sigma_{sc} = \sigma_{sc,lim} - \gamma_{sp} (\sigma_p - \Sigma \Delta \sigma_{los}) = 500 - 1,1(1064 - 248,25) \cong 0 \quad (\text{Pr.248})$$

$$\frac{w}{0,706}$$

$$\xi_{lim} = \frac{w}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \left(1 - \frac{w}{1,1} \right)} = \frac{0,706}{1 + \frac{586}{330} \left(1 - \frac{0,706}{1,1} \right)} = 0,432 \quad (\text{Pr.249})$$

$$\sigma_{s,lim} = f_{pd} + 400 - \sigma_p = 1250 + 400 - 1064 = 586 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.250})$$

$$\sigma_{sc,lim} = 330 \text{ MPa}$$

$$w = 0,85 - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 18 = 0,706 \quad (\text{Pr.251})$$

Plokštės stiprumo įstrižajame pjūvyje nustatymas

$$C_{Rk,c} = 0,18; \quad f_{ck} = 30 \text{ MPa}; \quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{204}} = 1,991 < 2 \quad (\text{Pr.252})$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{1,5} \cdot f_{ck}^{0,5} = 0,035 \cdot 1,991^{1,5} \cdot 30^{0,5} = 0,538 \quad (\text{Pr.253})$$

SPL8 kiaurymėtos perdangos plokštės projektavimas

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{55,49 \cdot 10^3}{15 \cdot 10^6 \cdot 1,2 \cdot 0,205^2} = 0,073 < \mu_{Eds,lim} = 0,359$$

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,73}{1 + \frac{363,636}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,73}{1,1}\right)} = 0,587 \quad (\text{Pr.254})$$

$$\sigma_{s,lim} = \frac{f_{yk}}{1,1} = 363,636 \text{ MPa}$$

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 15 = 0,73$$

$$\mu_{Eds,lim} = \eta \cdot \lambda \cdot \xi_{lim} (1 - 0,5 \cdot \lambda \cdot \xi_{lim}) = 1 \cdot 0,8 \cdot 0,587 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,587) = 0,359 \quad (\text{Pr.255})$$

$$x = \xi \cdot d = 0,095 \cdot 205 = 19,51 \text{ mm} \quad (\text{Pr.256})$$

Perdangos plokštės skerspjūvio charakteristikos

Redukuojame kiaurymę:

$$h_1 = 0,95 \cdot h = 0,95 \cdot 180 = 171 \text{ mm} \quad (\text{Pr.257})$$

$$b_1 = 0,95 \cdot b'_1 = 0,95 \cdot 6 = 57 \text{ mm} \quad (\text{Pr.258})$$

$$b_w = b_{eff} - n_{kiaur} \cdot b_1 = 1154 - 1 \cdot 57 = 527 \text{ mm} \quad (\text{Pr.259})$$

$$b_{eff} = b - 46 = 1200 - 46 = 1154 \text{ mm} \quad (\text{Pr.260})$$

$$b_{f1} = b - 4 = 1200 - 4 = 1196 \text{ mm} \quad (\text{Pr.261})$$

$$h_w = h - h_{eff} - h_{f1} = 250 - 39 - 40 = 171 \text{ mm} \quad (\text{Pr.262})$$

Skerspjūvio plotas:

$$A_{eff} = b_w \cdot h + (b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff} + (b_{f1} - b_w) \cdot h_{f1} + \alpha \cdot A_{sp}$$

$$= 527 \cdot 250 + (1154 - 527) \cdot 39 + (1196 - 527) \cdot 40 + \frac{195000}{31000} \cdot 208 = 1842,714 \text{ cm}^2 \quad (\text{Pr.263})$$

Skerspjūvio statinis momentas:

$$S_{eff} = 0,5 \cdot b_w \cdot h^2 + (b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff} \cdot (h - 0,5h_{eff}) + 0,5(b_{f1} - b_w) \cdot h_{f1}^2$$

$$+ \alpha \cdot A_{sp} \cdot a$$

$$= 0,5 \cdot 527 \cdot 250^2 + (1154 - 527) \cdot 39 \cdot (250 - 0,5 \cdot 39) + 0,5(1196 - 527) \cdot 40^2 + \frac{195000}{31000} \cdot 208 \cdot 40 = 22692,702 \text{ cm}^3 \quad (\text{Pr.264})$$

Ekvivalentinio skerspjūvio svorio centro atstumas nuo plokštės apatinio sluoksnio:

$$y_c = \frac{S_{eff}}{A_{eff}} = \frac{22692,702}{1842,714} = 12,315 \text{ cm} \quad (\text{Pr.265})$$

Inercijos momentas O-O ašies atžvilgiu

$$\begin{aligned}
 I_{eff} &= \frac{b_w \cdot h^3}{12} + b_w \cdot h \cdot (0,5h - y_c)^2 + \frac{(b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff}^3}{12} + (b_{eff} - b_w) \\
 &\quad \cdot h_{eff} (h - y_c - 0,5 \cdot h_{eff})^2 + \frac{(b_{eff} - b_w) \cdot h_{f1}^3}{12} + (b_{f1} - b_w) \\
 &\quad \cdot h_{f1} (y_c - 0,5 \cdot h_{f1})^2 + \alpha \cdot A_{sp} \cdot (y_c - a_1)^2 \\
 &= \frac{527 \cdot 250^3}{12} + 527 \cdot 250 \cdot (0,5 \cdot 250 - 123,15)^2 \\
 &\quad + \frac{(1156 - 527) \cdot 39^3}{12} + (1156 - 527) \cdot 39 \\
 &\quad \cdot (250 - 123,15 - 0,5 \cdot 39)^2 + \frac{(1196 - 527) \cdot 40^3}{12} \\
 &\quad + (1196 - 527) \cdot 40 \cdot (123,15 - 0,5 \cdot 40) + \frac{195000}{31000} \cdot 208 \\
 &\quad \cdot (123,15 - 40)^2 = 126865,958 \text{ cm}^4
 \end{aligned} \tag{Pr.266}$$

Atsparumo momentas apatinio sluoksnio atžvilgiu

$$W_{eff,bottom} = \frac{I_{eff}}{y_c} = \frac{126865,958}{12,315} = 10301,887 \text{ cm}^3 \tag{Pr.267}$$

Atsparumo momentas apatinio sluoksnio atžvilgiu

$$W_{eff,top} = \frac{I_{eff}}{h - y_c} = \frac{126865,958}{25 - 12,315} = 10001,121 \text{ cm}^3 \tag{Pr.268}$$

$$\sigma_t = \frac{M_{Ed}}{W_{eff,bottom}} = \frac{55,49 \cdot 10^3}{10301,887 \cdot (10^{-2})^3} = 5386392 \text{ Pa} = 5,386 \text{ MPa} \tag{Pr.269}$$

Plokštės skaičiavimas iki eksploataavimo stadijoje

Viršutinio krašto pleišėtumas

Pradiniai išankstiniai armatūros įtempiai:

$$\sigma_p = 0,7 \cdot f_{pk} = 0,7 \cdot 1520 = 1064 \text{ MPa} \tag{Pr.270}$$

Betono apspaudimo jėga po pirmųjų armatūros įtempių nuostolių iki jų atleidžiant iš atsparų bus:

$$P_{m,o} = A_{sp} \cdot \sigma_p = 208 \cdot 1064 = 221312 \text{ N} = 221,312 \text{ kN} \tag{Pr.271}$$

Charakteristinis betono tempiamasis stipris: $f_{ct} = 1,8 \text{ MPa}$

$$M^{Iš} = \frac{q_{perdanga} \cdot b \cdot a^2}{2} = \frac{4,03 \cdot 1,2 \cdot 1^2}{2} = 2,418 \text{ kNm} \tag{Pr.272}$$

$$e_{op} = \frac{h}{2} - a_1 = \frac{250}{2} - 40 = 85 \text{ mm} \tag{Pr.273}$$

Armatūros išankstinių įtempimų nuostoliai

Pirminiai nuostoliai

4. dėl greitai pasireiškiančio valkšnumo

$$P^{1-5} = \left(\sigma_p - \sum_{i=1}^5 \sigma_{los}^i \right) \cdot A_{sp} = (0,7 \cdot 1520 - (57,456 + 69,643 + 30)) \cdot 208$$

$$= 188635,438 N$$

$$= 188,635 kN$$

$$\alpha = 0,25 + 0,0025 \cdot f_{cpk,cube} = 0,25 + 0,0025 \cdot 0,7 \cdot 30 = 0,303 < 0,8$$

$$\beta = 5,25 - 0,185 \cdot f_{cpk,cube} = 5,25 - 0,185 \cdot 0,7 \cdot 30 = 1,365$$

$$\beta = 1,1$$

$\chi = 1,0$ natūraliai kietėjusio betono

Antrieji nuostoliai

2. dėl betono valkšnumo

$$P^{1-8} = \left(\sigma_p - \sum_{i=1}^8 \sigma_{los}^i \right) \cdot A_{sp}$$

$$= (0,7 \cdot 1520 - (57,456 + 69,643 + 30 + 6,275 + 50)) \cdot 208$$

$$= 176930,34 N = 176,930 kN$$

Pleišėtumas transportuojant

$$M^{Iš} = \frac{q_{perdanga} \cdot a^2 \cdot \gamma_d}{2} = \frac{4,84 \cdot 1,35 \cdot 1^2 \cdot 1,6}{2} = 5,223 kNm$$

Apgniuždymo jėga, veikianti plokštę kaip išorinė, irimo stadijoje iki eksploataavimo:

$$N_{con} = (\sigma_{sp} - 300) \cdot A_{sp} = (1064 - 300) \cdot 208 = 158912 N$$

$$= 158,912 kN$$

Jėgos N_{con} atstumas nuo viršutinės armatūros centro

$$e_p = d - a_1 + \frac{M^{Iš}}{N_{con}} = 205 - \left(40 + \frac{9,3}{2} \right) + \frac{5,223 \cdot 10^3}{158,912} = 193,566 mm$$

$$\sigma_{sc} = \sigma_{sc,lim} - \gamma_{sp} (\sigma_p - \Sigma \Delta \sigma_{los}) = 500 - 1,1(1064 - 235,993) \cong 0$$

$$\xi_{lim} = \frac{w}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \left(1 - \frac{w}{1,1} \right)} = \frac{0,73}{1 + \frac{586}{330} \left(1 - \frac{0,73}{1,1} \right)} = 0,457$$

$$\sigma_{s,lim} = f_{pd} + 400 - \sigma_p = 1250 + 400 - 1064 = 586 MPa$$

$$\sigma_{sc,lim} = 330 MPa$$

$$w = 0,85 - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 15 = 0,73$$

Plokštės stiprumo įstrižajame pjūvyje nustatymas

$$C_{Rk,c} = 0,18; \quad f_{ck} = 25 MPa; \quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{205}} = 1,987 < 2$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{1,5} \cdot f_{ck}^{0,5} = 0,035 \cdot 1,987^{1,5} \cdot 25^{0,5} = 0,49$$

SRY1 rėmsijės projektavimas

Laisvai atremta iš anksto įtempta tarpatramio, perdangos sija l , apkrauta tolygiai paskirstyta nuolatinė skaičiuotinė apkrova g_d . Ir ekvivalentine skaičiuotinė apkrova q_d .

Skerspjūvio matmenys:

$$b = 0,5 \text{ m}; h = 0,7 \text{ m}; l = 5,25 \text{ m}; l_{sk} = 5,25 - 0,3 = 4,95 \text{ m}$$

$$M_k = 312,3 \text{ kNm}; M_{Ed} = 386,47 \text{ kNm}; V_{Ed} = 291,49 \text{ kN}$$

$$g_{perd,k} = 30,05 \frac{\text{kN}}{\text{m}}; g_{grind,k} = 8,07 \frac{\text{kN}}{\text{m}}; q_{naud,k} = 42,19 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Betonas sunkusis C30/37 klasės

$$f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = 1 \cdot 0,9 \cdot \frac{2}{1,5} = 1,2 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.287})$$

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1 \cdot 0,9 \cdot \frac{30}{1,5} = 18 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.288})$$

$$f_{ywd} = 290 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = f_{scd} = \frac{f_{yk}}{1,1} = \frac{400}{1,1} = 363,636 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.289})$$

Išilginės armatūros parinkimas.

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 18 = 0,706 \quad (\text{Pr.290})$$

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,706}{1 + \frac{363,636}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,706}{1,1}\right)} = 0,56 \quad (\text{Pr.291})$$

$$\begin{aligned} \mu_{Eds,lim} &= 0,688 \cdot \xi_{lim} \cdot (1 - 0,416 \cdot \xi_{lim}) \\ &= 0,688 \cdot 0,56 \cdot (1 - 0,416 \cdot 0,56) = 0,296 \end{aligned} \quad (\text{Pr.292})$$

$$\begin{aligned} \mu_{Eds} &= \frac{M_{Ed} - f_{scd} \cdot (d - d_2) \cdot A_{s2}}{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{386,47 \cdot 10^3 - 363,636 \cdot 10^6 \cdot (0,6575 - 0,036) \cdot 0}{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 0,6575^2} \\ &= 0,099 \end{aligned} \quad (\text{Pr.293})$$

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{Eds}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,099} = 0,105 \quad (\text{Pr.294})$$

$$\xi = \frac{\xi_{eff}}{\lambda} = \frac{0,105}{0,8} = 0,131 < \xi_{lim} = 0,56 \quad (\text{Pr.295})$$

Skersinės armatūros parinkimas.

$$v_{sw} = f_{ywd} \cdot \frac{A_{sw}}{S_w} = 290 \cdot 0,285 = 82,65 \text{ kN/m} \quad (\text{Pr.296})$$

$$\varphi_n = \frac{N_{Ed}}{f_{ctd} \cdot b \cdot d} = \frac{0}{1,2 \cdot 0,5 \cdot 0,6575} = 0 \quad (\text{Pr.297})$$

$$\begin{aligned} M_{c2} &= \varphi_{c2} (1 + \varphi_n) f_{ctd} b d^2 = 2 \cdot (1 + 0) \cdot 1,2 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 0,6575^2 \\ &= 518,767 \text{ kNm} \end{aligned} \quad (\text{Pr.298})$$

$$c_0 = \sqrt{\frac{M_{c2}}{v_{sw}}} = \sqrt{\frac{518,767}{82,65}} = 2,505 \text{ m} \quad (\text{Pr.299})$$

$$d = 0,6575 \text{ m} < c_0 = 2,505 \text{ m} < 2d = 2 \cdot 0,6575 = 1,315 \text{ m}$$

Priimame $c_0 = 1,315 \text{ m}$

$$V_{Rd,sw} = v_{sw} \cdot c_0 = 82,65 \cdot 1,315 = 108,685 \text{ kN} \quad (\text{Pr.300})$$

$$V_{Rd,c} = \frac{M_{c2}}{c_0} = \frac{518,767}{1,315} = 394,5 \text{ kN} \quad (\text{Pr.301})$$

Rėmsijės lentynos armatūros parinkimas.

$$g_{ryg,lent,k} = 0,2 \cdot 0,3 \cdot 25 = 1,5 \text{ kN/m} \quad (\text{Pr.302})$$

$$p_d = (g_{ryg,lent,k} + g_{perd,k} + g_{grind,k}) \cdot \gamma_g + q_{naud,k} \cdot \gamma_q \quad (\text{Pr.303})$$
$$= (1,5 + 30,05 + 8,07) \cdot 1,35 + 42,19 \cdot 1,3 = 108,334 \text{ kN/m}$$

Atstumas nuo rėmsijės krašto iki plokštės atrėmimo vidurio $a = 0,075 \text{ m}$

Lenkimo momentas lentynos 1m ilgiu

$$M_{Ed} = p_d \cdot l \cdot a = 108,334 \cdot 1 \cdot 0,075 = 8,125 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.304})$$

$$d_{lent} = h_{lent} - (a_1 - d_{arm,lent}) = 0,3 - (0,30 - 0,06) = 0,276 \text{ m} \quad (\text{Pr.305})$$

$$\mu_{Eds,lent} = \frac{M_{Ed,lent}}{\eta f_{cd} b_{lent} d_{lent}^2} = \frac{8,125 \cdot 10^3}{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0,276^2} = 0,006 \quad (\text{Pr.306})$$

$$\xi_{eff,lent} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{Eds,lent}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,006} = 0,006 \quad (\text{Pr.307})$$

$$\xi_{lent} = \frac{\xi_{eff,lent}}{\lambda} = \frac{0,006}{0,8} = 0,007 < \xi_{lim} = 0,56 \quad (\text{Pr.308})$$

Įstrižojo pjūvio stiprumo patikrinimas.

$$V_{Rd,c,lent} = 0,6 \cdot f_{ctd} \cdot b_{lent} \cdot d_{lent} = 0,6 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 0,276 = 198,72 \text{ kN} \quad (\text{Pr.309})$$
$$> V_{lent} = p_d \cdot l = 108,334 \cdot 1 = 108,334 \text{ kN}$$

Rėmsijės ribinio įlinkio tikrinimas.

Ribinis įlinkis nustatytas interpoliuojant

$$d_{lim} = \frac{l}{187,5} = \frac{5,25}{187,5} = 0,028 \text{ m} = 28 \text{ mm} \quad (\text{Pr.310})$$

SRY2 rėmsijės projektavimas

Laisvai atremta iš anksto įtempta tarpatramio, perdangos sija l , apkrauta tolygiai paskirstyta nuolatinė skaičiuotinė apkrova g_d . Ir ekvivalentine skaičiuotinė apkrova q_d .

Skerspjūvio matmenys:

$$b = 0,5 \text{ m}; h = 0,7 \text{ m}; l = 5,5 \text{ m}; l_{sk} = 5,5 - 0,3 = 5,2 \text{ m}$$

$$M_k = 598,19 \text{ kNm}; M_{Ed} = 792,67 \text{ kNm}; V_{Ed} = 609,74 \text{ kN}$$

$$g_{perd,k} = 30,05 \frac{\text{kN}}{\text{m}}; g_{grind,k} = 8,07 \frac{\text{kN}}{\text{m}}; q_{naud,k} = 42,19 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Betonas sunkusis C30/37 klasės

$$f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = 1 \cdot 0,9 \cdot \frac{2}{1,5} = 1,2 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.311})$$

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1 \cdot 0,9 \cdot \frac{30}{1,5} = 18 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.312})$$

$$f_{ywd} = 290 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = f_{scd} = \frac{f_{yk}}{1,1} = \frac{400}{1,1} = 363,636 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.313})$$

Išilginės armatūros parinkimas.

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 18 = 0,706 \quad (\text{Pr.314})$$

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,706}{1 + \frac{363,636}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,706}{1,1}\right)} = 0,56 \quad (\text{Pr.315})$$

$$\begin{aligned} \mu_{Eds,lim} &= 0,688 \cdot \xi_{lim} \cdot (1 - 0,416 \cdot \xi_{lim}) \\ &= 0,688 \cdot 0,56 \cdot (1 - 0,416 \cdot 0,56) = 0,296 \end{aligned} \quad (\text{Pr.316})$$

$$\begin{aligned} \mu_{Eds} &= \frac{M_{Ed} - f_{scd} \cdot (d - d_2) \cdot A_{s2}}{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{792,67 \cdot 10^3 - 363,636 \cdot 10^6 \cdot (0,652 - 0,036) \cdot 0}{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 0,652^2} = 0,207 \end{aligned} \quad (\text{Pr.317})$$

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{Eds}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,207} = 0,235 \quad (\text{Pr.318})$$

$$\xi = \frac{\xi_{eff}}{\lambda} = \frac{0,235}{0,8} = 0,293 < \xi_{lim} = 0,56 \quad (\text{Pr.319})$$

Skersinės armatūros parinkimas.

$$v_{sw} = f_{ywd} \cdot \frac{A_{sw}}{S_w} = 290 \cdot 0,785 = 227,65 \text{ kN/m} \quad (\text{Pr.320})$$

$$\varphi_n = \frac{N_{Ed}}{f_{ctd} \cdot b \cdot d} = \frac{0}{1,2 \cdot 0,5 \cdot 0,652} = 0 \quad (\text{Pr.321})$$

$$\begin{aligned} M_{c2} &= \varphi_{c2} (1 + \varphi_n) f_{ctd} b d^2 = 2 \cdot (1 + 0) \cdot 1,2 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 0,652^2 \\ &= 510,125 \text{ kNm} \end{aligned} \quad (\text{Pr.322})$$

$$c_0 = \sqrt{\frac{M_{c2}}{v_{sw}}} = \sqrt{\frac{510,125}{227,65}} = 1,497 \text{ m} \quad (\text{Pr.323})$$

$$d = 0,652 \text{ m} < c_0 = 1,497 \text{ m} < 2d = 2 \cdot 0,652 = 1,304 \text{ m}$$

Priimame $c_0 = 1,304 \text{ m}$

$$V_{Rd,sw} = v_{sw} \cdot c_0 = 227,65 \cdot 1,304 = 296,856 \text{ kN} \quad (\text{Pr.324})$$

$$V_{Rd,c} = \frac{M_{c2}}{c_0} = \frac{510,125}{1,304} = 391,2 \text{ kN} \quad (\text{Pr.325})$$

Rėmsijės lentynos armatūros parinkimas.

$$g_{ryg,lent,k} = 0,2 \cdot 0,3 \cdot 25 = 1,5 \text{ kN/m} \quad (\text{Pr.326})$$

$$\begin{aligned} p_d &= (g_{ryg,lent,k} + g_{perd,k} + g_{grind,k}) \cdot \gamma_g + q_{naud,k} \cdot \gamma_q \\ &= (1,5 + 30,05 + 8,07) \cdot 1,35 + 42,19 \cdot 1,3 = 108,334 \text{ kN/m} \end{aligned} \quad (\text{Pr.327})$$

Atstumas nuo rėmsijės krašto iki plokštės atrėmimo vidurio $a = 0,075 \text{ m}$

Lenkimo momentas lentynos 1m ilgiu

$$M_{Ed} = p_d \cdot l \cdot a = 108,334 \cdot 1 \cdot 0,075 = 8,125 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.328})$$

$$d_{lent} = h_{lent} - (a_1 - d_{arm,lent}) = 0,3 - (0,30 - 0,08) = 0,278 \text{ m} \quad (\text{Pr.329})$$

$$\mu_{Eds,lent} = \frac{M_{Ed,lent}}{\eta f_{cd} b_{lent} d_{lent}^2} = \frac{8,125 \cdot 10^3}{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0,278^2} = 0,006 \quad (\text{Pr.330})$$

$$\xi_{eff,lent} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{Eds,lent}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,006} = 0,006 \quad (\text{Pr.331})$$

$$\xi_{lent} = \frac{\xi_{eff,lent}}{\lambda} = \frac{0,006}{0,8} = 0,007 < \xi_{lim} = 0,56 \quad (\text{Pr.332})$$

Įstrižojo pjūvio stiprumo patikrinimas.

$$\begin{aligned} V_{Rd,c,lent} &= 0,6 \cdot f_{ctd} \cdot b_{lent} \cdot d_{lent} = 0,6 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 0,278 = 200,16 \text{ kN} \\ &> V_{lent} = p_d \cdot l = 108,334 \cdot 1 = 108,334 \text{ kN} \end{aligned} \quad (\text{Pr.333})$$

$$\begin{aligned} V_{Rd,c,lent} &= 0,6 \cdot f_{ctd} \cdot b_{lent} \cdot d_{lent} = 0,6 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 0,276 = 198,72 \text{ kN} \\ &> V_{lent} = p_d \cdot l = 108,334 \cdot 1 = 108,334 \text{ kN} \end{aligned} \quad (\text{Pr.334})$$

Ribinis įlinkis nustatomas interpoliuojant

$$d_{lim} = \frac{l}{192} = \frac{5,5}{192} = 0,029 \text{ m} = 29 \text{ mm} \quad (\text{Pr.335})$$

SRY3 rėmsijės projektavimas

Laisvai atremta iš anksto įtempta tarpatramio, perdangos sija l , apkrauta tolygiai paskirstyta nuolatine skaičiuotine apkrova g_d . Ir ekvivalentine skaičiuotine apkrova q_d .

Skerspjūvio matmenys:

$$b = 0,5 \text{ m}; h = 0,7 \text{ m}; l = 11,25 \text{ m}; l_{sk} = 11,25 - 0,3 = 10,95 \text{ m}$$

$$M_k = 784,31 \text{ kNm}; M_{Ed} = 1041,25 \text{ kNm}; V_{Ed} = 380,37 \text{ kN}$$

$$g_{perd,k} = 14,02 \frac{\text{kN}}{\text{m}}; g_{grind,k} = 3,758 \frac{\text{kN}}{\text{m}}; q_{naud,k} = 19,692 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Betonas sunkusis C30/37 klasės

$$f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = 1 \cdot 0,9 \cdot \frac{2}{1,5} = 1,2 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.336})$$

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1 \cdot 0,9 \cdot \frac{30}{1,5} = 18 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.337})$$

$$f_{ywd} = 290 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = f_{scd} = \frac{f_{yk}}{1,1} = \frac{400}{1,1} = 363,636 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.338})$$

Išilginės armatūros parinkimas.

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 18 = 0,706 \quad (\text{Pr.339})$$

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,706}{1 + \frac{363,636}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,706}{1,1}\right)} = 0,56 \quad (\text{Pr.340})$$

$$\begin{aligned} \mu_{Eds,lim} &= 0,688 \cdot \xi_{lim} \cdot (1 - 0,416 \cdot \xi_{lim}) \\ &= 0,688 \cdot 0,56 \cdot (1 - 0,416 \cdot 0,56) = 0,296 \end{aligned} \quad (\text{Pr.341})$$

$$d_{apat} = \frac{n_1 \cdot d_{armat} + n_2 \cdot d_{armat}}{n} \cdot n_2 = \frac{4 \cdot 0,018 + 2 \cdot 0,018}{6} \cdot 2 = 0,056 \text{ m} \quad (\text{Pr.342})$$

$$\begin{aligned} \mu_{Eds} &= \frac{M_{Ed} - f_{scd} \cdot (d - d_2) \cdot A_{s2}}{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{1041,25 \cdot 10^3 - 363,636 \cdot 10^6 \cdot (0,642 - 0,036) \cdot 0}{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 0,642^2} \\ &= 0,28 \end{aligned} \quad (\text{Pr.343})$$

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{Eds}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,28} = 0,337 \quad (\text{Pr.344})$$

$$\xi = \frac{\xi_{eff}}{\lambda} = \frac{0,337}{0,8} = 0,421 < \xi_{lim} = 0,56 \quad (\text{Pr.345})$$

Skersinės armatūros parinkimas.

$$v_{sw} = f_{ywd} \cdot \frac{A_{sw}}{S_w} = 290 \cdot 0,285 = 82,65 \text{ kN/m} \quad (\text{Pr.346})$$

$$\varphi_n = \frac{N_{Ed}}{f_{ctd} \cdot b \cdot d} = \frac{0}{1,2 \cdot 0,5 \cdot 0,652} = 0 \quad (\text{Pr.347})$$

$$M_{c2} = \varphi_{c2} (1 + \varphi_n) f_{ctd} b d^2 = 2 \cdot (1 + 0) \cdot 1,2 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 0,642^2 = 494,597 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.348})$$

$$c_0 = \sqrt{\frac{M_{c2}}{v_{sw}}} = \sqrt{\frac{494,597}{82,65}} = 2,446 \text{ m} \quad (\text{Pr.349})$$

$$d = 0,642 \text{ m} < c_0 = 2,446 \text{ m} < 2d = 2 \cdot 0,652 = 1,284 \text{ m}$$

Priimame $c_0 = 1,284 \text{ m}$

$$V_{Rd,sw} = v_{sw} \cdot c_0 = 82,65 \cdot 1,284 = 106,123 \text{ kN} \quad (\text{Pr.350})$$

$$V_{Rd,c} = \frac{M_{c2}}{c_0} = \frac{494,597}{1,284} = 385,2 \text{ kN} \quad (\text{Pr.351})$$

Rėmsijės lentynos armatūros parinkimas.

$$g_{ryg,lent,k} = 0,2 \cdot 0,3 \cdot 25 = 1,5 \text{ kN/m} \quad (\text{Pr.352})$$

$$p_d = (g_{ryg,lent,k} + g_{perd,k} + g_{grind,k}) \cdot \gamma_g + q_{naud,k} \cdot \gamma_q = (1,5 + 14,02 + 3,758) \cdot 1,35 + 19,692 \cdot 1,3 = 51,625 \text{ kN/m} \quad (\text{Pr.353})$$

Atstumas nuo rėmsijės krašto iki plokštės atrėmimo vidurio $a = 0,075 \text{ m}$

Lenkimo momentas lentynos 1m ilgiu

$$M_{Ed,lent} = p_d \cdot l \cdot a = 51,625 \cdot 1 \cdot 0,075 = 3,872 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.354})$$

$$d_{lent} = h_{lent} - (a_1 - d_{arm,lent}) = 0,3 - (0,30 - 0,06) = 0,276 \text{ m} \quad (\text{Pr.355})$$

$$\mu_{Eds,lent} = \frac{M_{Ed,lent}}{\eta f_{cd} b_{lent} d_{lent}^2} = \frac{3,872 \cdot 10^3}{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0,276^2} = 0,003 \quad (\text{Pr.356})$$

$$\xi_{eff,lent} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{Eds,lent}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,003} = 0,003 \quad (\text{Pr.357})$$

$$\xi_{lent} = \frac{\xi_{eff,lent}}{\lambda} = \frac{0,003}{0,8} = 0,004 < \xi_{lim} = 0,56 \quad (\text{Pr.358})$$

Įstrižojo pjūvio stiprumo patikrinimas.

$$V_{Rd,c,lent} = 0,6 \cdot f_{ctd} \cdot b_{lent} \cdot d_{lent} = 0,6 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 0,276 = 198,72 \text{ kN} > V_{lent} = p_d \cdot l = 51,625 \cdot 1 = 51,625 \text{ kN} \quad (\text{Pr.359})$$

Rėmsijės ribinio įlinkio tikrinimas.

Ribinis įlinkis nustatomas interpoliuojant

$$d_{lim} = \frac{l}{244} = \frac{11,25}{244} = 0,047 \text{ m} = 47 \text{ mm} \quad (\text{Pr.360})$$

SRY4 rėmsijės projektavimas

Laisvai atremta iš anksto įtempta tarpatramio, perdangos sija l , apkrauta tolygiai paskirstyta nuolatinė skaičiuotinė apkrova g_d . Ir ekvivalentine skaičiuotinė apkrova q_d .

Skerspjūvio matmenys:

$$b = 0,5 \text{ m}; h = 0,7 \text{ m}; l = 11,25 \text{ m}; l_{sk} = 11,25 - 0,3 = 10,95 \text{ m}$$

$$M_k = 930,74 \text{ kNm}; M_{Ed} = 1235,09 \text{ kNm}; V_{Ed} = 451,17 \text{ kN}$$

$$g_{perd,k} = 17,675 \frac{\text{kN}}{\text{m}}; g_{grind,k} = 4,74 \frac{\text{kN}}{\text{m}}; q_{naud,k} = 24,825 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Betonas sunkusis C30/37 klasės

$$f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = 1 \cdot 0,9 \cdot \frac{2}{1,5} = 1,2 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.361})$$

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1 \cdot 0,9 \cdot \frac{30}{1,5} = 18 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.362})$$

$$f_{ywd} = 290 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = f_{scd} = \frac{f_{yk}}{1,1} = \frac{400}{1,1} = 363,636 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.363})$$

Išilginės armatūros parinkimas.

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 18 = 0,706 \quad (\text{Pr.364})$$

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,706}{1 + \frac{363,636}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,706}{1,1}\right)} = 0,56 \quad (\text{Pr.365})$$

$$\mu_{Eds,lim} = 0,688 \cdot \xi_{lim} \cdot (1 - 0,416 \cdot \xi_{lim}) = 0,688 \cdot 0,56 \cdot (1 - 0,416 \cdot 0,56) = 0,296 \quad (\text{Pr.366})$$

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Ed} - f_{scd} \cdot (d - d_2) \cdot A_{s2}}{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{1235,09 \cdot 10^3 - 363,636 \cdot 10^6 \cdot (0,638 - 0,046) \cdot 0}{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 0,638^2} = 0,289 \quad (\text{Pr.367})$$

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{Eds}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,289} = 0,351 \quad (\text{Pr.368})$$

$$\xi = \frac{\xi_{eff}}{\lambda} = \frac{0,351}{0,8} = 0,439 < \xi_{lim} = 0,56 \quad (\text{Pr.369})$$

$$d_{apat} = \frac{n_1 \cdot d_{armat} + n_2 \cdot d_{armat}}{n} \cdot n_2 = \frac{4 \cdot 0,032 + 4 \cdot 0,032}{8} \cdot 2 = 0,064 \text{ m} \quad (\text{Pr.370})$$

Skersinės armatūros parinkimas.

$$v_{sw} = f_{ywd} \cdot \frac{A_{sw}}{s_w} = 290 \cdot 0,505 = 146,45 \text{ kN/m} \quad (\text{Pr.371})$$

$$\varphi_n M_{c2} = \varphi_{c2} (1 + \varphi_n) f_{ctd} b d^2 = 2 \cdot (1 + 0) \cdot 1,2 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 0,638^2 = 488,453 \text{ kNm} = \frac{N_{Ed}}{f_{ctd} \cdot b \cdot d} = \frac{0}{1,2 \cdot 0,5 \cdot 0,652} = 0 \quad (\text{Pr.372})$$

$$c_0 = \sqrt{\frac{M_{c2}}{v_{sw}}} = \sqrt{\frac{488,453}{146,45}} = 1,826 \text{ m} \quad (\text{Pr.373})$$

$$d = 0,638 \text{ m} < c_0 = 1,633 \text{ m} < 2d = 2 \cdot 0,638 = 1,276 \text{ m} \quad (\text{Pr.374})$$

Priimame $c_0 = 1,276 \text{ m}$

$$V_{Rd,sw} = v_{sw} \cdot c_0 = 146,45 \cdot 1,276 = 186,87 \text{ kN} \quad (\text{Pr.375})$$

$$V_{Rd,c} = \frac{M_{c2}}{c_0} = \frac{488,453}{1,276} = 382,8 \text{ kN} \quad (\text{Pr.376})$$

RĒMSIJĒS LENTYNOS ARMATŪROS PARINKIMAS.

$$g_{ryg,lent,k} = 0,2 \cdot 0,3 \cdot 25 = 1,5 \text{ kN/m} \quad (\text{Pr.377})$$

$$p_d = (g_{ryg,lent,k} + g_{perd,k} + g_{grind,k}) \cdot \gamma_g + q_{naud,k} \cdot \gamma_q \quad (\text{Pr.378})$$

$$= (1,5 + 17,675 + 4,74) \cdot 1,35 + 24,825 \cdot 1,3 = 64,558 \text{ kN/m}$$

Atstumas nuo rĕmsijĕs krašto iki plokštĕs atrĕmimo vidurio $a = 0,075 \text{ m}$

Lenkimo momentas lentynos 1m ilgiu

$$M_{Ed,lent} = p_d \cdot l \cdot a = 64,558 \cdot 1 \cdot 0,075 = 4,842 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.379})$$

$$d_{lent} = h_{lent} - (a_1 - d_{arm,lent}) = 0,3 - (0,30 - 0,06) = 0,276 \text{ m} \quad (\text{Pr.380})$$

$$\mu_{Eds,lent} = \frac{M_{Ed,lent}}{\eta f_{cd} b_{lent} d_{lent}^2} = \frac{4,842 \cdot 10^3}{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0,276^2} = 0,004 \quad (\text{Pr.381})$$

$$\xi_{eff,lent} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{Eds,lent}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,004} = 0,004 \quad (\text{Pr.382})$$

$$\xi_{lent} = \frac{\xi_{eff,lent}}{\lambda} = \frac{0,004}{0,8} = 0,005 < \xi_{lim} = 0,56 \quad (\text{Pr.383})$$

Įstrižojo pjūvio stiprumo patikrinimas.

$$V_{Rd,c,lent} = 0,6 \cdot f_{ctd} \cdot b_{lent} \cdot d_{lent} = 0,6 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 0,276 = 198,72 \text{ kN} \quad (\text{Pr.384})$$

$$> V_{lent} = p_d \cdot l = 64,558 \cdot 1 = 64,558 \text{ kN}$$

RĒMSIJOS RIBINIO ĮLINKIO TIKRINIMAS.

Ribinis įlinkis nustatomas interpoliuojant

$$d_{lim} = \frac{l}{244} = \frac{11,25}{244} = 0,047 \text{ m} = 47 \text{ mm} \quad (\text{Pr.385})$$

SRY5 rĕmsijĕs projektavimas

Laisvai atremta iš anksto įtempta tarpatramio, perdangos sija l , apkrauta tolygiai paskirstyta nuolatine skaičiuotine apkrova g_d . Ir ekvivalentine skaičiuotine apkrova q_d .

Skerspjūvio matmenys:

$$b = 0,5 \text{ m}; h = 0,7 \text{ m}; l = 11,25 \text{ m}; l_{sk} = 11,25 - 0,3 = 10,95 \text{ m}$$

$$M_k = 568,19 \text{ kNm}; M_{Ed} = 755,16 \text{ kNm}; V_{Ed} = 275,86 \text{ kN}$$

$$g_{perd,k} = 8,625 \frac{\text{kN}}{\text{m}}; g_{grind,k} = 2,308 \frac{\text{kN}}{\text{m}}; q_{naud,k} = 12,117 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Betonas sunkusis C30/37 klasĕs

$$f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = 1 \cdot 0,9 \cdot \frac{2}{1,5} = 1,2 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.386})$$

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1 \cdot 0,9 \cdot \frac{30}{1,5} = 18 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.387})$$

$$f_{ywd} = 290 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = f_{scd} = \frac{f_{yk}}{1,1} = \frac{400}{1,1} = 363,636 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.388})$$

Išilginės armatūros parinkimas.

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 18 = 0,706 \quad (\text{Pr.389})$$

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,706}{1 + \frac{363,636}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,706}{1,1}\right)} = 0,56 \quad (\text{Pr.390})$$

$$\mu_{Eds,lim} = 0,688 \cdot \xi_{lim} \cdot (1 - 0,416 \cdot \xi_{lim})$$

$$= 0,688 \cdot 0,56 \cdot (1 - 0,416 \cdot 0,56) = 0,296 \quad (\text{Pr.391})$$

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Ed} - f_{scd} \cdot (d - d_2) \cdot A_{s2}}{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2}$$

$$= \frac{755,16 \cdot 10^3 - 363,636 \cdot 10^6 \cdot (0,656 - 0,036) \cdot 0}{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 0,656^2} = 0,185 \quad (\text{Pr.392})$$

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{Eds}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,185} = 0,206 \quad (\text{Pr.393})$$

$$\xi = \frac{\xi_{eff}}{\lambda} = \frac{0,206}{0,8} = 0,258 < \xi_{lim} = 0,56 \quad (\text{Pr.394})$$

Skersinės armatūros parinkimas.

$$u_{sw} = f_{ywd} \cdot \frac{A_{sw}}{S_w} = 290 \cdot 0,285 = 82,65 \text{ kN/m} \quad (\text{Pr.395})$$

$$\varphi_n = \frac{N_{Ed}}{f_{ctd} \cdot b \cdot d} = \frac{0}{1,2 \cdot 0,5 \cdot 0,652} = 0 \quad (\text{Pr.396})$$

$$M_{c2} = \varphi_{c2} (1 + \varphi_n) f_{ctd} b d^2 = 2 \cdot (1 + 0) \cdot 1,2 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 0,656^2$$

$$= 516,403 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.397})$$

$$c_0 = \sqrt{\frac{M_{c2}}{u_{sw}}} = \sqrt{\frac{516,403}{82,65}} = 2,5 \text{ m} \quad (\text{Pr.398})$$

$$d = 0,656 \text{ m} < c_0 = 2,5 \text{ m} < 2d = 2 \cdot 0,656 = 1,312 \text{ m}$$

Priimame $c_0 = 1,312 \text{ m}$

$$V_{Rd,sw} = u_{sw} \cdot c_0 = 82,65 \cdot 1,312 = 108,437 \text{ kN} \quad (\text{Pr.399})$$

$$V_{Rd,c} = \frac{M_{c2}}{c_0} = \frac{516,403}{1,312} = 393,6 \text{ kN} \quad (\text{Pr.400})$$

Rėmsijės lentynos armatūros parinkimas.

$$g_{ryg,lent,k} = 0,2 \cdot 0,3 \cdot 25 = 1,5 \text{ kN/m} \quad (\text{Pr.401})$$

$$p_d = (g_{ryg,lent,k} + g_{perd,k} + g_{grind,k}) \cdot \gamma_g + q_{naud,k} \cdot \gamma_q$$

$$= (1,5 + 8,625 + 2,308) \cdot 1,35 + 12,117 \cdot 1,3 = 32,537 \text{ kN/m} \quad (\text{Pr.402})$$

Atstumas nuo rėmsijės krašto iki plokštės atrėmimo vidurio $a = 0,075 \text{ m}$

Lenkimo momentas lentynos 1m ilgiu

$$M_{Ed} = p_d \cdot l \cdot a = 32,537 \cdot 1 \cdot 0,075 = 2,44 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.403})$$

$$d_{lent} = h_{lent} - (a_1 - d_{arm,lent}) = 0,3 - (0,30 - 0,06) = 0,276 \text{ m} \quad (\text{Pr.404})$$

$$\mu_{Eds,lent} = \frac{M_{Ed,lent}}{\eta f_{cd} b_{lent} d_{lent}^2} = \frac{2,44 \cdot 10^3}{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0,276^2} = 0,002 \quad (\text{Pr.405})$$

$$\xi_{eff,lent} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{Eds,lent}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,002} = 0,002 \quad (\text{Pr.406})$$

$$\xi_{lent} = \frac{\xi_{eff,lent}}{\lambda} = \frac{0,002}{0,8} = 0,002 < \xi_{lim} = 0,56 \quad (\text{Pr.407})$$

Istrižojo pjūvio stiprumo patikrinimas.

$$\begin{aligned} V_{Rd,c,lent} &= 0,6 \cdot f_{ctd} \cdot b_{lent} \cdot d_{lent} = 0,6 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 0,276 = 198,72 \text{ kN} \\ &> V_{lent} = p_d \cdot l = 32,537 \cdot 1 = 32,537 \text{ kN} \end{aligned} \quad (\text{Pr.408})$$

Rėmsijės ribinio įlinkio tikrinimas.

Ribinis įlinkis nustatomas interpoliuojant:

$$d_{ilinkis} = \frac{l}{244} = \frac{11,25}{244} = 0,047 \text{ m} = 47 \text{ mm} \quad (\text{Pr.409})$$

SRY6 rėmsijės projektavimas

Laisvai atremta iš anksto įtempta tarpatriamo, perdangos sija l , apkrauta tolygiai paskirstyta nuolatine skaičiuotine apkrova g_d . Ir ekvivalentine skaičiuotine apkrova q_d .

Skerspjuvio matmenys:

$$b = 0,5 \text{ m}; h = 0,7 \text{ m}; l = 11,5 \text{ m}; l_{sk} = 11,5 - 0,3 = 11,2 \text{ m}$$

$$M_k = 613,72 \text{ kNm}; M_{Ed} = 821,09 \text{ kNm}; V_{Ed} = 293,25 \text{ kN}$$

$$g_{perd,k} = 10,79 \frac{\text{kN}}{\text{m}}; g_{grind,k} = 4,35 \frac{\text{kN}}{\text{m}}; q_{naud,k} = 7,967 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Betonas sunkusis C35/45 klasės

$$f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = 1 \cdot 0,9 \cdot \frac{2,2}{1,5} = 1,32 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.410})$$

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1 \cdot 0,9 \cdot \frac{35}{1,5} = 21 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.411})$$

$$f_{ywd} = 290 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = f_{scd} = \frac{f_{yk}}{1,1} = \frac{400}{1,1} = 363,636 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.412})$$

Išilginės armatūros parinkimas.

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 21 = 0,682 \quad (\text{Pr.413})$$

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,682}{1 + \frac{363,636}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,682}{1,1}\right)} = 0,534 \quad (\text{Pr.414})$$

$$\begin{aligned} \mu_{Eds,lim} &= 0,688 \cdot \xi_{lim} \cdot (1 - 0,416 \cdot \xi_{lim}) \\ &= 0,688 \cdot 0,534 \cdot (1 - 0,416 \cdot 0,534) = 0,286 \end{aligned} \quad (\text{Pr.415})$$

$$\begin{aligned} \mu_{Eds} &= \frac{M_{Ed} - f_{scd} \cdot (d - d_2) \cdot A_{s2}}{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{821,09 \cdot 10^3 - 363,636 \cdot 10^6 \cdot (0,593 - 0,036) \cdot 0}{1 \cdot 21 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 0,593^2} = 0,214 \end{aligned} \quad (\text{Pr.416})$$

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{Eds}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,214} = 0,244 \quad (\text{Pr.417})$$

$$\xi = \frac{\xi_{eff}}{\lambda} = \frac{0,244}{0,8} = 0,305 < \xi_{lim} = 0,534 \quad (\text{Pr.418})$$

Skersinės armatūros parinkimas.

$$u_{sw} = f_{ywd} \cdot \frac{A_{sw}}{S_w} = 290 \cdot 0,285 = 82,65 \text{ kN/m} \quad (\text{Pr.419})$$

$$\varphi_n = \frac{N_{Ed}}{f_{ctd} \cdot b \cdot d} = \frac{0}{1,2 \cdot 0,5 \cdot 0,652} = 0 \quad (\text{Pr.420})$$

$$M_{c2} = \varphi_{c2}(1 + \varphi_n)f_{ctd}bd^2 = 2 \cdot (1 + 0) \cdot 1,32 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 0,593^2 = 464,699 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.421})$$

$$c_0 = \sqrt{\frac{M_{c2}}{u_{sw}}} = \sqrt{\frac{464,699}{82,65}} = 2,371 \text{ m} \quad (\text{Pr.422})$$

$$d = 0,593 \text{ m} < c_0 = 2,371 \text{ m} < 2d = 2 \cdot 0,593 = 1,187 \text{ m}$$

Priimame $c_0 = 1,187 \text{ m}$

$$V_{Rd,sw} = u_{sw} \cdot c_0 = 82,65 \cdot 1,187 = 98,078 \text{ kN} \quad (\text{Pr.423})$$

$$V_{Rd,c} = \frac{M_{c2}}{c_0} = \frac{464,699}{1,187} = 391,6 \text{ kN} \quad (\text{Pr.424})$$

Rėmsijės lentynos armatūros parinkimas.

$$g_{ryg,lent,k} = 0,2 \cdot 0,4 \cdot 25 = 2 \text{ kN/m} \quad (\text{Pr.425})$$

$$p_d = (g_{ryg,lent,k} + g_{perd,k} + g_{grind,k}) \cdot \gamma_g + q_{naud,k} \cdot \gamma_q = (2 + 10,7 + 4,35) \cdot 1,35 + 7,97 \cdot 1,3 = 33,379 \text{ kN/m} \quad (\text{Pr.426})$$

Atstumas nuo rėmsijės krašto iki plokštės atrėmimo vidurio $a = 0,075 \text{ m}$

Lenkimo momentas lentynos 1m ilgiu

$$M_{Ed} = p_d \cdot l \cdot a = 33,379 \cdot 1 \cdot 0,075 = 2,503 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.427})$$

$$d_{lent} = h_{lent} - (a_1 - d_{arm,lent}) = 0,4 - (0,30 - 0,06) = 0,376 \text{ m} \quad (\text{Pr.428})$$

$$\mu_{Eds,lent} = \frac{M_{Ed,lent}}{\eta f_{cd} b_{lent} d_{lent}^2} = \frac{2,503 \cdot 10^3}{1 \cdot 21 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0,376^2} = 0,001 \quad (\text{Pr.429})$$

$$\xi_{eff,lent} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{Eds,lent}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,001} = 0,001 \quad (\text{Pr.430})$$

$$\xi_{lent} = \frac{\xi_{eff,lent}}{\lambda} = \frac{0,001}{0,8} = 0,001 < \xi_{lim} = 0,56 \quad (\text{Pr.431})$$

Įstrižojo pjūvio stiprumo patikrinimas.

$$V_{Rd,c,lent} = 0,6 \cdot f_{ctd} \cdot b_{lent} \cdot d_{lent} = 0,6 \cdot 1,32 \cdot 1 \cdot 0,376 = 297,792 \text{ kN} > V_{lent} = p_d \cdot l = 33,379 \cdot 1 = 33,379 \text{ kN} \quad (\text{Pr.432})$$

Rėmsijės ribinio įlinkio tikrinimas.

Ribinis įlinkis nustatomas interpoliuojant:

$$d_{ilinkis} = \frac{l}{246} = \frac{11,5}{246} = 0,045 \text{ m} = 45 \text{ mm} \quad (\text{Pr.433})$$

SRY7 rėmsijės projektavimas

Laisvai atremta iš anksto įtempta tarpatramio, perdangos sija l , apkrauta tolygiai paskirstyta nuolatine skaičiuotine apkrova g_d . Ir ekvivalentine skaičiuotine apkrova q_d .

Skerspjuvio matmenys:

$$b = 0,4 \text{ m}; h = 0,55 \text{ m}; l = 9 \text{ m}; l_{sk} = 9 - 0,15 = 8,85 \text{ m}; l_1 = 7 \text{ m}; l_{1,sk} = 7 - 0,15 = 6,85 \text{ m}$$

$$M_k = 250,54 \text{ kNm}; M_{Ed} = 334,83 \text{ kNm}; V_{Ed} = 253,58 \text{ kN}$$

$$g_{perd,k} = 17,04 \frac{\text{kN}}{\text{m}}; g_{grind,k} = 7,36 \frac{\text{kN}}{\text{m}}; q_{naud,k} = 12,68 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Betonas sunkusis C30/37 klasēs

$$f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = 1 \cdot 0,9 \cdot \frac{2}{1,5} = 1,2 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.434})$$

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1 \cdot 0,9 \cdot \frac{30}{1,5} = 18 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.435})$$

$$f_{ywd} = 290 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = f_{scd} = \frac{f_{yk}}{1,1} = \frac{400}{1,1} = 363,636 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.436})$$

Išilginės armatūros parinkimas.

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 18 = 0,706 \quad (\text{Pr.437})$$

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,706}{1 + \frac{363,636}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,706}{1,1}\right)} = 0,56 \quad (\text{Pr.438})$$

$$\mu_{Eds,lim} = 0,688 \cdot \xi_{lim} \cdot (1 - 0,416 \cdot \xi_{lim}) = 0,688 \cdot 0,56 \cdot (1 - 0,416 \cdot 0,56) = 0,296 \quad (\text{Pr.439})$$

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Ed} - f_{scd} \cdot (d - d_2) \cdot A_{s2}}{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{334,83 \cdot 10^3 - 363,636 \cdot 10^6 \cdot (0,502 - 0,036) \cdot 0}{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,4 \cdot 0,502^2} = 0,185 \quad (\text{Pr.440})$$

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{Eds}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,185} = 0,206 \quad (\text{Pr.441})$$

$$\xi = \frac{\xi_{eff}}{\lambda} = \frac{0,206}{0,8} = 0,258 < \xi_{lim} = 0,56 \quad (\text{Pr.442})$$

Skersinės armatūros parinkimas.

$$u_{sw} = f_{ywd} \cdot \frac{A_{sw}}{S_w} = 290 \cdot 0,285 = 82,65 \text{ kN/m} \quad (\text{Pr.443})$$

$$\varphi_n = \frac{N_{Ed}}{f_{ctd} \cdot b \cdot d} = \frac{0}{1,2 \cdot 0,5 \cdot 0,652} = 0 \quad (\text{Pr.444})$$

$$M_{c2} = \varphi_{c2} (1 + \varphi_n) f_{ctd} b d^2 = 2 \cdot (1 + 0) \cdot 1,2 \cdot 10^6 \cdot 0,4 \cdot 0,502^2 = 241,603 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.445})$$

$$c_0 = \sqrt{\frac{M_{c2}}{u_{sw}}} = \sqrt{\frac{241,603}{82,65}} = 1,71 \text{ m} \quad (\text{Pr.446})$$

$$d = 0,502 \text{ m} < c_0 = 1,71 \text{ m} < 2d = 2 \cdot 0,502 = 1,004 \text{ m}$$

Priimame $c_0 = 1,004 \text{ m}$

$$V_{Rd,sw} = u_{sw} \cdot c_0 = 82,65 \cdot 1,004 = 82,981 \text{ kN} \quad (\text{Pr.447})$$

$$V_{Rd,c} = \frac{M_{c2}}{c_0} = \frac{241,603}{1,004} = 240,64 \text{ kN} \quad (\text{Pr.448})$$

Rėmsijės lentynos armatūros parinkimas.

$$g_{ryg,lent,k} = 0,2 \cdot 0,3 \cdot 25 = 1,5 \text{ kN/m} \quad (\text{Pr.449})$$

$$p_d = (g_{ryg,lent,k} + g_{perd,k} + g_{grind,k}) \cdot \gamma_g + q_{naud,k} \cdot \gamma_q \quad (\text{Pr.450})$$

$$= (1,5 + 17,04 + 7,36) \cdot 1,35 + 12,68 \cdot 1,3 = 51,449 \text{ kN/m}$$

Atstumas nuo rėmsijės krašto iki plokštės atrėmimo vidurio $a = 0,075 \text{ m}$

Lenkimo momentas lentynos 1m ilgiu

$$M_{Ed} = p_d \cdot l \cdot a = 51,449 \cdot 1 \cdot 0,075 = 3,859 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.451})$$

$$d_{lent} = h_{lent} - (a_1 - d_{arm,lent}) = 0,3 - (0,30 - 0,06) = 0,276 \text{ m} \quad (\text{Pr.452})$$

$$\mu_{Eds,lent} = \frac{M_{Ed,lent}}{\eta f_{cd} b_{lent} d_{lent}^2} = \frac{3,859 \cdot 10^3}{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0,276^2} = 0,003 \quad (\text{Pr.453})$$

$$\xi_{eff,lent} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{Eds,lent}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,003} = 0,003 \quad (\text{Pr.454})$$

$$\xi_{lent} = \frac{\xi_{eff,lent}}{\lambda} = \frac{0,003}{0,8} = 0,004 < \xi_{lim} = 0,56 \quad (\text{Pr.455})$$

Įstrižojo pjūvio stiprumo patikrinimas.

$$V_{Rd,c,lent} = 0,6 \cdot f_{ctd} \cdot b_{lent} \cdot d_{lent} = 0,6 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 0,276 = 198,72 \text{ kN} \quad (\text{Pr.456})$$

$$> V_{lent} = p_d \cdot l = 51,449 \cdot 1 = 51,449 \text{ kN}$$

Rėmsijės ribinio įlinkio tikrinimas.

Ribinis įlinkis nustatomas interpoliuojant:

$$d_{lim} = \frac{l_1}{208} = \frac{7}{208} = 0,034 \text{ m} = 34 \text{ mm} \quad (\text{Pr.457})$$

SRY8 rėmsijės projektavimas

Laisvai atremta iš anksto įtempta tarpatramio, perdangos sija l , apkrauta tolygiai paskirstyta nuolatinė skaičiuotinė apkrova g_d . Ir ekvivalentine skaičiuotinė apkrova q_d .

Skerspjūvio matmenys:

$$b = 0,4 \text{ m}; h = 0,55 \text{ m}; l = 9 \text{ m}; l_{sk} = 9 - 0,15 = 8,85 \text{ m}; l_1 = 7 \text{ m}; l_{1,sk} = 7 - 0,15 = 6,85 \text{ m}$$

$$M_k = 389,78 \text{ kNm}; M_{Ed} = 520,82 \text{ kNm}; V_{Ed} = 394,45 \text{ kN}$$

$$g_{perd,k} = 17,04 \frac{\text{kN}}{\text{m}}; g_{grind,k} = 7,36 \frac{\text{kN}}{\text{m}}; q_{naud,k} = 12,68 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Betonas sunkusis C30/37 klasės

$$f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = 1 \cdot 0,9 \cdot \frac{2}{1,5} = 1,2 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.458})$$

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1 \cdot 0,9 \cdot \frac{30}{1,5} = 18 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.459})$$

$$f_{ywd} = 290 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = f_{scd} = \frac{f_{yk}}{1,1} = \frac{400}{1,1} = 363,636 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.460})$$

Išilginės armatūros parinkimas.

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 18 = 0,706 \quad (\text{Pr.461})$$

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,706}{1 + \frac{363,636}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,706}{1,1}\right)} = 0,56 \quad (\text{Pr.462})$$

$$\begin{aligned} \mu_{Eds,lim} &= 0,688 \cdot \xi_{lim} \cdot (1 - 0,416 \cdot \xi_{lim}) \\ &= 0,688 \cdot 0,56 \cdot (1 - 0,416 \cdot 0,56) = 0,296 \end{aligned} \quad (\text{Pr.463})$$

$$\begin{aligned} \mu_{Eds} &= \frac{M_{Ed} - f_{scd} \cdot (d - d_2) \cdot A_{s2}}{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{520,82 \cdot 10^3 - 363,636 \cdot 10^6 \cdot (0,497 - 0,036) \cdot 0}{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,4 \cdot 0,497^2} = 0,293 \end{aligned} \quad (\text{Pr.464})$$

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{Eds}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,293} = 0,357 \quad (\text{Pr.465})$$

$$\xi = \frac{\xi_{eff}}{\lambda} = \frac{0,357}{0,8} = 0,446 < \xi_{lim} = 0,56 \quad (\text{Pr.466})$$

Skersinės armatūros parinkimas.

$$v_{sw} = f_{ywd} \cdot \frac{A_{sw}}{S_w} = 290 \cdot 0,785 = 227,65 \text{ kN/m} \quad (\text{Pr.467})$$

$$\varphi_n = \frac{N_{Ed}}{f_{ctd} \cdot b \cdot d} = \frac{0}{1,2 \cdot 0,5 \cdot 0,652} = 0 \quad (\text{Pr.468})$$

$$\begin{aligned} M_{c2} &= \varphi_{c2} (1 + \varphi_n) f_{ctd} b d^2 = 2 \cdot (1 + 0) \cdot 1,2 \cdot 10^6 \cdot 0,4 \cdot 0,497^2 \\ &= 236,811 \text{ kNm} \end{aligned} \quad (\text{Pr.469})$$

$$c_0 = \sqrt{\frac{M_{c2}}{v_{sw}}} = \sqrt{\frac{236,811}{227,65}} = 1,02 \text{ m} \quad (\text{Pr.470})$$

$$d = 0,497 \text{ m} < c_0 = 1,02 \text{ m} < 2d = 2 \cdot 0,497 = 0,994 \text{ m}$$

Priimame $c_0 = 0,994 \text{ m}$

$$V_{Rd,sw} = v_{sw} \cdot c_0 = 227,65 \cdot 0,994 = 226,284 \text{ kN} \quad (\text{Pr.471})$$

$$V_{Rd,c} = \frac{M_{c2}}{c_0} = \frac{236,811}{0,994} = 238,24 \text{ kN} \quad (\text{Pr.472})$$

Rėmsijės lentynos armatūros parinkimas.

$$g_{ryg,lent,k} = 0,2 \cdot 0,3 \cdot 25 = 1,5 \text{ kN/m} \quad (\text{Pr.473})$$

$$\begin{aligned} p_d &= (g_{ryg,lent,k} + g_{perd,k} + g_{grind,k}) \cdot \gamma_g + q_{naud,k} \cdot \gamma_q \\ &= (1,5 + 17,04 + 7,36) \cdot 1,35 + 12,68 \cdot 1,3 = 51,449 \text{ kN/m} \end{aligned} \quad (\text{Pr.474})$$

Atstumas nuo rėmsijės krašto iki plokštės atrėmimo vidurio $a = 0,075 \text{ m}$

Lenkimo momentas lentynos 1m ilgiu

$$M_{Ed} = p_d \cdot l \cdot a = 51,449 \cdot 1 \cdot 0,075 = 3,859 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.475})$$

$$d_{lent} = h_{lent} - (a_1 - d_{arm,lent}) = 0,3 - (0,30 - 0,06) = 0,276 \text{ m} \quad (\text{Pr.476})$$

$$\mu_{Eds,lent} = \frac{M_{Ed,lent}}{\eta f_{cd} b_{lent} d_{lent}^2} = \frac{3,859 \cdot 10^3}{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0,276^2} = 0,003 \quad (\text{Pr.477})$$

$$\xi_{eff,lent} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{Eds,lent}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,003} = 0,003 \quad (\text{Pr.478})$$

$$\xi_{lent} = \frac{\xi_{eff,lent}}{\lambda} = \frac{0,003}{0,8} = 0,004 < \xi_{lim} = 0,56 \quad (\text{Pr.479})$$

Istrižojo pjūvio stiprumo patikrinimas.

$$\begin{aligned} V_{Rd,c,lent} &= 0,6 \cdot f_{ctd} \cdot b_{lent} \cdot d_{lent} = 0,6 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 0,276 = 198,72 \text{ kN} \\ &> V_{lent} = p_d \cdot l = 51,449 \cdot 1 = 51,449 \text{ kN} \end{aligned} \quad (\text{Pr.480})$$

Rėmsijės ribinio įlinkio tikrinimas.

Ribinis įlinkis nustatomas interpoliuojant:

$$d_{lim} = \frac{l_1}{208} = \frac{7}{208} = 0,034 \text{ m} = 34 \text{ mm} \quad (\text{Pr.481})$$

SRY9 rėmsijės projektavimas

Laisvai atremta iš anksto įtempta tarpatramio, perdangos sija l , apkrauta tolygiai paskirstyta nuolatinė skaičiuotinė apkrova g_d . Ir ekvivalentine skaičiuotinė apkrova q_d .

Skerspjūvio matmenys:

$$\begin{aligned} b &= 0,4 \text{ m}; h = 0,55 \text{ m}; l = 9 \text{ m}; l_{sk} = 9 - 0,15 = 8,85 \text{ m}; l_1 = 7 \text{ m}; l_{1,sk} = 7 - 0,15 \\ &= 6,85 \text{ m} \end{aligned}$$

$$M_k = 313,95 \text{ kNm}; M_{Ed} = 419,6 \text{ kNm}; V_{Ed} = 317,79 \text{ kN}$$

$$g_{perd,k} = 10,79 \frac{\text{kN}}{\text{m}}; g_{grind,k} = 4,66 \frac{\text{kN}}{\text{m}}; q_{naud,k} = 8,03 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Betonas sunkusis C30/37 klasės

$$f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = 1 \cdot 0,9 \cdot \frac{2}{1,5} = 1,2 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.482})$$

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1 \cdot 0,9 \cdot \frac{30}{1,5} = 18 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.483})$$

$$f_{ywd} = 290 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = f_{scd} = \frac{f_{yk}}{1,1} = \frac{400}{1,1} = 363,636 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.484})$$

Išilginės armatūros parinkimas.

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 18 = 0,706 \quad (\text{Pr.485})$$

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,706}{1 + \frac{363,636}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,706}{1,1}\right)} = 0,56 \quad (\text{Pr.486})$$

$$\begin{aligned} \mu_{Eds,lim} &= 0,688 \cdot \xi_{lim} \cdot (1 - 0,416 \cdot \xi_{lim}) \\ &= 0,688 \cdot 0,56 \cdot (1 - 0,416 \cdot 0,56) = 0,296 \end{aligned} \quad (\text{Pr.487})$$

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Ed} - f_{scd} \cdot (d - d_2) \cdot A_{s2}}{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2} \quad (\text{Pr.488})$$

$$= \frac{419,6 \cdot 10^3 - 363,636 \cdot 10^6 \cdot (0,491 - 0,036) \cdot 0}{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,4 \cdot 0,491^2} = 0,242$$

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{Eds}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,242} = 0,282 \quad (\text{Pr.489})$$

$$\xi = \frac{\xi_{eff}}{\lambda} = \frac{0,282}{0,8} = 0,352 < \xi_{lim} = 0,56 \quad (\text{Pr.490})$$

Skersinės armatūros parinkimas.

$$v_{sw} = f_{ywd} \cdot \frac{A_{sw}}{S_w} = 290 \cdot 0,505 = 146,45 \text{ kN/m} \quad (\text{Pr.491})$$

$$\varphi_n = \frac{N_{Ed}}{f_{ctd} \cdot b \cdot d} = \frac{0}{1,2 \cdot 0,5 \cdot 0,652} = 0 \quad (\text{Pr.492})$$

$$M_{c2} = \varphi_{c2} (1 + \varphi_n) f_{ctd} b d^2 = 2 \cdot (1 + 0) \cdot 1,2 \cdot 10^6 \cdot 0,4 \cdot 0,491^2 = 231,124 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.493})$$

$$c_0 = \sqrt{\frac{M_{c2}}{v_{sw}}} = \sqrt{\frac{231,124}{146,45}} = 1,256 \text{ m} \quad (\text{Pr.494})$$

$$d = 0,491 \text{ m} < c_0 = 1,256 \text{ m} < 2d = 2 \cdot 0,491 = 0,982 \text{ m}$$

Priimame $c_0 = 0,982 \text{ m}$

$$V_{Rd,sw} = v_{sw} \cdot c_0 = 146,45 \cdot 0,982 = 143,814 \text{ kN} \quad (\text{Pr.495})$$

$$V_{Rd,c} = \frac{M_{c2}}{c_0} = \frac{231,124}{0,982} = 235,36 \text{ kN} \quad (\text{Pr.496})$$

Rėmsijės lentynos armatūros parinkimas.

$$g_{ryg,lent,k} = 0,2 \cdot 0,3 \cdot 25 = 1,5 \text{ kN/m} \quad (\text{Pr.497})$$

$$p_d = (g_{ryg,lent,k} + g_{perd,k} + g_{grind,k}) \cdot \gamma_g + q_{naud,k} \cdot \gamma_q = (1,5 + 10,79 + 4,66) \cdot 1,35 + 8,03 \cdot 1,3 = 33,322 \text{ kN/m} \quad (\text{Pr.498})$$

Atstumas nuo rėmsijės krašto iki plokštės atrėmimo vidurio $a = 0,075 \text{ m}$

Lenkimo momentas lentynos 1m ilgiu

$$M_{Ed} = p_d \cdot l \cdot a = 33,322 \cdot 1 \cdot 0,075 = 2,499 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.499})$$

$$d_{lent} = h_{lent} - (a_1 - d_{arm,lent}) = 0,3 - (0,30 - 0,06) = 0,276 \text{ m} \quad (\text{Pr.500})$$

$$\mu_{Eds,lent} = \frac{M_{Ed,lent}}{\eta f_{cd} b_{lent} d_{lent}^2} = \frac{2,499 \cdot 10^3}{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0,276^2} = 0,002 \quad (\text{Pr.501})$$

$$\xi_{eff,lent} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{Eds,lent}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,002} = 0,002 \quad (\text{Pr.502})$$

$$\xi_{lent} = \frac{\xi_{eff,lent}}{\lambda} = \frac{0,002}{0,8} = 0,002 < \xi_{lim} = 0,56 \quad (\text{Pr.503})$$

Įstrižojo pjūvio stiprumo patikrinimas.

$$V_{Rd,c,lent} = 0,6 \cdot f_{ctd} \cdot b_{lent} \cdot d_{lent} = 0,6 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 0,276 = 198,72 \text{ kN} > V_{lent} = p_d \cdot l = 33,322 \cdot 1 = 33,322 \text{ kN} \quad (\text{Pr.504})$$

Rėmsijės ribinio įlinkio tikrinimas.

Ribinis įlinkis nustatomas interpoliuojant:

$$d_{lim} = \frac{l_1}{208} = \frac{7}{208} = 0,034 \text{ m} = 34 \text{ mm} \quad (\text{Pr.505})$$

SRY10 rėmsijės projektavimas

Laisvai atremta iš anksto įtempta tarpatramio, perdangos sija l , apkrauta tolygiai paskirstyta nuolatinė skaičiuotinė apkrova g_d . Ir ekvivalentine skaičiuotinė apkrova q_d .

Skerspjūvio matmenys:

$$b = 0,4 \text{ m}; h = 0,55 \text{ m}; l = 9 \text{ m}; l_{sk} = 9 - 0,15 = 8,85 \text{ m}; l_1 = 7 \text{ m}; l_{1,sk} = 7 - 0,15 = 6,85 \text{ m}$$

$$M_k = 174,72 \text{ kNm}; M_{Ed} = 233,6 \text{ kNm}; V_{Ed} = 176,92 \text{ kN}$$

$$g_{perd,k} = 10,79 \frac{\text{kN}}{\text{m}}; g_{grind,k} = 4,66 \frac{\text{kN}}{\text{m}}; q_{naud,k} = 8,03 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Betonas sunkusis C30/37 klasės

$$f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = 1 \cdot 0,9 \cdot \frac{2}{1,5} = 1,2 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.506})$$

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1 \cdot 0,9 \cdot \frac{30}{1,5} = 18 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.507})$$

$$f_{ywd} = 290 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = f_{scd} = \frac{f_{yk}}{1,1} = \frac{400}{1,1} = 363,636 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.508})$$

Išilginės armatūros parinkimas.

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 18 = 0,706 \quad (\text{Pr.509})$$

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,706}{1 + \frac{363,636}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,706}{1,1}\right)} = 0,56 \quad (\text{Pr.510})$$

$$\mu_{Eds,lim} = 0,688 \cdot \xi_{lim} \cdot (1 - 0,416 \cdot \xi_{lim}) = 0,688 \cdot 0,56 \cdot (1 - 0,416 \cdot 0,56) = 0,296 \quad (\text{Pr.511})$$

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Ed} - f_{scd} \cdot (d - d_2) \cdot A_{s2}}{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{233,6 \cdot 10^3 - 363,636 \cdot 10^6 \cdot (0,509 - 0,036) \cdot 0}{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 0,4 \cdot 0,509^2} = 0,125 \quad (\text{Pr.512})$$

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{Eds}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,125} = 0,134 \quad (\text{Pr.513})$$

$$\xi = \frac{\xi_{eff}}{\lambda} = \frac{0,134}{0,8} = 0,168 < \xi_{lim} = 0,56 \quad (\text{Pr.514})$$

Skersinės armatūros parinkimas.

$$v_{sw} = f_{ywd} \cdot \frac{A_{sw}}{S_w} = 290 \cdot 0,285 = 82,65 \text{ kN/m} \quad (\text{Pr.515})$$

$$\varphi_n = \frac{N_{Ed}}{f_{ctd} \cdot b \cdot d} = \frac{0}{1,2 \cdot 0,5 \cdot 0,652} = 0 \quad (\text{Pr.516})$$

$$M_{c2} = \varphi_{c2} (1 + \varphi_n) f_{ctd} b d^2 = 2 \cdot (1 + 0) \cdot 1,2 \cdot 10^6 \cdot 0,4 \cdot 0,509^2 = 248,718 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.517})$$

$$c_0 = \sqrt{\frac{M_{c2}}{v_{sw}}} = \sqrt{\frac{248,718}{82,65}} = 1,735 \text{ m} \quad (\text{Pr.518})$$

$$d = 0,509 \text{ m} < c_0 = 1,735 \text{ m} < 2d = 2 \cdot 0,509 = 1,018 \text{ m}$$

Priimame $c_0 = 1,018 \text{ m}$

$$V_{Rd,sw} = v_{sw} \cdot c_0 = 82,65 \cdot 1,018 = 84,138 \text{ kN} \quad (\text{Pr.519})$$

$$V_{Rd,c} = \frac{M_{c2}}{c_0} = \frac{248,718}{1,018} = 244,32 \text{ kN} \quad (\text{Pr.520})$$

Rėmsijės lentynos armatūros parinkimas.

$$g_{ryg,lent,k} = 0,2 \cdot 0,3 \cdot 25 = 1,5 \text{ kN/m} \quad (\text{Pr.521})$$

$$p_d = (g_{ryg,lent,k} + g_{perd,k} + g_{grind,k}) \cdot \gamma_g + q_{naud,k} \cdot \gamma_q \quad (\text{Pr.522})$$

$$= (1,5 + 10,79 + 4,66) \cdot 1,35 + 8,03 \cdot 1,3 = 33,322 \text{ kN/m}$$

Atstumas nuo rėmsijės krašto iki plokštės atrėmimo vidurio $a = 0,075 \text{ m}$

Lenkimo momentas lentynos 1m ilgiu

$$M_{Ed} = p_d \cdot l \cdot a = 33,322 \cdot 1 \cdot 0,075 = 2,499 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.523})$$

$$d_{lent} = h_{lent} - (a_1 - d_{arm,lent}) = 0,3 - (0,30 - 0,06) = 0,276 \text{ m} \quad (\text{Pr.524})$$

$$\mu_{Eds,lent} = \frac{M_{Ed,lent}}{\eta f_{cd} b_{lent} d_{lent}^2} = \frac{2,499 \cdot 10^3}{1 \cdot 18 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 0,276^2} = 0,002 \quad (\text{Pr.525})$$

$$\xi_{eff,lent} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{Eds,lent}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,002} = 0,002 \quad (\text{Pr.526})$$

$$\xi_{lent} = \frac{\xi_{eff,lent}}{\lambda} = \frac{0,002}{0,8} = 0,002 < \xi_{lim} = 0,56 \quad (\text{Pr.527})$$

Istrižojo pjūvio stiprumo patikrinimas.

$$V_{Rd,c,lent} = 0,6 \cdot f_{ctd} \cdot b_{lent} \cdot d_{lent} = 0,6 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 0,276 = 198,72 \text{ kN} \quad (\text{Pr.528})$$

$$> V_{lent} = p_d \cdot l = 33,322 \cdot 1 = 33,322 \text{ kN}$$

Rėmsijės ribinio įlinkio tikrinimas.

Ribinis įlinkis nustatomas interpoliuojant:

$$d_{lim} = \frac{l_1}{208} = \frac{7}{208} = 0,034 \text{ m} = 34 \text{ mm} \quad (\text{Pr.529})$$

SRD1 rėmsijės projektavimas

Laisvai atremta denginio sija l , apkrauta tolygiai paskirstyta nuolatinė skaičiuotinė apkrova g_d . Ir ekvivalentine skaičiuotinė apkrova q_d .

Skerspjuvio matmenys:

$$b = 0,4 \text{ m}; h = 0,4 \text{ m}; l = 9 \text{ m}; l_{sk} = 9 - 0,15 = 8,85 \text{ m}; l_1 = 7 \text{ m}; l_{1,sk} = 7 - 0,15 = 6,85 \text{ m}$$

$$M_k = 87,87 \text{ kNm}; M_{Ed} = 115,69 \text{ kNm}; V_{Ed} = 87,62 \text{ kN}$$

Betonas sunkusis C25/30 klasės

$$f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ctk,0,05}}{\gamma_c} = 1 \cdot 0,9 \cdot \frac{1,8}{1,5} = 1,08 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.530})$$

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} f_{ywd} = 290 \text{ N/mm}^2 = 1 \cdot 0,9 \cdot \frac{25}{1,5} = 15 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.531})$$

$$f_{yd} = f_{scd} = \frac{f_{yk}}{1,1} = \frac{400}{1,1} = 363,636 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.532})$$

Išilginės armatūros parinkimas.

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 15 = 0,73 \quad (\text{Pr.533})$$

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,73}{1 + \frac{363,636}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,73}{1,1}\right)} = 0,587 \quad (\text{Pr.534})$$

$$\begin{aligned} \mu_{Eds,lim} &= 0,688 \cdot \xi_{lim} \cdot (1 - 0,416 \cdot \xi_{lim}) \\ &= 0,688 \cdot 0,587 \cdot (1 - 0,416 \cdot 0,587) = 0,305 \end{aligned} \quad (\text{Pr.535})$$

$$\begin{aligned} \mu_{Eds} &= \frac{M_{Ed} - f_{scd} \cdot (d - d_2) \cdot A_{s2}}{\eta \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2} \\ &= \frac{115,69 \cdot 10^3 - 363,636 \cdot 10^6 \cdot (0,361 - 0,036) \cdot 0}{1 \cdot 15 \cdot 10^6 \cdot 0,4 \cdot 0,361^2} = 0,148 \end{aligned} \quad (\text{Pr.536})$$

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{Eds}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,148} = 0,161 \quad (\text{Pr.537})$$

$$\xi = \frac{\xi_{eff}}{\lambda} = \frac{0,161}{0,8} = 0,201 < \xi_{lim} = 0,587 \quad (\text{Pr.538})$$

Skersinės armatūros parinkimas.

$$v_{sw} = f_{ywd} \cdot \frac{A_{sw}}{S_w} = 290 \cdot 0,285 = 82,65 \text{ kN/m} \quad (\text{Pr.539})$$

$$\varphi_n = \frac{N_{Ed}}{f_{ctd} \cdot b \cdot d} = \frac{0}{1,2 \cdot 0,5 \cdot 0,652} = 0 \quad (\text{Pr.540})$$

$$\begin{aligned} M_{c2} &= \varphi_{c2} (1 + \varphi_n) f_{ctd} b d^2 = 2 \cdot (1 + 0) \cdot 1,08 \cdot 10^6 \cdot 0,4 \cdot 0,361^2 \\ &= 112,597 \text{ kNm} \end{aligned} \quad (\text{Pr.541})$$

$$c_0 = \sqrt{\frac{M_{c2}}{v_{sw}}} = \sqrt{\frac{112,597}{82,65}} = 1,167 \text{ m} \quad (\text{Pr.542})$$

$$d = 0,361 \text{ m} < c_0 = 0,722 \text{ m} < 2d = 2 \cdot 0,361 = 0,722 \text{ m}$$

Priimame $c_0 = 0,722 \text{ m}$

$$V_{Rd,sw} = v_{sw} \cdot c_0 = 82,65 \cdot 0,722 = 59,673 \text{ kN} \quad (\text{Pr.543})$$

$$V_{Rd,c} = \frac{M_{c2}}{c_0} = \frac{112,597}{0,722} = 155,952 \text{ kN} \quad (\text{Pr.544})$$

Rėmsijės ribinio įlinkio tikrinimas.

Ribinis įlinkis nustatomas interpoliuojant:

$$d_{lim} = \frac{l_1}{208} = \frac{7}{208} = 0,034 \text{ m} = 34 \text{ mm} \quad (\text{Pr.545})$$

KO1 kolonos projektavimas

Pradiniai duomenys:

Kolonos ilgis $l_c = 8,65 \text{ m}$

Kolonos skaičiuotinis ilgis $l_0 = l_c \cdot 1,5 = 12,975 \text{ m}$

Kolonos išoriniai matmenys $b_c = h_c = 500 \text{ mm}$

Armatūra S400 klasės ($f_{yd} = f_{scd} = 365 \text{ N/mm}^2$, $E_s = 2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$)

Apsauginis armatūros sluoksniš $a_1 = a_2 = 40 \text{ mm}$

Armatūros skerspjūvio plotas $A_{s1} = A_{s2}$

Betonas sunkusis C30/37klasės ($E_{cm} = 3,2 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$)

Ašinė jėga $N_{Ed} = 753,48 \text{ kN}$

Lenkimo momentas $M_{Ed} = 30,24 \text{ kNm}$

Ašinė jėga nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių apkrovų $N_{Ed,l} = 579,63 \text{ kN}$

Lenkimo momentas nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių apkrovų $M_{Ed,l} = 9,19 \text{ kNm}$

Skaičiuotinis aukštis:

$$d = 500 - 40 = 460 \text{ mm.} \quad (\text{Pr.546})$$

$$\begin{aligned} M_{Ed,s} &= M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \frac{d - a_2}{2} = 30,24 \cdot 10^6 + 753,48 \cdot 10^3 \cdot \frac{460 - 40}{2} \\ &= 188,471 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 188,471 \text{ kNm} \end{aligned} \quad (\text{Pr.547})$$

$$\begin{aligned} M_{Ed,s,l} &= M_{Ed,l} + N_{Ed,l} \cdot \frac{d - a_2}{2} = 9,19 \cdot 10^6 + 579,63 \cdot 10^3 \cdot \frac{460 - 40}{2} \\ &= 130,912 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 130,912 \text{ kNm} \end{aligned} \quad (\text{Pr.548})$$

Kiti dydžiai bus:

$$\varphi_l = 1 + \beta \cdot \frac{M_{Ed,s,l}}{M_{Ed,s}} = 1 + 1,0 \cdot \frac{130,912}{188,471} = 1,695 \quad (\text{Pr.550})$$

$$e_0 = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{30,24 \cdot 10^6}{753,48 \cdot 10^3} = 40,134 \text{ mm} > e_a = \frac{h}{30} = \frac{500}{30} = 16,667 \text{ mm} \quad (\text{Pr.551})$$

$$\begin{aligned} \delta_e &= \frac{e_0}{h} = \frac{40,134}{500} = 0,08 > \delta_{e,min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{h} - 0,01 f_{cd} \\ &= 0,5 - 0,01 \frac{12975}{500} - 0,01 \cdot 18 = 0,061 \end{aligned} \quad (\text{Pr.552})$$

Priimame. $\delta_e = 0,08$

Pirmam priartėjimui priimame $\rho_1 = 0,01$.

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{2,1 \cdot 10^5}{3,2 \cdot 10^4} = 6,563 \quad (\text{Pr.553})$$

$$I_c = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{500 \cdot 500^3}{12} = 5,208 \cdot 10^9 \text{ mm}^4 \quad (\text{Pr.554})$$

$$I_s = \rho_1 \cdot b \cdot d \cdot \left(\frac{d - a_2}{2} \right)^2 = 0,01 \cdot 500 \cdot 460 \cdot \left(\frac{460 - 40}{2} \right)^2 = 101,43 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad (\text{Pr.555})$$

$$\begin{aligned} N_{crit} &= \frac{6,4 \cdot E_{cm}}{l_0^2} \left[\frac{I_c}{\varphi_l} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha_e I_s \right] \\ &= \frac{6,4 \cdot 3,2 \cdot 10^4}{12,975^2} \left[\frac{5,208 \cdot 10^9}{1,695} \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,08} + 0,1 \right) + 6,563 \cdot 101,43 \cdot 10^6 \right] \\ &= 3,465 \cdot 10^6 \text{ N} = 3465,146 \text{ kN} \end{aligned} \quad (\text{Pr.556})$$

Apskaičiuojamas koeficientas η :

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{crit}}} = \frac{1}{1 - \frac{753,48}{3465,146}} = 1,278 \quad (\text{Pr.557})$$

Ekscentricitetas e_e :

$$e_e = e_0 \cdot \eta + \frac{d - a_2}{2} = 40,134 \cdot 1,278 + \frac{460 - 40}{2} = 261,286 \text{ mm} \quad (\text{Pr.558})$$

Apskaičiuojamas reikalingas armavimas:

Apskaičiuojamos reikšmės:

Betono skaičiuotinis stipris gniuždant:

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,9 \cdot 1,0 \cdot \frac{30}{1,5} = 18 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Pr.559})$$

$$\alpha_n = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d} = \frac{753,48 \cdot 10^3}{18 \cdot 500 \cdot 460} = 0,182 \quad (\text{Pr.560})$$

$$\alpha_m = \frac{N_{Ed} \cdot e_e}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{753,48 \cdot 10^3 \cdot 261,286}{18 \cdot 500 \cdot 460^2} = 0,103 \quad (\text{Pr.561})$$

Apskaičiuojamas ribinis santykinis gniuždomosios zonos aukštis:

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 18 = 0,706 \quad (\text{Pr.562})$$

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,706}{1 + \frac{365}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,706}{1,1}\right)} = 0,56 \quad (\text{Pr.563})$$

KO2 kolonos projektavimas

Pradiniai duomenys:

Kolonos ilgis $l_c = 8,65 \text{ m}$

Kolonos skaičiuotinis ilgis $l_0 = l_c \cdot 1,5 = 12,975 \text{ m}$

Kolonos išoriniai matmenys $b_c = h_c = 500 \text{ mm}$

Armatūra S400 klasės ($f_{yd} = f_{scd} = 365 \text{ N/mm}^2$, $E_s = 2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$)

Apsauginis armatūros sluoksniš $a_1 = a_2 = 40 \text{ mm}$

Armatūros skerspjūvio plotas $A_{s1} = A_{s2}$

Betonas sunkusis C30/37 klasės ($E_{cm} = 3,2 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$)

Ašinė jėga $N_{Ed} = 1426,68 \text{ kN}$

Lenkimo momentas $M_{Ed} = 19,61 \text{ kNm}$

Ašinė jėga nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių apkrovų $N_{Ed,l} = 1078,98 \text{ kN}$

Lenkimo momentas nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių apkrovų $M_{Ed,l} = 5,97 \text{ kNm}$

Skaičiuotinis aukštis:

$$d = 500 - 40 = 460 \text{ mm.}$$

$$\begin{aligned} M_{Ed,s} &= M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \frac{d - a_2}{2} = 19,61 \cdot 10^6 + 1426,68 \cdot 10^3 \cdot \frac{460 - 40}{2} \\ &= 319,213 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 319,213 \text{ kNm} \end{aligned} \quad (\text{Pr.564})$$

$$\begin{aligned} M_{Ed,s,l} &= M_{Ed,l} + N_{Ed,l} \cdot \frac{d - a_2}{2} = 5,97 \cdot 10^6 + 1078,98 \cdot 10^3 \cdot \frac{460 - 40}{2} \\ &= 232,556 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 232,556 \text{ kNm} \end{aligned} \quad (\text{Pr.565})$$

Kiti dydžiai bus:

$$\varphi_l = 1 + \beta \cdot \frac{M_{Ed,s,l}}{M_{Ed,s}} = 1 + 1,0 \cdot \frac{232,556}{319,213} = 1,729 \quad (\text{Pr.566})$$

$$e_0 = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{19,61 \cdot 10^6}{1426,68 \cdot 10^3} = 13,745 \text{ mm} < e_a = \frac{h}{30} = \frac{500}{30} = 16,667 \text{ mm} \quad (\text{Pr.567})$$

Priimame. $e_0 = 16,667 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \delta_e &= \frac{e_0}{h} = \frac{16,667}{500} = 0,033 < \delta_{e,min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{h} - 0,01 f_{cd} \\ &= 0,5 - 0,01 \frac{12975}{500} - 0,01 \cdot 18 = 0,061 \end{aligned}$$

Priimame. $\delta_e = 0,061$

Pirmam priartėjimui priimame $\rho_1 = 0,01$.

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{2,1 \cdot 10^5}{3,2 \cdot 10^4} = 6,563 \quad (\text{Pr.568})$$

$$I_c = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{500 \cdot 500^3}{12} = 5,208 \cdot 10^9 \text{ mm}^4 \quad (\text{Pr.569})$$

$$I_s = \rho_1 \cdot b \cdot d \cdot \left(\frac{d - a_2}{2} \right)^2 = 0,01 \cdot 500 \cdot 460 \cdot \left(\frac{460 - 40}{2} \right)^2 = 101,43 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad (\text{Pr.570})$$

$$\begin{aligned} N_{crit} &= \frac{6,4 \cdot E_{cm}}{l_0^2} \left[\frac{I_c}{\varphi_l} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha_e I_s \right] \\ &= \frac{6,4 \cdot 3,2 \cdot 10^4}{12,975^2} \left[\frac{5,208 \cdot 10^9}{1,729} \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,061} + 0,1 \right) + 6,563 \cdot 101,43 \right. \\ &\quad \left. \cdot 10^6 \right] = 3,689 \cdot 10^6 \text{ N} = 3488,508 \text{ kN} \end{aligned} \quad (\text{Pr.571})$$

Apskaičiuojamas koeficientas η :

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{crit}}} = \frac{1}{1 - \frac{1426,68}{3488,508}} = 1,631 \quad (\text{Pr.572})$$

Ekscentricitetas e_e :

$$e_e = e_0 \cdot \eta + \frac{d - a_2}{2} = 16,667 \cdot 1,631 + \frac{460 - 40}{2} = 237,179 \text{ mm} \quad (\text{Pr.573})$$

Apskaičiuojamas reikalingas armavimas:

Apskaičiuojamos reikšmės:

Betono skaičiuotinis stipris gniuždant:

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,9 \cdot 1,0 \cdot \frac{30}{1,5} = 18 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Pr.574})$$

$$\alpha_n = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d} = \frac{1426,68 \cdot 10^3}{18 \cdot 500 \cdot 460} = 0,345 \quad (\text{Pr.575})$$

$$\alpha_m = \frac{N_{Ed} \cdot e_e}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{1426,68 \cdot 10^3 \cdot 237,179}{18 \cdot 500 \cdot 460^2} = 0,178 \quad (\text{Pr.576})$$

Apskaičiuojamas ribinis santykinis gniuždomosios zonos aukštis:

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 18 = 0,706 \quad (\text{Pr.577})$$

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,706}{1 + \frac{365}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,706}{1,1}\right)} = 0,56 \quad (\text{Pr.578})$$

KO3 kolonos projektavimas

Pradiniai duomenys:

Kolonos ilgis $l_c = 10,44 \text{ m}$

Kolonos skaičiuotinis ilgis $l_0 = l_c \cdot 1,5 = 15,66 \text{ m}$

Kolonos išoriniai matmenys $b_c = h_c = 500 \text{ mm}$

Armatūra S400 klasės ($f_{yd} = f_{scd} = 365 \text{ N/mm}^2$, $E_s = 2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$)

Apsauginis armatūros sluoksnis $a_1 = a_2 = 40 \text{ mm}$

Armatūros skerspjūvio plotas $A_{s1} = A_{s2}$

Betonas sunkusis C25/30 klasės ($E_{cm} = 3,1 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$)

Ašinė jėga $N_{Ed} = 525,01 \text{ kN}$

Lenkimo momentas $M_{Ed1} = 9,26 \text{ kNm}$

Ašinė jėga nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių apkrovų $N_{Ed,l} = 387,06 \text{ kN}$

Lenkimo momentas nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių apkrovų $M_{Ed,l1} = 6,15 \text{ kNm}$

Kadangi atsiranda papildomas lenkimo momentas nuo sijos atremtos ant kolonos gembės, tai įvertinama gembės atrėmimo vieta. Papildomi duomenys:

Sijos ilgis $l_{sijos} = 5,25 \text{ m}$

Sijos skaičiuotinis ilgis $l_{sijos,sk} = 4,95 \text{ m}$

Tad lenkimo momentas

$$M_{Ed} = M_{Ed1} + \frac{l_{sijos} - l_{sijos,sk}}{2} \cdot N_{Ed} = 9,26 + \frac{5,25 - 4,95}{2} \cdot 525,01 = 88,011 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.579})$$

Lenkimo momentas nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių apkrovų:

$$\begin{aligned} M_{Ed,l} &= M_{Ed,l1} + \frac{l_{sijos} - l_{sijos,sk}}{2} \cdot N_{Ed,l} = 6,15 + \frac{5,25 - 4,95}{2} \cdot 387,06 \\ &= 64,209 \text{ kNm} \end{aligned} \quad (\text{Pr.580})$$

Betono skaičiuotinis stipris gniuždant:

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,9 \cdot 1,0 \cdot \frac{25}{1,5} = 15 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Pr.581})$$

Skaičiuotinis aukštis:

$$d = 500 - 40 = 460 \text{ mm}. \quad (\text{Pr.582})$$

$$\begin{aligned} M_{Ed,s} &= M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \frac{d - a_2}{2} = 88,011 \cdot 10^6 + 525,01 \cdot 10^3 \cdot \frac{460 - 40}{2} \\ &= 198,264 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 198,264 \text{ kNm} \end{aligned} \quad (\text{Pr.583})$$

$$\begin{aligned} M_{Ed,s,l} &= M_{Ed,l} + N_{Ed,l} \cdot \frac{d - a_2}{2} = 64,209 \cdot 10^6 + 387,06 \cdot 10^3 \cdot \frac{460 - 40}{2} \\ &= 145,492 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 145,492 \text{ kNm} \end{aligned} \quad (\text{Pr.584})$$

Kiti dydžiai bus:

$$\varphi_l = 1 + \beta \cdot \frac{M_{Ed,s,l}}{M_{Ed,s}} = 1 + 1,0 \cdot \frac{145,492}{198,264} = 1,734 \quad (\text{Pr.585})$$

$$e_0 = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{88,011 \cdot 10^6}{525,01 \cdot 10^3} = 167,638 \text{ mm} > e_a = \frac{h}{30} = \frac{500}{30} = 16,667 \text{ mm} \quad (\text{Pr.586})$$

$$\begin{aligned} \delta_e &= \frac{e_0}{h} = \frac{167,638}{500} = 0,335 > \delta_{e,min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{h} - 0,01 f_{cd} \\ &= 0,5 - 0,01 \frac{15660}{500} - 0,01 \cdot 15 = 0,037 \end{aligned} \quad (\text{Pr.587})$$

Priimame. $\delta_e = 0,335$

Pirmam priartėjimui priimame $\rho_1 = 0,01$.

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{2,1 \cdot 10^5}{3,1 \cdot 10^4} = 6,774 \quad (\text{Pr.588})$$

$$I_c = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{500 \cdot 500^3}{12} = 5,208 \cdot 10^9 \text{ mm}^4 \quad (\text{Pr.589})$$

$$I_s = \rho_1 \cdot b \cdot d \cdot \left(\frac{d - a_2}{2} \right)^2 = 0,01 \cdot 500 \cdot 460 \cdot \left(\frac{460 - 40}{2} \right)^2 = 101,43 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad (\text{Pr.590})$$

$$\begin{aligned}
N_{crit} &= \frac{6,4 \cdot E_{cm}}{l_0^2} \left[\frac{I_c}{\varphi_l} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha_e I_s \right] \\
&= \frac{6,4 \cdot 3,1 \cdot 10^4}{15,66^2} \left[\frac{5,208 \cdot 10^9}{1,734} \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,335} + 0,1 \right) + 6,774 \cdot 101,43 \right. \\
&\quad \left. \cdot 10^6 \right] = 1,413 \cdot 10^6 N = 1413,063 kN
\end{aligned} \tag{Pr.591}$$

Apskaičiuojamas koeficientas η :

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{crit}}} = \frac{1}{1 - \frac{525,01}{1413,063}} = 1,591 \tag{Pr.592}$$

Ekscentricitetas e_e :

$$e_e = e_0 \cdot \eta + \frac{d - a_2}{2} = 167,638 \cdot 1,591 + \frac{460 - 40}{2} = 476,744 mm \tag{Pr.593}$$

Apskaičiuojamas reikalingas armavimas:

Apskaičiuojamos reikšmės:

$$\alpha_n = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d} = \frac{525,01 \cdot 10^3}{15 \cdot 500 \cdot 460} = 0,152 \tag{Pr.594}$$

$$\alpha_m = \frac{N_{Ed} \cdot e_e}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{525,01 \cdot 10^3 \cdot 476,744}{15 \cdot 500 \cdot 460^2} = 0,158 \tag{Pr.595}$$

Apskaičiuojamas ribinis santykinis gniuždomosios zonos aukštis:

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 15 = 0,73 \tag{Pr.596}$$

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,73}{1 + \frac{365}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,73}{1,1}\right)} = 0,587 \tag{Pr.597}$$

Kadangi apskaičiuotas armavimas skiriasi nuo pasirinkto, tai patikslinus ρ_1 , apskaičiuojamas naujas armatūros plotas.

$$\rho_2 = \frac{\rho_1 + \rho}{2} = 0,006 \tag{Pr.598}$$

$$I_s = \rho_1 \cdot b \cdot d \cdot \left(\frac{d - a_2}{2} \right)^2 = 0,006 \cdot 500 \cdot 460 \cdot \left(\frac{460 - 40}{2} \right)^2 = 57,932 \cdot 10^6 mm^4 \tag{Pr.599}$$

$$\begin{aligned}
N_{crit} &= \frac{6,4 \cdot E_{cm}}{l_0^2} \left[\frac{I_c}{\varphi_l} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha_e I_s \right] \\
&= \frac{6,4 \cdot 3,1 \cdot 10^4}{15,66^2} \left[\frac{5,208 \cdot 10^9}{1,734} \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,335} + 0,1 \right) + 6,774 \cdot 57,932 \right. \\
&\quad \left. \cdot 10^6 \right] = 1,175 \cdot 10^6 N = 1174,673 kN
\end{aligned} \tag{Pr.600}$$

Apskaičiuojamas koeficientas η :

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{crit}}} = \frac{1}{1 - \frac{525,01}{1174,673}} = 1,808 \quad (\text{Pr.601})$$

Ekscentricitetas e_e :

$$e_e = e_0 \cdot \eta + \frac{d - a_2}{2} = 167,638 \cdot 1,808 + \frac{460 - 40}{2} = 513,11 \text{ mm} \quad (\text{Pr.602})$$

Apskaičiuojamas reikalingas armavimas:

Apskaičiuojamos reikšmės:

$$\alpha_m = \frac{N_{Ed} \cdot e_e}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{525,01 \cdot 10^3 \cdot 513,11}{15 \cdot 500 \cdot 460^2} = 0,17 \quad (\text{Pr.603})$$

1.1 Gembės skaičiavimas

GEMBĖ užkrauta rėmsyje nr.1

Gembės ilgis:

$$l_{gem} = 200 \text{ mm} < 0,9 \cdot h_{gem} = 0,9 \cdot 500 = 450 \text{ mm} \quad (\text{Pr.604})$$

Betono gniuždomosios juostos kampas:

$$\text{tg } \Theta = \frac{500}{200} = 2,5, \Theta = 68,2^\circ, \text{ tai } \sin \Theta = 0,928 \quad (\text{Pr.605})$$

Gniuždomosios juostos plotis:

$$l_c = l_{sup} \cdot \sin \Theta = 150 \cdot 0,928 = 139,272 \text{ mm} \quad (\text{Pr.606})$$

Gembės laikomoji galia:

Priimame $\emptyset 6$ strypus, žingsniu 100 mm, kurių $\frac{A_{sw}}{s_w} = 0,57$

$$\rho_{w1} = \frac{A_{sw}}{s_w \cdot b} = \frac{0,57}{500} = 1,14 \cdot 10^{-3}$$

$$\varphi_{w2} = 1 + 5 \cdot \alpha_e \cdot \rho_{w1} = 1 + 5 \cdot 6,774 \cdot 1,14 \cdot 10^{-3} = 1,039 \quad (\text{Pr.607})$$

$$\begin{aligned} V_{Rd} &= 0,8 \cdot \varphi_{w2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot l_c \cdot \sin^2 \Theta = 0,8 \cdot 1,039 \cdot 15 \cdot 500 \cdot 139,272 \cdot 0,928^2 \\ &= 805820 \text{ N} = 805,82 \text{ kN} \end{aligned} \quad (\text{Pr.608})$$

$$V_{Rd} = 805,82 \text{ kN} > V_{Ed} = 312,3 \text{ kN}, \text{ sąlyga tenkinama}$$

$$\varphi_{c3} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d \leq V_{Ed} \leq 3,5 \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d \quad (\text{Pr.609})$$

$$0,6 \cdot (1 + 0) \cdot 1,08 \cdot 500 \cdot 460 \leq 312,3 \leq 3,5 \cdot 1,08 \cdot 500 \cdot 460$$

$$149,04 \text{ kN} \leq 312,3 \text{ kN} \leq 869,4 \text{ kN}, \text{ sąlyga tenkinama}$$

KO4 kolonos projektavimas

Pradiniai duomenys:

Kolonos ilgis $l_c = 10,44 \text{ m}$

Kolonos skaičiuotinis ilgis $l_0 = l_c \cdot 1,5 = 15,66 \text{ m}$

Kolonos išoriniai matmenys $b_c = h_c = 500 \text{ mm}$

Armatūra S400 klasės ($f_{yd} = f_{scd} = 365 \text{ N/mm}^2$, $E_s = 2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$)

Apsauginis armatūros sluoksnis $a_1 = a_2 = 40 \text{ mm}$

Armatūros skerspjūvio plotas $A_{s1} = A_{s2}$

Betonas sunkusis C25/30 klasės ($E_{cm} = 3,1 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$)

Ašinė jėga $N_{Ed} = 1220,39 \text{ kN}$

Lenkimo momentas $M_{Ed1} = 13,24 \text{ kNm}$

Ašinė jėga nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių apkrovų $N_{Ed,l} = 903,04 \text{ kN}$

Lenkimo momentas nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių apkrovų $M_{Ed,l1} = 9,12 \text{ kNm}$

Kadangi atsiranda papildomas lenkimo momentas nuo sijos atremtos ant kolonos gembės, tai įvertinama gembės atrėmimo vieta. Papildomi duomenys:

Sijos ilgis $l_{sijos} = 5,5 \text{ m}$

Sijos skaičiuotinis ilgis $l_{sijos,sk} = 5,2 \text{ m}$

Tad lenkimo momentas

$$\begin{aligned} M_{Ed} &= M_{Ed1} + \frac{l_{sijos} - l_{sijos,sk}}{2} \cdot N_{Ed} = 13,24 + \frac{5,5 - 5,2}{2} \cdot 1220,39 \\ &= 196,298 \text{ kNm} \end{aligned} \quad (\text{Pr.610})$$

Lenkimo momentas nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių apkrovų:

$$\begin{aligned} M_{Ed,l} &= M_{Ed,l1} + \frac{l_{sijos} - l_{sijos,sk}}{2} \cdot N_{Ed,l} = 9,12 + \frac{5,5 - 5,2}{2} \cdot 903,04 \\ &= 144,576 \text{ kNm} \end{aligned} \quad (\text{Pr.611})$$

Betono skaičiuotinis stipris gniuždant:

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,9 \cdot 1,0 \cdot \frac{25}{1,5} = 15 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Pr.612})$$

Skaičiuotinis aukštis:

$$d = 500 - 40 = 460 \text{ mm}.$$

$$\begin{aligned} M_{Ed,s} &= M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \frac{d - a_2}{2} = 196,298 \cdot 10^6 + 1220,39 \cdot 10^3 \cdot \frac{460 - 40}{2} \\ &= 452,58 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 452,58 \text{ kNm} \end{aligned} \quad (\text{Pr.613})$$

$$M_{Ed,s,l} = M_{Ed,l} + N_{Ed,l} \cdot \frac{d - a_2}{2} = 144,576 \cdot 10^6 + 903,04 \cdot 10^3 \cdot \frac{460 - 40}{2} \quad (\text{Pr.614})$$

$$= 334,214 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 334,214 \text{ kNm}$$

Kiti dydžiai bus:

$$\varphi_l = 1 + \beta \cdot \frac{M_{Ed,s,l}}{M_{Ed,s}} = 1 + 1,0 \cdot \frac{334,214}{452,58} = 1,738 \quad (\text{Pr.615})$$

$$e_0 = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{196,298 \cdot 10^6}{1220,39 \cdot 10^3} = 160,849 \text{ mm} > e_a = \frac{h}{30} = \frac{500}{30} = 16,667 \text{ mm} \quad (\text{Pr.616})$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{160,849}{500} = 0,322 > \delta_{e,min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{h} - 0,01 f_{cd} \quad (\text{Pr.617})$$

$$= 0,5 - 0,01 \frac{15660}{500} - 0,01 \cdot 15 = 0,037$$

Priimame. $\delta_e = 0,322$

Pirmam priartėjimui priimame $\rho_1 = 0,01$.

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{2,1 \cdot 10^5}{3,1 \cdot 10^4} = 6,774 \quad (\text{Pr.618})$$

$$I_c = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{500 \cdot 500^3}{12} = 5,208 \cdot 10^9 \text{ mm}^4 \quad (\text{Pr.619})$$

$$I_s = \rho_1 \cdot b \cdot d \cdot \left(\frac{d - a_2}{2} \right)^2 = 0,01 \cdot 500 \cdot 460 \cdot \left(\frac{460 - 40}{2} \right)^2 = 101,43 \cdot 10^6 \text{ mm}^4 \quad (\text{Pr.620})$$

$$N_{crit} = \frac{6,4 \cdot E_{cm}}{l_0^2} \left[\frac{I_c}{\varphi_l} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha_e I_s \right]$$

$$= \frac{6,4 \cdot 3,1 \cdot 10^4}{15,66^2} \left[\frac{5,208 \cdot 10^9}{1,738} \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,322} + 0,1 \right) + 6,774 \cdot 101,43 \right] \cdot 10^6 = 1,43 \cdot 10^6 \text{ N} = 1430,499 \text{ kN} \quad (\text{Pr.621})$$

Apskaičiuojamas koeficientas η :

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{crit}}} = \frac{1}{1 - \frac{1220,39}{1430,499}} = 6,808 \quad (\text{Pr.622})$$

Ekscentricitetas e_e :

$$e_e = e_0 \cdot \eta + \frac{d - a_2}{2} = 160,849 \cdot 6,808 + \frac{460 - 40}{2} = 1305,119 \text{ mm} \quad (\text{Pr.623})$$

Apskaičiuojamas reikalingas armavimas:

Apskaičiuojamos reikšmės:

$$\alpha_n = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d} = \frac{1220,39 \cdot 10^3}{15 \cdot 500 \cdot 460} = 0,354 \quad (\text{Pr.624})$$

$$\alpha_m = \frac{N_{Ed} \cdot e_e}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{1220,39 \cdot 10^3 \cdot 476,744}{15 \cdot 500 \cdot 460^2} = 1,004 \quad (\text{Pr.625})$$

Apskaičiuojamas ribinis santykinis gniuždomosios zonos aukštis:

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 15 = 0,73 \quad (\text{Pr.626})$$

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,73}{1 + \frac{365}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,73}{1,1}\right)} = 0,587 \quad (\text{Pr.627})$$

Kadangi apskaičiuotas armavimas skiriasi nuo pasirinkto, tai patikslinus ρ_1 , apskaičiuojamas naujas armatūros plotas.

$$\rho_2 = \frac{\rho_1 + \rho}{2} = \frac{0,01 + 0,059}{2} = 0,035$$

$$I_s = \rho_1 \cdot b \cdot d \cdot \left(\frac{d - a_2}{2}\right)^2 = 0,035 \cdot 500 \cdot 460 \cdot \left(\frac{460 - 40}{2}\right)^2 = 3,511 \cdot 10^8 \text{ mm}^4 \quad (\text{Pr.628})$$

$$\begin{aligned} N_{crit} &= \frac{6,4 \cdot E_{cm}}{l_0^2} \left[\frac{I_c}{\varphi_l} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha_e I_s \right] \\ &= \frac{6,4 \cdot 3,1 \cdot 10^4}{15,66^2} \left[\frac{5,208 \cdot 10^9}{1,734} \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,335} + 0,1 \right) + 6,774 \cdot 3,511 \cdot 10^8 \right] \\ &= 2,799 \cdot 10^6 \text{ N} = 2798,671 \text{ kN} \end{aligned} \quad (\text{Pr.629})$$

Apskaičiuojamas koeficientas η :

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{crit}}} = \frac{1}{1 - \frac{1220,39}{2798,671}} = 1,773 \quad (\text{Pr.630})$$

Ekscentricitetas e_e :

$$e_e = e_0 \cdot \eta + \frac{d - a_2}{2} = 167,638 \cdot 1,773 + \frac{460 - 40}{2} = 495,224 \text{ mm} \quad (\text{Pr.631})$$

Apskaičiuojamas reikalingas armavimas:

Apskaičiuojamos reikšmės:

$$\alpha_m = \frac{N_{Ed} \cdot e_e}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{1220,39 \cdot 10^3 \cdot 495,224}{15 \cdot 500 \cdot 460^2} = 0,381 \quad (\text{Pr.632})$$

1.2 Gembės skaičiavimas

GEMBĖ užkrauta rėmsyje nr.2

Gembės ilgis:

$$l_{gem} = 200 \text{ mm} < 0,9 \cdot h_{gem} = 0,9 \cdot 500 = 450 \text{ mm} \quad (\text{Pr.633})$$

Betono gniuždomosios juostos kampas:

$$\text{tg } \Theta = \frac{500}{200} = 2,5, \Theta = 68,2^\circ, \text{ tai } \sin \Theta = 0,928 \quad (\text{Pr.634})$$

Gniuždomosios juostos plotis:

$$l_c = l_{sup} \cdot \sin \theta = 150 \cdot 0,928 = 139,272 \text{ mm} \quad (\text{Pr.635})$$

Gembės laikomoji galia:

Priimame $\emptyset 6$ strypus, žingsniu 100 mm, kurių $\frac{A_{sw}}{s_w} = 0,57$

$$\rho_{w1} = \frac{A_{sw}}{s_w \cdot b} = \frac{0,57}{500} = 1,14 \cdot 10^{-3}$$

$$\varphi_{w2} = 1 + 5 \cdot \alpha_e \cdot \rho_{w1} = 1 + 5 \cdot 6,774 \cdot 1,14 \cdot 10^{-3} = 1,039 \quad (\text{Pr.636})$$

$$V_{Rd} = 0,8 \cdot \varphi_{w2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot l_c \cdot \sin^2 \theta = 0,8 \cdot 1,039 \cdot 15 \cdot 500 \cdot 139,272 \cdot 0,928^2 \\ = 805820 \text{ N} = 805,82 \text{ kN} \quad (\text{Pr.637})$$

$$V_{Rd} = 805,82 \text{ kN} > V_{Ed} = 609,74 \text{ kN}, \text{ sąlyga tenkinama}$$

$$\varphi_{c3} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d \leq V_{Ed} \leq 3,5 \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d \quad (\text{Pr.638})$$

$$0,6 \cdot (1 + 0) \cdot 1,08 \cdot 500 \cdot 460 \leq 609,74 \leq 3,5 \cdot 1,08 \cdot 500 \cdot 460$$

$$149,04 \text{ kN} \leq 609,74 \text{ kN} \leq 869,4 \text{ kN}, \text{ sąlyga tenkinama}$$

GEMBĖ užkrauta rėmsyje nr.6

Gembės ilgis:

$$l_{gem} = 200 \text{ mm} < 0,9 \cdot h_{gem} = 0,9 \cdot 500 = 450 \text{ mm} \quad (\text{Pr.639})$$

Betono gniuždomosios juostos kampas:

$$\text{tg } \theta = \frac{500}{200} = 2,5, \theta = 68,2^\circ, \text{ tai } \sin \theta = 0,928 \quad (\text{Pr.640})$$

Gniuždomosios juostos plotis:

$$l_c = l_{sup} \cdot \sin \theta = 150 \cdot 0,928 = 139,272 \text{ mm} \quad (\text{Pr.641})$$

Gembės laikomoji galia:

Priimame $\emptyset 6$ strypus, žingsniu 100 mm, kurių $\frac{A_{sw}}{s_w} = 0,57$

$$\rho_{w1} = \frac{A_{sw}}{s_w \cdot b} = \frac{0,57}{500} = 1,14 \cdot 10^{-3} \quad (\text{Pr.642})$$

$$\varphi_{w2} = 1 + 5 \cdot \alpha_e \cdot \rho_{w1} = 1 + 5 \cdot 6,774 \cdot 1,14 \cdot 10^{-3} = 1,039 \quad (\text{Pr.643})$$

$$V_{Rd} = 0,8 \cdot \varphi_{w2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot l_c \cdot \sin^2 \theta = 0,8 \cdot 1,039 \cdot 15 \cdot 500 \cdot 139,272 \cdot 0,928^2 \\ = 805820 \text{ N} = 805,82 \text{ kN} \quad (\text{Pr.644})$$

$$V_{Rd} = 805,82 \text{ kN} > V_{Ed} = 293,25 \text{ kN}, \text{ sąlyga tenkinama}$$

$$\varphi_{c3} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d \leq V_{Ed} \leq 3,5 \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d \quad (\text{Pr.645})$$

$$0,6 \cdot (1 + 0) \cdot 1,08 \cdot 500 \cdot 460 \leq 293,25 \leq 3,5 \cdot 1,08 \cdot 500 \cdot 460$$

$$149,04 \text{ kN} \leq 293,25 \text{ kN} \leq 869,4 \text{ kN}, \text{ sąlyga tenkinama}$$

KO5 kolonos projektavimas

Pradiniai duomenys:

$$\text{Kolonos ilgis } l_c = 8,89 \text{ m}$$

$$\text{Kolonos skaičiuotinis ilgis } l_0 = l_c \cdot 1,5 = 13,335 \text{ m}$$

$$\text{Kolonos išoriniai matmenys } b_c = h_c = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Armatūra S400 klasės } (f_{yd} = f_{scd} = 365 \text{ N/mm}^2, E_s = 2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2)$$

$$\text{Apsauginis armatūros sluoksnis } a_1 = a_2 = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Armatūros skerspjūvio plotas } A_{s1} = A_{s2}$$

$$\text{Betonas sunkusis C25/30 klasės } (E_{cm} = 3,1 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2)$$

$$\text{Ašinė jėga } N_{Ed} = 434,2 \text{ kN}$$

$$\text{Lenkimo momentas } M_{Ed1} = 27,11 \text{ kNm}$$

$$\text{Ašinė jėga nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių apkrovų } N_{Ed,l} = 347,48 \text{ kN}$$

$$\text{Lenkimo momentas nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių apkrovų } M_{Ed,l1} = 21,02 \text{ kNm}$$

Kadangi atsiranda papildomas lenkimo momentas nuo sijos atremtos ant kolonos gembės, tai įvertinama gembės atrėmimo vieta. Papildomi duomenys:

$$\text{Sijos ilgis } l_{sijos} = 7 \text{ m}$$

$$\text{Sijos skaičiuotinis ilgis } l_{sijos,sk} = 6,85 \text{ m}$$

Tad lenkimo momentas

$$M_{Ed} = M_{Ed1} + \frac{l_{sijos} - l_{sijos,sk}}{2} \cdot N_{Ed} = 27,11 + \frac{7 - 6,85}{2} \cdot 434,2 = 59,675 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.646})$$

Lenkimo momentas nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių apkrovų:

$$M_{Ed,l} = M_{Ed,l1} + \frac{l_{sijos} - l_{sijos,sk}}{2} \cdot N_{Ed,l} = 21,02 + \frac{7 - 6,85}{2} \cdot 347,48 = 47,081 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.647})$$

Betono skaičiuotinis stipris gniuždant:

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,9 \cdot 1,0 \cdot \frac{25}{1,5} = 15 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Pr.648})$$

Skaičiuotinis aukštis:

$$d = 400 - 40 = 360 \text{ mm}. \quad (\text{Pr.649})$$

$$\begin{aligned} M_{Ed,s} &= M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \frac{d - a_2}{2} = 59,675 \cdot 10^6 + 434,2 \cdot 10^3 \cdot \frac{360 - 40}{2} \\ &= 129,147 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 129,147 \text{ kNm} \end{aligned} \quad (\text{Pr.650})$$

$$M_{Ed,s,l} = M_{Ed,l} + N_{Ed,l} \cdot \frac{d - a_2}{2} = 47,081 \cdot 10^6 + 347,48 \cdot 10^3 \cdot \frac{360 - 40}{2}$$

$$= 102,678 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 102,678 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.651})$$

Kiti dydžiai bus:

$$\varphi_l = 1 + \beta \cdot \frac{M_{Ed,s,l}}{M_{Ed,s}} = 1 + 1,0 \cdot \frac{102,678}{129,147} = 1,795 \quad (\text{Pr.652})$$

$$e_0 = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{59,675 \cdot 10^6}{434,2 \cdot 10^3} = 137,437 \text{ mm} > e_a = \frac{h}{30} = \frac{400}{30} = 13,333 \text{ mm} \quad (\text{Pr.653})$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{133,333}{400} = 0,344 > \delta_{e,min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{h} - 0,01 f_{cd}$$

$$= 0,5 - 0,01 \frac{13335}{500} - 0,01 \cdot 15 = 0,017 \quad (\text{Pr.654})$$

Priimame. $\delta_e = 0,344$

Pirmam priartėjimui priimame $\rho_1 = 0,01$.

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{2,1 \cdot 10^5}{3,1 \cdot 10^4} = 6,774 \quad (\text{Pr.655})$$

$$I_c = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{400 \cdot 400^3}{12} = 2,133 \cdot 10^9 \text{ mm}^4 \quad (\text{Pr.656})$$

$$I_s = \rho_1 \cdot b \cdot d \cdot \left(\frac{d - a_2}{2} \right)^2 = 0,01 \cdot 400 \cdot 360 \cdot \left(\frac{360 - 40}{2} \right)^2 = 3,686 \cdot 10^7 \text{ mm}^4 \quad (\text{Pr.657})$$

$$N_{crit} = \frac{6,4 \cdot E_{cm}}{l_0^2} \left[\frac{I_c}{\varphi_l} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha_e I_s \right]$$

$$= \frac{6,4 \cdot 3,1 \cdot 10^4}{13,335^2} \left[\frac{2,133 \cdot 10^9}{1,795} \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,344} + 0,1 \right) + 6,774 \cdot 3,686 \cdot 10^7 \right] \quad (\text{Pr.658})$$

$$= 7,4 \cdot 10^5 \text{ N} = 740,033 \text{ kN}$$

Apskaičiuojamas koeficientas η :

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{crit}}} = \frac{1}{1 - \frac{434,2}{740,033}} = 2,42 \quad (\text{Pr.659})$$

Ekscentricitetas e_e :

$$e_e = e_0 \cdot \eta + \frac{d - a_2}{2} = 137,437 \cdot 2,42 + \frac{360 - 40}{2} = 492,559 \text{ mm} \quad (\text{Pr.660})$$

Apskaičiuojamas reikalingas armavimas:

Apskaičiuojamos reikšmės:

$$\alpha_n = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d} = \frac{434,2 \cdot 10^3}{15 \cdot 400 \cdot 360} = 0,201 \quad (\text{Pr.661})$$

$$\alpha_m = \frac{N_{Ed} \cdot e_e}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{434,2 \cdot 10^3 \cdot 492,559}{15 \cdot 400 \cdot 360^2} = 0,275 \quad (\text{Pr.662})$$

Apskaičiuojamas ribinis santykinis gniuždomosios zonos aukštis:

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 15 = 0,73 \quad (\text{Pr.663})$$

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,73}{1 + \frac{365}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,73}{1,1}\right)} = 0,587 \quad (\text{Pr.664})$$

Kadangi apskaičiuotas armavimas skiriasi nuo pasirinkto, tai patikslinus ρ_1 , apskaičiuojamas naujas armatūros plotas.

$$\rho_2 = \frac{\rho_1 + \rho}{2} = \frac{0,01 + 0,008}{2} = 0,009$$

$$I_s = \rho_1 \cdot b \cdot d \cdot \left(\frac{d - a_2}{2}\right)^2 = 0,009 \cdot 400 \cdot 360 \cdot \left(\frac{360 - 40}{2}\right)^2 = 3,294 \cdot 10^7 \text{ mm}^4 \quad (\text{Pr.665})$$

$$\begin{aligned} N_{crit} &= \frac{6,4 \cdot E_{cm}}{l_0^2} \left[\frac{I_c}{\varphi_l} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha_e I_s \right] \\ &= \frac{6,4 \cdot 3,1 \cdot 10^4}{13,335^2} \left[\frac{2,133 \cdot 10^9}{1,795} \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,344} + 0,1 \right) + 6,774 \cdot 3,686 \cdot 10^7 \right] \\ &= 7,104 \cdot 10^5 \text{ N} = 710,368 \text{ kN} \end{aligned} \quad (\text{Pr.666})$$

Apskaičiuojamas koeficientas η :

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{crit}}} = \frac{1}{1 - \frac{434,2}{710,368}} = 2,572 \quad (\text{Pr.666})$$

Ekscentricitetas e_e :

$$e_e = e_0 \cdot \eta + \frac{d - a_2}{2} = 137,437 \cdot 2,572 + \frac{360 - 40}{2} = 513,519 \text{ mm} \quad (\text{Pr.667})$$

Apskaičiuojamas reikalingas armavimas:

Apskaičiuojamos reikšmės:

$$\alpha_m = \frac{N_{Ed} \cdot e_e}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{434,2 \cdot 10^3 \cdot 513,519}{15 \cdot 400 \cdot 360^2} = 0,287 \quad (\text{Pr.668})$$

1.3 Gembės skaičiavimas

GEMBĖ užkrauta rėmsyje nr.8

Gembės ilgis:

$$l_{gem} = 200 \text{ mm} < 0,9 \cdot h_{gem} = 0,9 \cdot 500 = 450 \text{ mm} \quad (\text{Pr.669})$$

Betono gniuždomosios juostos kampas:

$$\text{tg } \Theta = \frac{500}{200} = 2,5, \Theta = 68,2^\circ, \text{ tai } \sin \Theta = 0,928 \quad (\text{Pr.670})$$

Gniuždomosios juostos plotis:

$$l_c = l_{sup} \cdot \sin \Theta = 150 \cdot 0,928 = 139,272 \text{ mm} \quad (\text{Pr.671})$$

Gembės laikomoji galia:

Priimame $\emptyset 6$ strypus, žingsniu 100 mm, kurių $\frac{A_{sw}}{s_w} = 0,57$

$$\rho_{w1} = \frac{A_{sw}}{s_w \cdot b} = \frac{0,57}{400} = 1,425 \cdot 10^{-3} \quad (\text{Pr.672})$$

$$\varphi_{w2} = 1 + 5 \cdot \alpha_e \cdot \rho_{w1} = 1 + 5 \cdot 6,774 \cdot 1,425 \cdot 10^{-3} = 1,048 \quad (\text{Pr.673})$$

$$V_{Rd} = 0,8 \cdot \varphi_{w2} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot l_c \cdot \sin^2 \Theta = 0,8 \cdot 1,039 \cdot 15 \cdot 400 \cdot 139,272 \cdot 0,928^2 \\ = 650648 \text{ N} = 394,45 \text{ kN} \quad (\text{Pr.674})$$

$$V_{Rd} = 650,648 \text{ kN} > V_{Ed} = 394,45 \text{ kN}, \text{ sąlyga tenkinama}$$

$$\varphi_{c3} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d \leq V_{Ed} \leq 3,5 \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot d \quad (\text{Pr.675})$$

$$0,6 \cdot (1 + 0) \cdot 1,08 \cdot 400 \cdot 360 \leq 394,45 \leq 3,5 \cdot 1,08 \cdot 400 \cdot 360$$

$$119,232 \text{ kN} \leq 394,45 \text{ kN} \leq 695,52 \text{ kN}, \text{ sąlyga tenkinama}$$

KO6 kolonos projektavimas

Pradiniai duomenys:

Kolonos ilgis $l_c = 4,05 \text{ m}$

Kolonos skaičiuotinis ilgis $l_0 = l_c \cdot 1,5 = 6,075 \text{ m}$

Kolonos išoriniai matmenys $b_c = h_c = 400 \text{ mm}$

Armatūra S400 klasės ($f_{yd} = f_{scd} = 365 \text{ N/mm}^2$, $E_s = 2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$)

Apsauginis armatūros sluoksnis $a_1 = a_2 = 40 \text{ mm}$

Armatūros skerspjūvio plotas $A_{s1} = A_{s2}$

Betonas sunkusis C25/30 klasės ($E_{cm} = 3,1 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$)

Ašinė jėga $N_{Ed} = 796,99 \text{ kN}$

Lenkimo momentas $M_{Ed1} = 81,03 \text{ kNm}$

Ašinė jėga nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių apkrovų $N_{Ed,l} = 628,73 \text{ kN}$

Lenkimo momentas nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių apkrovų $M_{Ed,l1} = 62,82 \text{ kNm}$

Kadangi atsiranda papildomas lenkimo momentas nuo sijos atremtos ant kolonos gembės, tai įvertinama gembės atrėmimo vieta. Papildomi duomenys:

Sijos ilgis $l_{sijos} = 7 \text{ m}$

Sijos skaičiuotinis ilgis $l_{sijos,sk} = 6,85 \text{ m}$

Tad lenkimo momentas

$$M_{Ed} = M_{Ed1} + \frac{l_{sijos} - l_{sijos,sk}}{2} \cdot N_{Ed} = 81,03 + \frac{7 - 6,85}{2} \cdot 796,99 = 140,804 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.676})$$

Lenkimo momentas nuo nuolatinių ir tariamai nuolatinių apkrovų:

$$M_{Ed,l} = M_{Ed,l1} + \frac{l_{sijos} - l_{sijos,sk}}{2} \cdot N_{Ed,l} = 62,82 + \frac{7 - 6,85}{2} \cdot 628,73 = 109,975 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.677})$$

Betono skaičiuotinis stipris gniuždant:

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,9 \cdot 1,0 \cdot \frac{25}{1,5} = 15 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Pr.678})$$

1.4 Reikalingo armatūros kiekio skaičiavimas

Skaičiuotinis aukštis:

$$d = 400 - 40 = 360 \text{ mm}. \quad (\text{Pr.679})$$

$$M_{Ed,s} = M_{Ed} + N_{Ed} \cdot \frac{d - a_2}{2} = 140,804 \cdot 10^6 + 796,99 \cdot 10^3 \cdot \frac{360 - 40}{2} = 268,323 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 268,323 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.680})$$

$$M_{Ed,s,l} = M_{Ed,l} + N_{Ed,l} \cdot \frac{d - a_2}{2} = 109,975 \cdot 10^6 + 628,73 \cdot 10^3 \cdot \frac{360 - 40}{2} = 210,572 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 210,572 \text{ kNm} \quad (\text{Pr.681})$$

Kiti dydžiai bus:

$$\varphi_l = 1 + \beta \cdot \frac{M_{Ed,s,l}}{M_{Ed,s}} = 1 + 1,0 \cdot \frac{210,572}{268,323} = 1,785 \quad (\text{Pr.682})$$

$$e_0 = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{140,804 \cdot 10^6}{796,99 \cdot 10^3} = 176,67 \text{ mm} > e_a = \frac{h}{30} = \frac{400}{30} = 13,333 \text{ mm} \quad (\text{Pr.683})$$

$$\delta_e = \frac{e_0}{h} = \frac{176,67}{400} = 0,442 > \delta_{e,min} = 0,5 - 0,01 \frac{l_0}{h} - 0,01 f_{cd} = 0,5 - 0,01 \frac{6075}{400} - 0,01 \cdot 15 = 0,198 \quad (\text{Pr.684})$$

Priimame. $\delta_e = 0,442$

Pirmam priartėjimui priimame $\rho_1 = 0,01$.

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{2,1 \cdot 10^5}{3,1 \cdot 10^4} = 6,774 \quad (\text{Pr.685})$$

$$I_c = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{400 \cdot 400^3}{12} = 2,133 \cdot 10^9 \text{ mm}^4 \quad (\text{Pr.686})$$

$$I_s = \rho_1 \cdot b \cdot d \cdot \left(\frac{d - a_2}{2} \right)^2 = 0,01 \cdot 400 \cdot 360 \cdot \left(\frac{360 - 40}{2} \right)^2 = 3,686 \cdot 10^7 \text{ mm}^4 \quad (\text{Pr.687})$$

$$\begin{aligned}
N_{crit} &= \frac{6,4 \cdot E_{cm}}{l_0^2} \left[\frac{I_c}{\varphi_l} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha_e I_s \right] \\
&= \frac{6,4 \cdot 3,1 \cdot 10^4}{13,335^2} \left[\frac{2,133 \cdot 10^9}{1,785} \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,442} + 0,1 \right) + 6,774 \cdot 3,686 \cdot 10^7 \right] \quad (\text{Pr.688}) \\
&= 3,29 \cdot 10^6 \text{ N} = 3289,968 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Apskaičiuojamas koeficientas η :

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{crit}}} = \frac{1}{1 - \frac{796,99}{3289,968}} = 1,32 \quad (\text{Pr.689})$$

Ekscentricitetas e_e :

$$e_e = e_0 \cdot \eta + \frac{d - a_2}{2} = 176,67 \cdot 1,32 + \frac{360 - 40}{2} = 393,15 \text{ mm} \quad (\text{Pr.690})$$

Apskaičiuojamas reikalingas armavimas:

Apskaičiuojamos reikšmės:

$$\alpha_n = \frac{N_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d} = \frac{796,99 \cdot 10^3}{15 \cdot 400 \cdot 360} = 0,369 \quad (\text{Pr.691})$$

$$\alpha_m = \frac{N_{Ed} \cdot e_e}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{796,99 \cdot 10^3 \cdot 393,15}{15 \cdot 400 \cdot 360^2} = 0,403 \quad (\text{Pr.692})$$

Apskaičiuojamas ribinis santykinis gniuždomosios zonos aukštis:

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 15 = 0,73 \quad (\text{Pr.693})$$

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,73}{1 + \frac{365}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,73}{1,1}\right)} = 0,587 \quad (\text{Pr.694})$$

Kadangi apskaičiuotas armavimas skiriasi nuo pasirinkto, tai patikslinus ρ_1 , apskaičiuojamas naujas armatūros plotas.

$$\rho_2 = \frac{\rho_1 + \rho}{2} = \frac{0,01 + 0,009}{2} = 0,0095$$

$$I_s = \rho_1 \cdot b \cdot d \cdot \left(\frac{d - a_2}{2} \right)^2 = 0,0095 \cdot 400 \cdot 360 \cdot \left(\frac{360 - 40}{2} \right)^2 = 3,414 \cdot 10^7 \text{ mm}^4 \quad (\text{Pr.695})$$

$$\begin{aligned}
N_{crit} &= \frac{6,4 \cdot E_{cm}}{l_0^2} \left[\frac{I_c}{\varphi_l} \left(\frac{0,11}{0,1 + \delta_e} + 0,1 \right) + \alpha_e I_s \right] \\
&= \frac{6,4 \cdot 3,1 \cdot 10^4}{6,075^2} \left[\frac{2,133 \cdot 10^9}{1,785} \left(\frac{0,11}{0,1 + 0,442} + 0,1 \right) + 6,774 \cdot 3,414 \cdot 10^7 \right] \quad (\text{Pr.696}) \\
&= 3,191 \cdot 10^6 \text{ N} = 3190,912 \text{ kN}
\end{aligned}$$

Apskaičiuojamas koeficientas η :

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{crit}}} = \frac{1}{1 - \frac{796,99}{3190,912}} = 1,333 \quad (\text{Pr.697})$$

Ekscentricitetas e_e :

$$e_e = e_0 \cdot \eta + \frac{d - a_2}{2} = 176,67 \cdot 1,333 + \frac{360 - 40}{2} = 395,487 \text{ mm} \quad (\text{Pr.698})$$

Apskaičiuojamas reikalingas armavimas:

Apskaičiuojamos reikšmės:

$$\alpha_m = \frac{N_{Ed} \cdot e_e}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{796,99 \cdot 10^3 \cdot 395,487}{15 \cdot 400 \cdot 360^2} = 0,405 \quad (\text{Pr.699})$$

Poliaus po KO1 projektavimas

Polinio pamato laikinės galios skaičiavimas

Didžiausias lenkimo momentas, kuris pamatą veikia:

$$q_2 = q_1 \cdot L = 1205,185 \cdot 0,85 = 1024,407 \text{ kN/m} \quad (\text{Pr.700})$$

$$q_1 - \text{reaktyvusis slėgis, veikiantis pamatą} \quad q_1 = \frac{V_d}{A} = \frac{870,746}{0,85 \cdot 0,85} = 1205,185 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{Pr.701})$$

Pamatas projektuojamas iš C30/37 klasės betono ir S500 klasės armatūros.

Betono skaičiuotinis stipris:

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,9 \cdot 1,0 \cdot \frac{30}{1,5} = 18 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.702})$$

Tinklo apatinės žemiau esančios armatūros skerspjūvio ploto skaičiavimas:

Elemento darbo aukštis: $d = h - a_{11} = 0,4 - 0,076 = 0,324 \text{ m} \quad (\text{Pr.703})$

a_{11} – atstumas nuo elemento apačios iki tempiamos armatūros svorio centro ($a_{11} = 0,076 \text{ m}$, priėmus apsauginio betono sluoksnio aukštį 70mm.)

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{92,517}{18 \cdot 10^3 \cdot 0,85 \cdot 0,324^2} = 0,058 \quad (\text{Pr.704})$$

Santykinis gniuždomos zonos aukštis: $\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_{Ed}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,058} = 0,074 \quad (\text{Pr.705})$

Ribinis gniuž. zonos aukštis: $\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,706}{1 + \frac{450}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,706}{1,1}\right)} = 0,533 \quad (\text{Pr.706})$

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 18 = 0,706 \quad (\text{Pr.707})$$

$$\xi_{eff} = 0,074 \leq \xi_{lim} = 0,533, \text{ sąlyga tenkinama} \quad (\text{Pr.708})$$

Gniuž. zonos aukštis: $x = \xi_{eff} \cdot d = 0,074 \cdot 0,324 = 0,024 \text{ m} \quad (\text{Pr.709})$

Tinklo apatinės žemiau esančios armatūros skerspjūvio ploto skaičiavimas:

Elemento darbo aukštis: $d = h - a_{12} = 0,4 - 0,088 = 0,312 \text{ m}$ (Pr.710)

a_{12} – atstumas nuo elemento apačios iki tempiamos armatūros svorio centro ($a_{11} = a + \emptyset + \frac{\emptyset}{2} = 0,07 + 0,012 + \frac{0,012}{2} = 0,088 \text{ m}$, priėmus apsauginio betono sluoksnio aukštį 70mm.)

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{92,517}{18 \cdot 10^3 \cdot 0,85 \cdot 0,312^2} = 0,062 \quad (\text{Pr.711})$$

Santykinis gniuž. zonos aukštis: $\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_{Ed}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,062} = 0,08$ (Pr.712)

$$\xi_{eff} = 0,08 \leq \xi_{lim} = 0,533, \text{ sąlyga tenkinama} \quad (\text{Pr.713})$$

Gniuž.zonos aukštis: $x = \xi_{eff} \cdot d = 0,08 \cdot 0,312 = 0,025 \text{ m}$ (Pr.714)

Stiprumo praspaudimui apskaičiavimas

Maksimalūs kirpimo įtempiai, veikiantys ties kolonos perimetru ar vietinės apkrovos veikiamo ploto perimetre, turi būti:

$$v_{Ed} < v_{Rd,max} \quad (\text{Pr.715})$$

$v_{Rd,max}$ – maksimalus skaičiuotinis pamato nagrinėjamojo pavojingojo pjūvio atsparumas praspaudimui [4]

d – plokštės darbo aukštis:

$$d = h - a_{11} - \frac{\emptyset}{2} = 0,4 - 0,07 - \frac{0,012}{2} = 0,324 \text{ m} \quad (\text{Pr.716})$$

u_i – nagrinėjamojo kerpamojo pjūvio perimetro ilgis [4]:

$$u_i = \pi \cdot d = 3,14 \cdot 0,45 = 1,413 \text{ m} \quad (\text{Pr.717})$$

$$\beta = 1 + k \cdot \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_1} = 1 + 0,6 \cdot \frac{30,24}{870,746} \cdot \frac{4,886}{3,483} = 1,029 \quad (\text{Pr.718})$$

k – koeficientas priklausantis nuo kolonos matmenų c_1 ir c_2 santykio:

$$\frac{c_1}{c_2} = \frac{0,3}{0,3} = 1 \text{ (kai šis santykis lygus 1, tai } k = 0,6)$$

u_1 – kritinio perimetro ilgis:

$$u_1 = 2 \cdot (c_1 + c_2 + 1,5)\pi d = 2 \cdot (0,45 + 0,45 + 1,5) \cdot 3,14 \cdot 0,324 = 4,886 \text{ m} \quad (\text{Pr.719})$$

W_1 – perimetro u_1 funkcija:

$$W_1 = \frac{c_1^2}{2} + c_1 \cdot c_2 + 4 \cdot c_2 \cdot d + 16 \cdot d^2 + 2 \cdot \pi \cdot d \cdot c_1 = \frac{0,45^2}{2} + 0,45 \cdot 0,45 + 4 \cdot 0,45 \cdot 0,324 + 16 \cdot 0,324^2 + 2 \cdot 3,14 \cdot 0,324 \cdot 0,45 = 3,483 \text{ m}^2 \quad (\text{Pr.720})$$

c_1 – kolonos matmuo, lygiagretus jėgos ekscentricitetui ($c_1 = 0,25 \text{ m}$)

c_2 – kolonos matmuo, statmenas jėgos ekscentricitetui ($c_2 = 0,25 \text{ m}$).

$$v_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,5 \cdot 0,528 \cdot 18 \cdot 10^3 = 4752 \text{ kPa} \quad (\text{Pr.721})$$

v – koeficientas, skaičiuojamas pagal formulę:

$$v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{37}{250}\right) = 0,528 \quad (\text{Pr.722})$$

Apskaičiavimas glemžimui

w_u – koeficientas, įvertinantis betono glemžiamojo stiprio padidėjimą:

$$w_u = 1 + k_u \cdot k_f \cdot \frac{f_{ctd}}{f_{cd}} \left(\sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} - 1 \right) = 1 + 14 \cdot 1 \cdot \frac{1,2}{18} \cdot \left(\sqrt{\frac{722500}{159043,13}} - 1 \right) = 1,91 \leq \quad (\text{Pr.723})$$

$\omega_{u,max} = 2,5$, tad priimame $w_u = 2,5$.

k_f – koeficientas, kuris priklauso nuo apkrovos padėties [4] ($k_f = 1,0$)

$\omega_{u,max}$ – ribinė betono glemžiamojo stiprio padidėjimo reikšmė, imama iš lentelės [4]

k_u – šoninio apspaudimo gniuždant efektyvumo koeficientas [4]

$$k_u = 0,8 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{ctd}} \geq 14 = 0,8 \cdot \frac{18}{1,2} = 12 \leq 14, \text{ tad priimame } k_u = 14 \quad (\text{Pr.724})$$

Poliaus po KO2 projektavimas

$$q_2 = q_1 \cdot L = 2235,13 \cdot 0,85 = 1899,86 \text{ kN/m} \quad (\text{Pr.725})$$

$$q_1 - \text{reaktyvusis slėgis, veikiantis pamatą} \quad q_1 = \frac{V_d}{A} = \frac{1614,88}{0,85 \cdot 0,85} = 2235,13 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{Pr.726})$$

Pamatas projektuojamas iš C30/37 klasės betono ir S500 klasės armatūros.

Betono skaičiuotinis stipris:

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,9 \cdot 1,0 \cdot \frac{30}{1,5} = 18 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.727})$$

Tinklo apatinės žemiau esančios armatūros skerspjūvio ploto skaičiavimas:

Elemento darbo aukštis: $d = h - a_{11} = 0,4 - 0,078 = 0,322 \text{ m} \quad (\text{Pr.728})$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{171,581}{18 \cdot 10^3 \cdot 0,85 \cdot 0,322^2} = 0,108 \quad (\text{Pr.729})$$

Santykinis gniuž. zonos aukštis: $\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_{Ed}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,108} = 0,143 \quad (\text{Pr.730})$

Ribinis gniuž. zonos aukštis: $\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,706}{1 + \frac{450}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,706}{1,1}\right)} = 0,533 \quad (\text{Pr.731})$

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 18 = 0,706 \quad (\text{Pr.732})$$

$$\xi_{eff} = 0,108 \leq \xi_{lim} = 0,533, \text{ sąlyga tenkinama} \quad (\text{Pr.733})$$

Gniuž. zonos aukštis: $x = \xi_{eff} \cdot d = 0,108 \cdot 0,322 = 0,046 \text{ m} \quad (\text{Pr.734})$

Tinklo apatinės žemiau esančios armatūros skerspjūvio ploto skaičiavimas:

Elemento darbo aukštis: $d = h - a_{12} = 0,4 - 0,094 = 0,306 \text{ m}$ (Pr.735)

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{171,581}{18 \cdot 10^3 \cdot 0,85 \cdot 0,306^2} = 0,12 \quad (\text{Pr.736})$$

Santykinis gniuž. zonos aukštis: $\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_{Ed}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,12} = 0,16$ (Pr.737)

$$\xi_{eff} = 0,16 \leq \xi_{lim} = 0,533, \text{ sąlyga tenkinama} \quad (\text{Pr.738})$$

Gniuž. zonos aukštis: $x = \xi_{eff} \cdot d = 0,16 \cdot 0,306 = 0,049 \text{ m}$ (Pr.739)

Stiprumo praspaudimui apskaičiavimas

$$d = h - a_{11} - \frac{\emptyset}{2} = 0,4 - 0,07 - \frac{0,016}{2} = 0,322 \text{ m} \quad (\text{Pr.740})$$

$$u_i = \pi \cdot d = 3,14 \cdot 0,45 = 1,414 \text{ m} \quad (\text{Pr.741})$$

$$\beta = 1 + k \cdot \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_i}{W_1} = 1 + 0,6 \cdot \frac{19,61}{1614,88} \cdot \frac{4,856}{3,453} = 1,01 \quad (\text{Pr.742})$$

$$u_1 = 2 \cdot (c_1 + c_2 + 1,5)\pi d = 2 \cdot (0,45 + 0,45 + 1,5) \cdot 3,14 \cdot 0,322 = 4,856 \text{ m} \quad (\text{Pr.743})$$

$$W_1 = \frac{c_1^2}{2} + c_1 \cdot c_2 + 4 \cdot c_2 \cdot d + 16 \cdot d^2 + 2 \cdot \pi \cdot d \cdot c_1 = \frac{0,45^2}{2} + 0,45 \cdot 0,45 + 4 \cdot 0,45 \cdot 0,322 + 16 \cdot 0,322^2 + 2 \cdot 3,14 \cdot 0,322 \cdot 0,45 = 3,453 \text{ m}^2 \quad (\text{Pr.744})$$

c_1 – kolonos matmuo, lygiagretus jėgos ekscentricitetui ($c_1 = 0,25 \text{ m}$)

c_2 – kolonos matmuo, statmenas jėgos ekscentricitetui ($c_2 = 0,25 \text{ m}$).

$$v_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,5 \cdot 0,528 \cdot 18 \cdot 10^3 = 4752 \text{ kPa} \quad (\text{Pr.745})$$

$$v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{37}{250}\right) = 0,528 \quad (\text{Pr.746})$$

Apskaičiavimas glemžimui

Glemžimo plotas:

Skaičiuojamasis plotas A_{c1} :

$$A_{c1} = (d + 2a)(d + 2b) = 850 \cdot 850 = 722500 \text{ mm}^2 \quad (\text{Pr.747})$$

$$w_u = 1 + k_u \cdot k_f \cdot \frac{f_{ctd}}{f_{cd}} \left(\sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{co}}} - 1 \right) = 1 + 14 \cdot 1 \cdot \frac{1,2}{18} \cdot \left(\sqrt{\frac{722500}{159043,13}} - 1 \right) = 1,91 \leq \quad (\text{Pr.748})$$

$\omega_{u,max} = 2,5$, tad priimame $w_u = 2,5$.

$$k_u = 0,8 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{ctd}} \geq 14 = 0,8 \cdot \frac{18}{1,2} = 12 \leq 14, \text{ tad priimame } k_u = 14 \quad (\text{Pr.749})$$

Poliaus po KO3 projektavimas

$$q_2 = q_1 \cdot L = 1270,414 \cdot 0,65 = 825,769 \text{ kN/m} \quad (\text{Pr.750})$$

q_1 – reaktyvusis slėgis, veikiantis pamatą $q_1 = \frac{V_d}{A} = \frac{536,75}{0,65 \cdot 0,65} = 1270,414 \text{ kN/m}^2$ (Pr.751)

Pamatas projektuojamas iš C30/37 klasės betono ir S500 klasės armatūros.

Betono skaičiuotinis stipris:

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,9 \cdot 1,0 \cdot \frac{30}{1,5} = 18 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.752})$$

Tinklo apatinės žemiau esančios armatūros skerspjūvio ploto skaičiavimas:

Elemento darbo aukštis: $d = h - a_{11} = 0,4 - 0,076 = 0,324 \text{ m}$ (Pr.753)

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{43,611}{18 \cdot 10^3 \cdot 0,65 \cdot 0,324^2} = 0,036 \quad (\text{Pr.754})$$

Santykinis gniuž. zonos aukštis: $\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_{Ed}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,036} = 0,037$ (Pr.755)

Ribinis gniuž. zonos aukštis: $\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,706}{1 + \frac{450}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,706}{1,1}\right)} = 0,533$ (Pr.756)

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 18 = 0,706 \quad (\text{Pr.757})$$

$$\xi_{eff} = 0,037 \leq \xi_{lim} = 0,533, \text{ sąlyga tenkinama} \quad (\text{Pr.758})$$

Gniuž. zonos aukštis: $x = \xi_{eff} \cdot d = 0,037 \cdot 0,324 = 0,015 \text{ m}$ (Pr.759)

Tinklo apatinės žemiau esančios armatūros skerspjūvio ploto skaičiavimas:

Elemento darbo aukštis: $d = h - a_{12} = 0,4 - 0,088 = 0,312 \text{ m}$ (Pr.760)

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{43,611}{18 \cdot 10^3 \cdot 0,65 \cdot 0,312^2} = 0,038 \quad (\text{Pr.761})$$

Santykinis gniuž. zonos aukštis: $\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_{Ed}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,038} = 0,039$ (Pr.762)

$$\xi_{eff} = 0,039 \leq \xi_{lim} = 0,533, \text{ sąlyga tenkinama} \quad (\text{Pr.763})$$

Gniuž. zonos aukštis: $x = \xi_{eff} \cdot d = 0,039 \cdot 0,312 = 0,015 \text{ m}$ (Pr.764)

Stiprumo praspaudimui apskaičiavimas

$$d = h - a_{11} - \frac{\emptyset}{2} = 0,4 - 0,07 - \frac{0,012}{2} = 0,324 \text{ m} \quad (\text{Pr.765})$$

$$u_i = \pi \cdot d = 3,14 \cdot 0,35 = 1,1 \text{ m} \quad (\text{Pr.766})$$

$$\beta = 1 + k \cdot \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_1} = 1 + 0,6 \cdot \frac{9,26}{536,75} \cdot \frac{4,856}{3,029} = 1,015 \quad (\text{Pr.767})$$

$$u_1 = 2 \cdot (c_1 + c_2 + 1,5)\pi d = 2 \cdot (0,35 + 0,35 + 1,5) \cdot 3,14 \cdot 0,324 = 4,479 \text{ m} \quad (\text{Pr.768})$$

$$W_1 = \frac{c_1^2}{2} + c_1 \cdot c_2 + 4 \cdot c_2 \cdot d + 16 \cdot d^2 + 2 \cdot \pi \cdot d \cdot c_1 = \frac{0,35^2}{2} + 0,35 \cdot 0,35 + 4 \cdot$$

$$0,35 \cdot 0,324 + 16 \cdot 0,324^2 + 2 \cdot 3,14 \cdot 0,324 \cdot 0,35 = 3,029 \text{ m}^2 \quad (\text{Pr.769})$$

c_1 – kolonos matmuo, lygiagretus jėgos ekscentricitetui ($c_1 = 0,35 \text{ m}$)

c_2 – kolonos matmuo, statmenas jėgos ekscentricitetui ($c_2 = 0,35 \text{ m}$).

$$v_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,5 \cdot 0,528 \cdot 18 \cdot 10^3 = 4752 \text{ kPa} \quad (\text{Pr.770})$$

$$v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{37}{250}\right) = 0,528 \quad (\text{Pr.771})$$

Apskaičiavimas glemžimui

Glemžimo plotas:

Skaičiuojamasis plotas A_{c1} :

$$A_{c1} = (d + 2a)(d + 2b) = 650 \cdot 650 = 422500 \text{ mm}^2 \quad (\text{Pr.772})$$

w_u – koeficientas, įvertinantis betono glemžiamojo stiprio padidėjimą:

$$w_u = 1 + k_u \cdot k_f \cdot \frac{f_{ctd}}{f_{cd}} \left(\sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{c0}}} - 1 \right) = 1 + 14 \cdot 1 \cdot \frac{1,2}{18} \cdot \left(\sqrt{\frac{422500}{96162,5}} - 1 \right) = 2,023 \leq \quad (\text{Pr.773})$$

$$\omega_{u,max} = 2,5.$$

$$k_u = 0,8 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{ctd}} \geq 14 = 0,8 \cdot \frac{18}{1,2} = 12 \leq 14, \text{ tad priimame } k_u = 14 \quad (\text{Pr.774})$$

Poliaus po KO4 projektavimas

Pado plokštė

$$q_2 = q_1 \cdot L = 2267,192 \cdot 0,85 = 1927,113 \text{ kN/m} \quad (\text{Pr.775})$$

$$q_1 \text{ – reaktyvusis slėgis, veikiantis pamatą} \quad q_1 = \frac{V_d}{A} = \frac{1241,41}{0,85 \cdot 0,85} = 1718,215 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{Pr.776})$$

Pamatas projektuojamas iš C30/37 klasės betono ir S500 klasės armatūros.

Betono skaičiuotinis stipris:

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,9 \cdot 1,0 \cdot \frac{30}{1,5} = 18 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.777})$$

Tinklo apatinės žemiau esančios armatūros skerspjūvio ploto skaičiavimas:

Elemento darbo aukštis: $d = h - a_{11} = 0,4 - 0,077 = 0,323 \text{ m} \quad (\text{Pr.778})$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{155,176}{18 \cdot 10^3 \cdot 0,85 \cdot 0,323^2} = 0,097 \quad (\text{Pr.779})$$

Santykinis gniuž. zonos aukštis: $\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_{Ed}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,097} = 0,102 \quad (\text{Pr.780})$

Ribinis gniuž. zonos aukštis: $\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,706}{1 + \frac{450}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,706}{1,1}\right)} = 0,533 \quad (\text{Pr.781})$

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 18 = 0,706 \quad (\text{Pr.782})$$

$$\xi_{eff} = 0,102 \leq \xi_{lim} = 0,533, \text{ sąlyga tenkinama} \quad (\text{Pr.783})$$

Gniuž. zonos aukštis: $x = \xi_{eff} \cdot d = 0,102 \cdot 0,323 = 0,041 \text{ m} \quad (\text{Pr.784})$

Tinklo apatinės žemiau esančios armatūros skerspjūvio ploto skaičiavimas:

**Elemento darbo
aukštis:**

$$d = h - a_{12} = 0,4 - 0,091 = 0,309 \text{ m} \quad (\text{Pr.785})$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{155,176}{18 \cdot 10^3 \cdot 0,85 \cdot 0,309^2} = 0,106 \quad (\text{Pr.786})$$

**Santykiniis gniuž. zonos
aukštis:**

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_{Ed}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,106} = 0,141 \quad (\text{Pr.787})$$

$$\xi_{eff} = 0,141 \leq \xi_{lim} = 0,533, \text{ sąlyga tenkinama} \quad (\text{Pr.788})$$

Gniuž. zonos aukštis:

$$x = \xi_{eff} \cdot d = 0,141 \cdot 0,309 = 0,043 \text{ m} \quad (\text{Pr.789})$$

Stiprumo praspaudimui apskaičiavimas

$$d = h - a_{11} - \frac{\emptyset}{2} = 0,4 - 0,07 - \frac{0,014}{2} = 0,323 \text{ m} \quad (\text{Pr.790})$$

$$u_i = \pi \cdot d = 3,14 \cdot 0,45 = 1,414 \text{ m} \quad (\text{Pr.791})$$

$$\beta = 1 + k \cdot \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_1} = 1 + 0,6 \cdot \frac{12,72}{1614,88} \cdot \frac{4,871}{3,468} = 1,009 \quad (\text{Pr.792})$$

$$u_1 = 2 \cdot (c_1 + c_2 + 1,5)\pi d = 2 \cdot (0,45 + 0,45 + 1,5) \cdot 3,14 \cdot 0,323 = 4,871 \text{ m} \quad (\text{Pr.793})$$

$$W_1 = \frac{c_1^2}{2} + c_1 \cdot c_2 + 4 \cdot c_2 \cdot d + 16 \cdot d^2 + 2 \cdot \pi \cdot d \cdot c_1 = \frac{0,45^2}{2} + 0,45 \cdot 0,45 + 4 \cdot 0,45 \cdot 0,323 + 16 \cdot 0,323^2 + 2 \cdot 3,14 \cdot 0,323 \cdot 0,45 = 3,468 \text{ m}^2 \quad (\text{Pr.794})$$

c_1 – kolonos matmuo, lygiagretus jėgos ekscentricitetui ($c_1 = 0,25 \text{ m}$)

c_2 – kolonos matmuo, statmenas jėgos ekscentricitetui ($c_2 = 0,25 \text{ m}$).

$$v_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,5 \cdot 0,528 \cdot 18 \cdot 10^3 = 4752 \text{ kPa} \quad (\text{Pr.795})$$

$$v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{37}{250}\right) = 0,528 \quad (\text{Pr.796})$$

Glemžimo plotas:

Skaičiuojamasis plotas A_{c1} :

$$A_{c1} = (d + 2a)(d + 2b) = 850 \cdot 850 = 722500 \text{ mm}^2 \quad (\text{Pr.797})$$

$$w_u = 1 + k_u \cdot k_f \cdot \frac{f_{ctd}}{f_{cd}} \left(\sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{co}}} - 1\right) = 1 + 14 \cdot 1 \cdot \frac{1,2}{18} \cdot \left(\sqrt{\frac{722500}{159043,13}} - 1\right) = 2,056 \leq \omega_{u,max} = 2,5. \quad (\text{Pr.798})$$

$$k_u = 0,8 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{ctd}} \geq 14 = 0,8 \cdot \frac{18}{1,2} = 12 \leq 14, \text{ tad priimame } k_u = 14 \quad (\text{Pr.799})$$

Poliaus po KO5 projektavimas

Pado plokštė

$$q_2 = q_1 \cdot L = 1051,946 \cdot 0,65 = 683,765 \text{ kN/m} \quad (\text{Pr.800})$$

q_1 – reaktyvusis slėgis, veikiantis pamatą $q_1 = \frac{V_d}{A} = \frac{444,447}{0,65 \cdot 0,65} = 1051,946 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{Pr.801})$

Pamatas projektuojamas iš C30/37 klasės betono ir S500 klasės armatūros.

Betono skaičiuotinis stipris:

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,9 \cdot 1,0 \cdot \frac{30}{1,5} = 18 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.802})$$

Tinklo apatinės žemiau esančios armatūros skerspjūvio ploto skaičiavimas:

Elemento darbo aukštis: $d = h - a_{11} = 0,4 - 0,076 = 0,324 \text{ m}$ (Pr.803)

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{36,111}{18 \cdot 10^3 \cdot 0,65 \cdot 0,324^2} = 0,029 \quad (\text{Pr.804})$$

Santykinis gniuž. zonos aukštis: $\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_{Ed}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,029} = 0,037$ (Pr.805)

Ribinis gniuž. zonos aukštis: $\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,706}{1 + \frac{450}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,706}{1,1}\right)} = 0,533$ (Pr.806)

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 18 = 0,706 \quad (\text{Pr.807})$$

$$\xi_{eff} = 0,037 \leq \xi_{lim} = 0,533, \text{ sąlyga tenkinama} \quad (\text{Pr.808})$$

Gniuž. zonos aukštis: $x = \xi_{eff} \cdot d = 0,37 \cdot 0,324 = 0,012 \text{ m}$ (Pr.809)

Tinklo apatinės žemiau esančios armatūros skerspjūvio ploto skaičiavimas:

Elemento darbo aukštis: $d = h - a_{12} = 0,4 - 0,088 = 0,312 \text{ m}$ (Pr.810)

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{36,111}{18 \cdot 10^3 \cdot 0,65 \cdot 0,312^2} = 0,032 \quad (\text{Pr.811})$$

Santykinis gniuž. zonos aukštis: $\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_{Ed}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,032} = 0,04$ (Pr.812)

$$\xi_{eff} = 0,04 \leq \xi_{lim} = 0,533, \text{ sąlyga tenkinama} \quad (\text{Pr.813})$$

Gniuž. zonos aukštis: $x = \xi_{eff} \cdot d = 0,04 \cdot 0,312 = 0,013 \text{ m}$ (Pr.814)

Stiprumo praspaudimui apskaičiavimas

$$d = h - a_{11} - \frac{\phi}{2} = 0,4 - 0,07 - \frac{0,012}{2} = 0,324 \text{ m} \quad (\text{Pr.815})$$

$$u_i = \pi \cdot d = 3,14 \cdot 0,35 = 1,1 \text{ m} \quad (\text{Pr.816})$$

$$\beta = 1 + k \cdot \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_1} = 1 + 0,6 \cdot \frac{27,11}{444,447} \cdot \frac{4,479}{3,029} = 1,054 \quad (\text{Pr.817})$$

$$u_1 = 2 \cdot (c_1 + c_2 + 1,5)\pi d = 2 \cdot (0,35 + 0,35 + 1,5) \cdot 3,14 \cdot 0,324 = 4,479 \text{ m} \quad (\text{Pr.818})$$

$$W_1 = \frac{c_1^2}{2} + c_1 \cdot c_2 + 4 \cdot c_2 \cdot d + 16 \cdot d^2 + 2 \cdot \pi \cdot d \cdot c_1 = \frac{0,35^2}{2} + 0,35 \cdot 0,35 + 4 \cdot 0,35 \cdot 0,324 + 16 \cdot 0,324^2 + 2 \cdot 3,14 \cdot 0,324 \cdot 0,35 = 3,029 \text{ m}^2 \quad (\text{Pr.819})$$

$$v_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,5 \cdot 0,528 \cdot 18 \cdot 10^3 = 4752 \text{ kPa} \quad (\text{Pr.820})$$

$$v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{37}{250}\right) = 0,528 \quad (\text{Pr.821})$$

Glemžimo plotas:

Skaičiuojamasis plotas A_{c1} :

$$A_{c1} = (d + 2a)(d + 2b) = 650 \cdot 650 = 422500 \text{ mm}^2 \quad (\text{Pr.822})$$

Betono gniuždomasis (glemžiamasis) stipris f_{cud} apskaičiuojamas:

$$f_{cud} = \alpha \cdot w_u \cdot f_{cd} = 0,85 \cdot 2,023 \cdot 18 = 30,945 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Pr.823})$$

f_{cd} – betono skaičiuotinis gniuždomasis stipris [4]

α – koeficientas, įvertinantis ilgalaikį apkrovos poveikį, jos netinkamiausią pridėjimą ($\alpha = 0,85$) [4]

w_u – koeficientas, įvertinantis betono glemžiamojo stiprio padidėjimą [4]:

$$w_u = 1 + k_u \cdot k_f \frac{f_{ctd}}{f_{cd}} \left(\sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{co}}} - 1 \right) = 1 + 14 \cdot 1 \cdot \frac{1,2}{18} \cdot \left(\sqrt{\frac{422500}{96162,5}} - 1 \right) = 2,023 \leq \quad (\text{Pr.824})$$

$$\omega_{u,max} = 2,5.$$

$$k_u = 0,8 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{ctd}} \geq 14 = 0,8 \cdot \frac{18}{1,2} = 12 \leq 14, \text{ tad priimame } k_u = 14 \quad (\text{Pr.825})$$

Poliaus po KO6 projektavimas

Pado plokštė

$$q_2 = q_1 \cdot L = 1672,371 \cdot 0,7 = 1170,66 \text{ kN/m} \quad (\text{Pr.826})$$

$$q_1 \text{ – reaktyvusis slėgis, veikiantis pamatą} \quad q_1 = \frac{V_d}{A} = \frac{819,462}{0,7 \cdot 0,7} = 1672,371 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{Pr.827})$$

Pamatas projektuojamas iš C30/37 klasės betono ir S500 klasės armatūros.

Betono skaičiuotinis stipris:

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0,9 \cdot 1,0 \cdot \frac{30}{1,5} = 18 \text{ MPa} \quad (\text{Pr.828})$$

Tinklo apatinės žemiau esančios armatūros skerspjūvio ploto skaičiavimas:

Elemento darbo aukštis: $d = h - a_{11} = 0,4 - 0,076 = 0,324 \text{ m} \quad (\text{Pr.829})$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{71,703}{18 \cdot 10^3 \cdot 0,7 \cdot 0,324^2} = 0,054 \quad (\text{Pr.830})$$

Santykinis gniuž. zonos aukštis: $\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_{Ed}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,054} = 0,07 \quad (\text{Pr.831})$

Ribinis gniuž. zonos aukštis: $\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,706}{1 + \frac{450}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,706}{1,1}\right)} = 0,533 \quad (\text{Pr.832})$

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 18 = 0,706 \quad (\text{Pr.833})$$

$$\xi_{eff} = 0,07 \leq \xi_{lim} = 0,533, \text{ sąlyga tenkinama} \quad (\text{Pr.834})$$

Gniuž. zonos aukštis: $x = \xi_{eff} \cdot d = 0,7 \cdot 0,324 = 0,023 \text{ m} \quad (\text{Pr.835})$

Tinklo apatinės žemiau esančios armatūros skerspjūvio ploto skaičiavimas:

**Elemento darbo
aukštis:**

$$d = h - a_{12} = 0,4 - 0,088 = 0,312 \text{ m} \quad (\text{Pr.836})$$

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{71,703}{18 \cdot 10^3 \cdot 0,7 \cdot 0,312^2} = 0,058 \quad (\text{Pr.837})$$

**Santykinis gniuž. zonos
aukštis:**

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_{Ed}} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,058} = 0,075 \quad (\text{Pr.838})$$

$$\xi_{eff} = 0,075 \leq \xi_{lim} = 0,533, \text{ sąlyga tenkinama} \quad (\text{Pr.839})$$

Gniuž. zonos aukštis:

$$x = \xi_{eff} \cdot d = 0,075 \cdot 0,312 = 0,024 \text{ m} \quad (\text{Pr.840})$$

Stiprumo praspaudimui apskaičiavimas

$$d = h - a_{11} - \frac{\emptyset}{2} = 0,4 - 0,07 - \frac{0,012}{2} = 0,324 \text{ m} \quad (\text{Pr.841})$$

$$u_i = \pi \cdot d = 3,14 \cdot 0,4 = 1,257 \text{ m} \quad (\text{Pr.842})$$

$$\beta = 1 + k \cdot \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_1} = 1 + 0,6 \cdot \frac{81,03}{819,462} \cdot \frac{4,682}{3,252} = 1,085 \quad (\text{Pr.843})$$

$$u_1 = 2 \cdot (c_1 + c_2 + 1,5)\pi d = 2 \cdot (0,4 + 0,4 + 1,5) \cdot 3,14 \cdot 0,324 = 4,682 \text{ m} \quad (\text{Pr.844})$$

$$W_1 = \frac{c_1^2}{2} + c_1 \cdot c_2 + 4 \cdot c_2 \cdot d + 16 \cdot d^2 + 2 \cdot \pi \cdot d \cdot c_1 = \frac{0,4^2}{2} + 0,4 \cdot 0,4 + 4 \cdot 0,4 \cdot 0,324 + 16 \cdot 0,324^2 + 2 \cdot 3,14 \cdot 0,324 \cdot 0,4 = 3,252 \text{ m}^2 \quad (\text{Pr.845})$$

c_1 – kolonos matmuo, lygiagretus jėgos ekscentricitetui ($c_1 = 0,35 \text{ m}$)

c_2 – kolonos matmuo, statmenas jėgos ekscentricitetui ($c_2 = 0,35 \text{ m}$).

$$v_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd} = 0,5 \cdot 0,528 \cdot 18 \cdot 10^3 = 4752 \text{ kPa} \quad (\text{Pr.846})$$

$$v = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{37}{250}\right) = 0,528 \quad (\text{Pr.847})$$

Glemžimo plotas:

Skaičiuojamasis plotas A_{c1} :

$$A_{c1} = (d + 2a)(d + 2b) = 700 \cdot 700 = 490000 \text{ mm}^2 \quad (\text{Pr.848})$$

Betono gniuždomasis (glemžiamasis) stipris f_{cud} apskaičiuojamas:

$$f_{cud} = \alpha \cdot w_u \cdot f_{cd} = 0,85 \cdot 1,91 \cdot 18 = 29,218 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Pr.849})$$

$$w_u = 1 + k_u \cdot k_f \cdot \frac{f_{ctd}}{f_{cd}} \left(\sqrt{\frac{A_{c1}}{A_{co}}} - 1 \right) = 1 + 14 \cdot 1 \cdot \frac{1,2}{18} \cdot \left(\sqrt{\frac{490000}{125600}} - 1 \right) = 1,91 \leq \quad (\text{Pr.850})$$

$$\omega_{u,max} = 2,5.$$

$$k_u = 0,8 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{ctd}} \geq 14 = 0,8 \cdot \frac{18}{1,2} = 12 \leq 14, \text{ tad priimame } k_u = 14 \quad (\text{Pr.851})$$

SI1 sijos projektavimas

Skaičiuotinis betono stipris gniuždant

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,9 \cdot 30}{1,5} = 18 \text{ MPa} \quad (\text{Pr. 852})$$

$$w = 0,85 - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 18 = 0,706 \quad (\text{Pr. 853})$$

$$\xi_{lim} = \frac{w}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{w}{1,1}\right)} = \frac{0,706}{1 + \frac{560}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,706}{1,1}\right)} = 0,504 \quad (\text{Pr. 854})$$

$$\sigma_{s,lim} = f_{pd} + 400 - \sigma_{sp} = 1460 + 400 - 1300 = 560 \text{ MPa} \quad (\text{Pr. 855})$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot A_0} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,102} = 0,108 < \xi_{lim} = 0,504 - \text{Sąlyga tenkinama} \quad (\text{Pr. 856})$$

$$\gamma_s = \eta - (\eta - 1) \cdot \left(2 \cdot \frac{\xi}{\xi_{lim}} - 1\right) = 1,15 - (1,15 - 1) \cdot \left(2 \cdot \frac{0,108}{0,504} - 1\right) = 1,24 > \eta = 1,15 \quad (\text{Pr. 857})$$

Priimame $\gamma_s = 1,15$

$$x = \xi \cdot d = 0,108 \cdot 1,898 = 0,204 \text{ m} \quad (\text{Pr. 858})$$

$$\mu_{lim} = \xi_{lim} \cdot (1 - 0,5 \cdot \xi_{lim}) = 0,504 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,504) = 0,377 \quad (\text{Pr. 859})$$

$$\mu_{min} = 0,005 < \mu = 0,005 < \mu_{lim} = 0,377, \text{ sąlyga tenkinama} \quad (\text{Pr. 860})$$

Išankstiniai armatūros įtempimai ir jų nuostoliai

Pjūvyje 0-0

$$P^{1-5} = \left(\sigma_{sp} - \sum_{i=1}^5 \sigma_{los}^i\right) \cdot A_{sp} = (1300 - (91,31 + 18,571 + 30)) \cdot 1200 = 1392142,8 \text{ N} \quad (\text{Pr. 861})$$

$$= 1392,143 \text{ kN}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{P^{1-5}}{A_{red}} + \frac{P^{1-5} \cdot e}{I_{red}} \cdot e - \frac{M_{0-0}^{I\ddot{s}}}{I_{red}} \cdot e \quad (\text{Pr. 862})$$

$$= \frac{1392142,8}{0,736} + \frac{1392142,8 \cdot 0,612}{0,132} \cdot 0,615 - \frac{22,173 \cdot 10^3}{0,132} \cdot 0,615$$

$$= 5777156,548 \text{ Pa} = 5,777 \text{ MPa}$$

$$e = y_{red} - a_s = 0,715 - 0,1 = 0,615 \text{ m} \quad (\text{Pr. 863})$$

$$\alpha = 0,25 + 0,0025 \cdot f_{cp,cube} = 0,25 + 0,0025 \cdot 0,7 \cdot 37 = 0,315 < 0,8 \text{ sąlyga tenkinama} \quad (\text{Pr. 864})$$

$$\beta = 5,25 - 0,185 \cdot f_{cp,cube} = 5,25 - 0,185 \cdot 0,7 \cdot 37 = 0,458 < 1,1, \text{ tai } \beta = 1,1 \quad (\text{Pr. 865})$$

$$P^{1-8} = \left(\sigma_{sp} - \sum_{i=1}^8 \sigma_{los}^i\right) \cdot A_{sp} = (1300 - (91,31 + 18,571 + 30 + 8,92 + 50)) \cdot 1200 \quad (\text{Pr. 866})$$

$$= 1321436,158 \text{ N} = 1321,436 \text{ kN}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{P^{1-8}}{A_{red}} + \frac{P^{1-8} \cdot e}{I_{red}} \cdot e - \frac{M_{0-0}^{I\ddot{s}}}{I_{red}} \cdot e \quad (\text{Pr. 867})$$

$$= \frac{1321436,158}{0,736} + \frac{1321436,158 \cdot 0,615}{0,132} \cdot 0,615 - \frac{22,173}{0,132} \cdot 0,615$$

$$= 5478488,865 \text{ Pa} = 5,478 \text{ MPa}$$

Pjūvyje I-I

$$P^{1-5} = \left(\sigma_{sp} - \sum_{i=1}^5 \sigma_{los}^i \right) \cdot A_{sp} = (1300 - (91,31 + 18,571 + 30)) \cdot 1200 = 1392142,857 \text{ N} \quad (\text{Pr. 868})$$

$$= 1392,143 \text{ kN}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{P^{1-5}}{A_{red}} + \frac{P^{1-5} \cdot e}{I_{red}} \cdot e - \frac{M_{I-I}^{\text{š}}}{I_{red}} \cdot e \quad (\text{Pr. 869})$$

$$= \frac{1392142,857}{0,491} + \frac{1392142,857 \cdot 0,609}{0,116} \cdot 0,609 - \frac{59,536 \cdot 10^3}{0,116} \cdot 0,609$$

$$= 6973785,812 \text{ Pa} = 6,974 \text{ MPa}$$

$$e = y_{red} - a_s = 0,709 - 0,1 = 0,609 \text{ m} \quad (\text{Pr. 870})$$

$$\alpha = 0,25 + 0,0025 \cdot f_{cp,cube} = 0,25 + 0,0025 \cdot 0,7 \cdot 37 = 0,315 < 0,8 \text{ sąlyga tenkinama} \quad (\text{Pr. 871})$$

$$\beta = 5,25 - 0,185 \cdot f_{cp,cube} = 5,25 - 0,185 \cdot 0,7 \cdot 37 = 0,458 < 1,1, \text{ tai } \beta = 1,1 \quad (\text{Pr. 872})$$

$$P^{1-8} = \left(\sigma_{sp} - \sum_{i=1}^8 \sigma_{los}^i \right) \cdot A_{sp} = (1300 - (91,31 + 18,571 + 30 + 10,77 + 50)) \cdot 1200 \quad (\text{Pr. 873})$$

$$= 1319218,466 \text{ N} = 1319,218 \text{ kN}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{P^{1-8}}{A_{red}} + \frac{P^{1-8} \cdot e}{I_{red}} \cdot e - \frac{M_{I-I}^{\text{š}}}{I_{red}} \cdot e \quad (\text{Pr. 874})$$

$$= \frac{1319218,466}{0,491} + \frac{1319218,466 \cdot 0,609}{0,116} \cdot 0,609 - \frac{59,536 \cdot 10^3}{0,116} \cdot 0,609$$

$$= 6592106,124 \text{ Pa} = 6,592 \text{ MPa}$$

Pjūvyje X-X

$$P^{1-5} = \left(\sigma_{sp} - \sum_{i=1}^5 \sigma_{los}^i \right) \cdot A_{sp} = (1300 - (91,31 + 18,571 + 30)) \cdot 1200 = 1392142,857 \text{ N} \quad (\text{Pr. 875})$$

$$= 1392,143 \text{ kN}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{P^{1-5}}{A_{red}} + \frac{P^{1-5} \cdot e}{I_{red}} \cdot e - \frac{M_{X-X}^{\text{š}}}{I_{red}} \cdot e \quad (\text{Pr. 876})$$

$$= \frac{1392,143}{0,419} + \frac{1392,143 \cdot 0,829}{0,219} \cdot 0,835 - \frac{490,395 \cdot 10^3}{0,219} \cdot 0,835$$

$$= 5884895,769 \text{ Pa} = 5,885 \text{ MPa}$$

$$e = y_{red} - a_s = 0,935 - 0,1 = 0,835 \text{ m} \quad (\text{Pr. 877})$$

$$\alpha = 0,25 + 0,0025 \cdot f_{cp,cube} = 0,25 + 0,0025 \cdot 0,7 \cdot 37 = 0,315 < 0,8 \text{ sąlyga tenkinama} \quad (\text{Pr. 878})$$

$$\beta = 5,25 - 0,185 \cdot f_{cp,cube} = 5,25 - 0,185 \cdot 0,7 \cdot 37 = 0,458 < 1,1, \text{ tai } \beta = 1,1 \quad (\text{Pr. 879})$$

$$P^{1-8} = \left(\sigma_{sp} - \sum_{i=1}^8 \sigma_{los}^i \right) \cdot A_{sp} = (1300 - (91,31 + 18,571 + 30 + 9,089 + 50)) \cdot 1200 \quad (\text{Pr. 880})$$

$$= 1321236,487 \text{ N} = 1321,236 \text{ kN}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{P^{1-8}}{A_{red}} + \frac{P^{1-8} \cdot e}{I_{red}} \cdot e - \frac{M_{X-X}^{\text{š}}}{I_{red}} \cdot e \quad (\text{Pr. 881})$$

$$= \frac{1321236,487}{0,419} + \frac{1321236,487 \cdot 0,835}{0,219} \cdot 0,835 - \frac{490,395 \cdot 10^3}{0,219} \cdot 0,835$$

$$= 5489925,258 \text{ Pa} = 5,49 \text{ MPa}$$

Pjūvyje II-II

$$P^{1-5} = \left(\sigma_{sp} - \sum_{i=1}^5 \sigma_{los}^i \right) \cdot A_{sp} = (1300 - (91,31 + 18,571 + 30)) \cdot 1200 \quad (\text{Pr. 882})$$

$$= 1392142,857 \text{ N} = 1392,143 \text{ kN}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{p^{1-5}}{A_{red}} + \frac{p^{1-5} \cdot e}{I_{red}} \cdot e - \frac{M_{II-II}^{\text{Iš}}}{I_{red}} \cdot e \quad (\text{Pr. 883})$$

$$= \frac{1392142,857}{0,431} + \frac{1392142,857 \cdot 0,884}{0,249} \cdot 0,884 - \frac{499,426 \cdot 10^3}{0,249}$$

$$\cdot 0,884 = 5826038,294 \text{ Pa} = 5,826 \text{ MPa}$$

$$e = y_{red} - a_s = 0,984 - 0,1 = 0,884 \text{ m} \quad (\text{Pr. 884})$$

$$\alpha = 0,25 + 0,0025 \cdot f_{cp,cube} = 0,25 + 0,0025 \cdot 0,7 \cdot 37 = 0,315 \quad (\text{Pr. 885})$$

$$< 0,8 \text{ sąlyga tenkinama}$$

$$\beta = 5,25 - 0,185 \cdot f_{cp,cube} = 5,25 - 0,185 \cdot 0,7 \cdot 37 = 0,458 < 1,1, \text{ tai } \beta = 1,1 \quad (\text{Pr. 886})$$

$$P^{1-8} = \left(\sigma_{sp} - \sum_{i=1}^8 \sigma_{los}^i \right) \cdot A_{sp} \quad (\text{Pr. 887})$$

$$= (1300 - (91,31 + 18,571 + 30 + 8,998 + 50)) \cdot 1200$$

$$= 1321345,566 \text{ N} = 1321,346 \text{ kN}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{p^{1-8}}{A_{red}} + \frac{p^{1-8} \cdot e}{I_{red}} \cdot e - \frac{M_{II-II}^{\text{Iš}}}{I_{red}} \cdot e \quad (\text{Pr. 888})$$

$$= \frac{1321345,566}{0,431} + \frac{1321345,566 \cdot 0,884}{0,249} \cdot 0,884 - \frac{499,426 \cdot 10^3}{0,249}$$

$$\cdot 0,884 = 5439586,812 \text{ Pa} = 5,44 \text{ MPa}$$

Armaturės įtempimų perdavimo zonos ilgis

Neturinčių inkarų įtemptųjų $8\emptyset 15,7$ lynų perdavimo zonos ilgis nustatomas:

$$l_p = \left(\frac{w_p \cdot \sigma_{sp}}{f_{cp,cube}} + \lambda_p \right) \cdot d \quad (\text{Pr. 889})$$

$$w_p = 1,0; \quad \lambda_p = 25, \quad d = 15,7 \text{ mm}$$

Skaičiuojant atsparumą įstrižiams plyšiams pjūvyje I-I

$$\sigma_{sp} = (1300 - (91,31 + 18,571 + 30)) = 1160,119 \text{ MPa} \quad (\text{Pr. 890})$$

Skaičiuojant pjūvių stiprumą $\sigma_s = f_{pd} = 1460 \text{ MPa} > \sigma_{sp} = 1160,119 \text{ MPa}$

Įtempimų perdavimo zonos ilgis:

- Skaičiuojant pjūvio I-I pleišėtumą

$$l_{p1} = \left(\frac{w_p \cdot \sigma_{sp}}{f_{cp,cube}} + \lambda_p \right) \cdot d = \left(\frac{1,0 \cdot 1160,119}{0,7 \cdot 37} + 25 \right) \cdot 0,0157 = 1,096 \text{ m} \quad (\text{Pr. 891})$$

- Skaičiuojant elemento stiprumą:

$$l_{p2} = \left(\frac{w_p \cdot f_{pd}}{f_{cp,cube}} + \lambda_p \right) \cdot d = \left(\frac{1,0 \cdot 1460}{0,7 \cdot 37} + 25 \right) \cdot 0,0157 = 1,278 \text{ m} \quad (\text{Pr. 892})$$

Išankstinis sijos apgnūždymas atliekamas staigiai, todėl dydžių l_p pradžia nuo sijos galo:

$$\Delta l_{p1} = 0,25 \cdot l_{p1} = 0,25 \cdot 1,096 = 0,274 \text{ m} \quad (\text{Pr. 893})$$

$$\Delta l_{p2} = 0,25 \cdot l_{p2} = 0,25 \cdot 1,278 = 0,32 \text{ m} \quad (\text{Pr. 894})$$

Lynų išankstiniai įtempimai I-I pjūvyje įvertinant nuostolius:

- Skaičiuojant pleišetumą:

$$\sigma_{sp1.2} = \sigma_{sp} \cdot \frac{l_1 - \Delta l_{p1}}{l_{p1}} = 1160,119 \cdot \frac{0,8 - 0,274}{1,096} = 556,772 \text{ MPa} \quad (\text{Pr. 895})$$

- Skaičiuojant stiprumą:

$$\sigma_{sp1.2} = \sigma_{sp} \cdot \frac{l_1 - \Delta l_{p2}}{l_{p2}} = 1160,119 \cdot \frac{0,8 - 0,32}{1,278} = 435,725 \text{ MPa} \quad (\text{Pr. 896})$$

Stiprumas lenkimo momentui

Įtempimai betone ties armatūros svorio centru

$$\sigma_{cp1}^* = \frac{1392,143 \cdot 10^3}{0,491} + \frac{1392,143 \cdot 10^3 \cdot 0,609}{0,116} = 10108068,84 \text{ N} = 10,108 \text{ MPa} \quad (\text{Pr. 897})$$

$$e_{op} = y_{red} - a_{sp} = 0,709 - 0,1 = 0,609 \quad (\text{Pr. 898})$$

$$\alpha = 0,25 + 0,0025 \cdot f_{cp,cube} = 0,25 + 0,0025 \cdot 0,7 \cdot 37 = 0,315 \quad (\text{Pr. 899})$$

$$< 0,8 \text{ sąlyga tenkinama}$$

$$\beta = 5,25 - 0,185 \cdot f_{cp,cube} = 5,25 - 0,185 \cdot 0,7 \cdot 37 = 0,459 < 1,1, \text{ tai } \beta = 1,1 \quad (\text{Pr. 900})$$

$$P^{1-8} = \left(\sigma_{sp} - \sum_{i=1}^8 \sigma_{los}^i \right) \cdot A_{sp} \quad (\text{Pr. 901})$$

$$= (1300 - (91,31 + 18,571 + 30 + 15,526 + 50)) \cdot 1200$$

$$= 1313511,6 \text{ N} = 1313,512 \text{ kN}$$

$$\sigma_{cp2}^* = \frac{P^{1-8}}{A_{red}} + \frac{P^{1-8} \cdot e_{op}}{I_{red}} \cdot e_{op} - \frac{M_{C-C}^{I\delta}}{I_{red}} \cdot e_{op} \quad (\text{Pr. 902})$$

$$= \frac{1313511,6}{0,491} + \frac{1313511,6 \cdot 0,609}{0,116} \cdot 0,609 - \frac{59,536 \cdot 10^3}{0,116} \cdot 0,609$$

$$= 6562237,338 \text{ Pa} = 6,562 \text{ MPa}$$

Įtempimai betone ties sijos viršutiniu kraštu:

$$\sigma_c = \frac{P_2}{A_{red}} + \frac{M - P_2 \cdot e_{op}}{W'_{red}} = \frac{1141174,44}{0,491} + \frac{0,705 \cdot 10^6 - 1141174,44 \cdot 0,609}{0,151} \quad (\text{Pr. 903})$$

$$= 2390573,375 \text{ Pa} = 2,391 \text{ MPa}$$

Atsparumas normaliniams plyšiams

Pjūvis I-I

$$e_{op2} = e_{op1} = y_{red} - a_{sp} = 0,709 - 0,1 = 0,609 \text{ m} \quad (\text{Pr. 904})$$

Įtempimai betone ties viršutiniu kraštu:

$$\sigma_{cp} = \frac{P_{I-I}}{A_{red}} + \frac{M - P_{I-I} \cdot e_{op}}{W'_{red}} = \frac{1273405,2}{0,491} + \frac{190550 - 1273405,2 \cdot 0,609}{0,151} \quad (\text{Pr. 905})$$

$$= -1280372,726 \text{ Pa} = -1,28 \text{ MPa}$$

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = 1,6 - \frac{-1,28}{0,7 \cdot 37} = 1,649 > 1,0, \text{ tai } \varphi = 1,0 \quad (\text{Pr. 906})$$

Pjūvis X-X

$$e_{op2} = e_{op1} = y_{red} - a_{sp} = 0,935 - 0,1 = 0,835 \text{ m} \quad (\text{Pr. 907})$$

Įtempimai betone ties viršutiniu kraštu:

$$\sigma_{cp} = \frac{P_{X-X}}{A_{red}} + \frac{M - P_{X-X} \cdot e_{op}}{W'_{red}} = \frac{1283082}{0,419} + \frac{2427240 - 1283082 \cdot 0,835}{0,208} \quad (\text{Pr. 908})$$

$$= 9580837,297 \text{ Pa} = 9,581 \text{ MPa} \quad (\text{Pr. 909})$$
$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = 1,6 - \frac{9,581}{0,7 \cdot 37} = 1,23 > 1,0, \text{ tai } \varphi = 1,0$$

Pjūvis II-II

$$e_{op2} = e_{op1} = y_{red} - a_{sp} = 0,984 - 0,1 = 0,884 \text{ m} \quad (\text{Pr. 910})$$

Įtempimai betone ties viršutiniu kraštu:

$$\sigma_{cp} = \frac{P_{II-II}}{A_{red}} + \frac{M - P_{II-II} \cdot e_{op}}{W'_{red}} = \frac{1283541,6}{0,431} + \frac{2489980 - 1283541,6 \cdot 0,884}{0,225} \quad (\text{Pr.911})$$

$$= 9001740,2 \text{ Pa} = 9,001 \text{ MPa} \quad (\text{Pr. 912})$$
$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = 1,6 - \frac{9,001}{0,7 \cdot 37} = 1,252 > 1,0, \text{ tai } \varphi = 1,0$$

Normalinių plyšių atsivėrimo pločio skaičiavimas

Pjūvyje x-x

Lynams $\eta = 1,2$

$$\varphi_{l,3} = 1,3 - 15 \cdot \mu_s = 1,3 - 15 \cdot 0,004 = 1,236 \quad (\text{Pr. 913})$$

$$c = \frac{h_{eff}}{d} = \frac{0,198}{1,889} = 0,105 \quad (\text{Pr. 914})$$

$$\alpha_s = \frac{E_s}{E_c} = \frac{195000}{32000} = 6,094 \quad (\text{Pr. 915})$$

$$M_{s1} = M_{viso} + P_{x-x} \cdot e_{sp} = 2427,24 + 1283,082 \cdot 0 = 2427,24 \text{ kNm} \quad (\text{Pr. 916})$$

$$M_{s2} = M_{ilg} + P_{x-x} \cdot e_{sp} = 1483,54 + 1283,082 \cdot 0 = 1483,54 \text{ kNm} \quad (\text{Pr. 917})$$

$$M_{s3} = M_{ilg} + P_{x-x} \cdot e_{sp} = 1483,54 + 1283,082 \cdot 0 = 1483,54 \text{ kNm} \quad (\text{Pr. 918})$$

$$\delta_1 = \frac{M_{s1}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cp,cube}} = \frac{2427,24}{120 \cdot 18,89^2 \cdot 0,7 \cdot 37} = 0,219 \quad (\text{Pr. 919})$$

$$\delta_2 = \frac{M_{s2}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cp,cube}} = \frac{1483,54}{120 \cdot 18,89^2 \cdot 0,7 \cdot 37} = 0,134 \quad (\text{Pr. 920})$$

$$\delta_3 = \frac{M_{s3}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cp,cube}} = \frac{1483,54}{120 \cdot 18,89^2 \cdot 0,7 \cdot 37} = 0,134 \quad (\text{Pr. 921})$$

$$\lambda_1 = \varphi_{f1} \cdot \left(1 - \frac{h_{eff}}{2d}\right) = 0,341 \cdot \left(1 - \frac{198}{2 \cdot 1889}\right) = 0,323 \quad (\text{Pr. 922})$$

$$\lambda_2 = \varphi_{f2} \cdot \left(1 - \frac{h_{eff}}{2d}\right) = 0,341 \cdot \left(1 - \frac{198}{2 \cdot 1889}\right) = 0,323 \quad (\text{Pr. 923})$$

$$\lambda_3 = \varphi_{f3} \cdot \left(1 - \frac{h_{eff}}{2d}\right) = 0,134 \cdot \left(1 - \frac{198}{2 \cdot 1889}\right) = 0,341 \quad (\text{Pr. 924})$$

$$e_{s,tot,1} = \frac{M_{s1}}{P_{x-x}} = \frac{2427,24}{1283,082} = 1,892 \text{ m} \quad (\text{Pr. 925})$$

$$e_{s,tot,2} = \frac{M_{s2}}{P_{x-x}} = \frac{1483,54}{1283,082} = 1,156 \text{ m} \quad (\text{Pr. 926})$$

$$e_{s,tot,3} = \frac{M_{s3}}{P_{x-x}} = \frac{1483,54}{1283,082} = 1,156 \text{ m} \quad (\text{Pr. 927})$$

Kai $\beta = 1,8$

$$\xi_1 = \frac{1}{\beta + \frac{1 + 5 \cdot (\delta_1 + \lambda_1)}{10 \cdot \mu_s \cdot \alpha_s}} + \frac{1,5 + \varphi_{f1}}{11,5 \cdot \frac{e_{s,tot,1}}{d} - 5} \quad (\text{Pr. 928})$$

$$= \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5 \cdot (0,219 + 0,323)}{10 \cdot 0,004 \cdot 6,094}} + \frac{1,5 + 0,341}{11,5 \cdot \frac{1,892}{1,889} - 5} = 0,344$$

$$\xi_2 = \frac{1}{\beta + \frac{1 + 5 \cdot (\delta_2 + \lambda_2)}{10 \cdot \mu_s \cdot \alpha_s}} + \frac{1,5 + \varphi_{f2}}{11,5 \cdot \frac{e_{s,tot,2}}{d} - 5} \quad (\text{Pr. 929})$$

$$= \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5 \cdot (0,134 + 0,323)}{10 \cdot 0,004 \cdot 6,094}} + \frac{1,5 + 0,341}{11,5 \cdot \frac{1,156}{1,889} - 5} = 0,972$$

$$\xi_3 = \frac{1}{\beta + \frac{1 + 5 \cdot (\delta_3 + \lambda_3)}{10 \cdot \mu_s \cdot \alpha_s}} + \frac{1,5 + \varphi_{f3}}{11,5 \cdot \frac{e_{s,tot,3}}{d} - 5} \quad (\text{Pr. 930})$$

$$= \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5 \cdot (0,134 + 0,341)}{10 \cdot 0,004 \cdot 6,094}} + \frac{1,5 + 0,361}{11,5 \cdot \frac{1,156}{1,889} - 5} = 0,979$$

Gniuždomos zonos aukštis:

$$\xi_1 \cdot d = 0,344 \cdot 1,889 = 0,651 \text{ m} > h_{f1} = 0,248 \text{ m} - \text{sąlyga tenkinama} \quad (\text{Pr. 931})$$

$$\xi_2 \cdot d = 0,972 \cdot 1,889 = 1,836 \text{ m} > h_{f1} = 0,248 \text{ m} - \text{sąlyga tenkinama} \quad (\text{Pr. 932})$$

$$\xi_3 \cdot d = 0,979 \cdot 1,889 = 1,85 \text{ m} > h_{f1} = 0,248 \text{ m} - \text{sąlyga tenkinama} \quad (\text{Pr. 933})$$

$$z_1 = d \cdot \left(1 - \frac{c \cdot \varphi_{f1} + \xi_1^2}{2(\varphi_{f1} + \xi_1)}\right) = 1,889 \cdot \left(1 - \frac{0,105 \cdot 0,341 + 0,344^2}{2 \cdot (0,341 + 0,344)}\right) = 1,676 \text{ m} \quad (\text{Pr. 934})$$

$$z_2 = d \cdot \left(1 - \frac{c \cdot \varphi_{f2} + \xi_2^2}{2(\varphi_{f2} + \xi_2)}\right) = 1,889 \cdot \left(1 - \frac{0,105 \cdot 0,341 + 0,972^2}{2 \cdot (0,341 + 0,972)}\right) = 1,184 \text{ m} \quad (\text{Pr. 935})$$

$$z_3 = d \cdot \left(1 - \frac{c \cdot \varphi_{f3} + \xi_3^2}{2(\varphi_{f3} + \xi_3)}\right) = 1,889 \cdot \left(1 - \frac{0,105 \cdot 0,361 + 0,979^2}{2 \cdot (0,361 + 0,979)}\right) = 1,186 \text{ m} \quad (\text{Pr. 936})$$

Pjūvyje II-II

Lynams $\eta = 1,2$

$$\varphi_{l,3} = 1,3 - 15 \cdot \mu_s = 1,3 - 15 \cdot 0,004 = 1,236 \quad (\text{Pr. 937})$$

$$c = \frac{h_{eff}}{d} = \frac{0,198}{1,991} = 0,099 \quad (\text{Pr. 938})$$

$$\alpha_s = \frac{E_s}{E_c} = \frac{195000}{32000} = 6,094 \quad (\text{Pr. 939})$$

$$M_{s1} = M_{viso} + P_{II-II} \cdot e_{sp} = 2489,98 + 1283,542 \cdot 0 = 2489,98 \text{ kNm} \quad (\text{Pr. 940})$$

$$M_{s2} = M_{ilg} + P_{II-II} \cdot e_{sp} = 1521,88 + 1283,542 \cdot 0 = 1521,88 \text{ kNm} \quad (\text{Pr. 941})$$

$$M_{s3} = M_{ilg} + P_{II-II} \cdot e_{sp} = 1521,88 + 1283,542 \cdot 0 = 1521,88 \text{ kNm} \quad (\text{Pr. 942})$$

$$\delta_1 = \frac{M_{s1}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cp,cube}} = \frac{2489,98}{120 \cdot 19,91^2 \cdot 0,7 \cdot 37} = 0,202 \quad (\text{Pr. 943})$$

$$\delta_2 = \frac{M_{s2}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cp,cube}} = \frac{1521,88}{120 \cdot 19,91^2 \cdot 0,7 \cdot 37} = 0,124 \quad (\text{Pr. 944})$$

$$\delta_3 = \frac{M_{s3}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cp,cube}} = \frac{1521,88}{120 \cdot 19,91^2 \cdot 0,7 \cdot 37} = 0,124 \quad (\text{Pr. 945})$$

$$\lambda_1 = \varphi_{f1} \cdot \left(1 - \frac{h_{eff}}{2d}\right) = 0,324 \cdot \left(1 - \frac{198}{2 \cdot 1991}\right) = 0,308 \quad (\text{Pr. 946})$$

$$\lambda_2 = \varphi_{f2} \cdot \left(1 - \frac{h_{eff}}{2d}\right) = 0,324 \cdot \left(1 - \frac{198}{2 \cdot 1991}\right) = 0,308 \quad (\text{Pr. 947})$$

$$\lambda_3 = \varphi_{f3} \cdot \left(1 - \frac{h_{eff}}{2d}\right) = 0,341 \cdot \left(1 - \frac{198}{2 \cdot 1991}\right) = 0,324 \quad (\text{Pr. 948})$$

$$e_{s,tot,1} = \frac{M_{s1}}{P_{II-II}} = \frac{2489,98}{1283,542} = 1,94 \text{ m} \quad (\text{Pr. 949})$$

$$e_{s,tot,2} = \frac{M_{s2}}{P_{II-II}} = \frac{1483,54}{1283,542} = 1,186 \text{ m} \quad (\text{Pr. 950})$$

$$e_{s,tot,3} = \frac{M_{s3}}{P_{II-II}} = \frac{1483,54}{1283,542} = 1,186 \text{ m} \quad (\text{Pr. 951})$$

Kai $\beta = 1,8$

$$\xi_1 = \frac{1}{\beta + \frac{1 + 5 \cdot (\delta_1 + \lambda_1)}{10 \cdot \mu_s \cdot \alpha_s}} + \frac{1,5 + \varphi_{f1}}{11,5 \cdot \frac{e_{s,tot,1}}{d} - 5} \quad (\text{Pr. 952})$$

$$= \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5 \cdot (0,202 + 0,308)}{10 \cdot 0,004 \cdot 6,094}} + \frac{1,5 + 0,324}{11,5 \cdot \frac{1,94}{1,991} - 5} = 0,356$$

$$\xi_2 = \frac{1}{\beta + \frac{1 + 5 \cdot (\delta_2 + \lambda_2)}{10 \cdot \mu_s \cdot \alpha_s}} + \frac{1,5 + \varphi_{f2}}{11,5 \cdot \frac{e_{s,tot,2}}{d} - 5} \quad (\text{Pr. 953})$$

$$= \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5 \cdot (0,124 + 0,308)}{10 \cdot 0,004 \cdot 6,094}} + \frac{1,5 + 0,324}{11,5 \cdot \frac{1,186}{1,991} - 5} = 1,055$$

$$\xi_3 = \frac{1}{\beta + \frac{1 + 5 \cdot (\delta_3 + \lambda_3)}{10 \cdot \mu_s \cdot \alpha_s}} + \frac{1,5 + \varphi_{f3}}{11,5 \cdot \frac{e_{s,tot,3}}{d} - 5} \quad (\text{Pr. 954})$$

$$= \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5 \cdot (0,124 + 0,324)}{10 \cdot 0,004 \cdot 6,094}} + \frac{1,5 + 0,361}{11,5 \cdot \frac{1,186}{1,991} - 5} = 1,063$$

Gniuždomos zonos aukštis:

$$\xi_1 \cdot d = 0,356 \cdot 1,889 = 0,709 \text{ m} > h_{f1} = 0,248 \text{ m} - \text{sąlyga tenkinama} \quad (\text{Pr. 955})$$

$$\xi_2 \cdot d = 1,055 \cdot 1,889 = 2,101 \text{ m} > h_{f1} = 0,248 \text{ m} - \text{sąlyga tenkinama} \quad (\text{Pr. 956})$$

$$\xi_3 \cdot d = 1,063 \cdot 1,889 = 2,117 \text{ m} > h_{f1} = 0,248 \text{ m} - \text{sąlyga tenkinama} \quad (\text{Pr. 957})$$

$$z_1 = d \cdot \left(1 - \frac{c \cdot \varphi_{f1} + \xi_1^2}{2(\varphi_{f1} + \xi_1)}\right) = 1,991 \cdot \left(1 - \frac{0,099 \cdot 0,324 + 0,356^2}{2 \cdot (0,324 + 0,356)}\right) = 1,758 \text{ m} \quad (\text{Pr. 958})$$

$$z_2 = d \cdot \left(1 - \frac{c \cdot \varphi_{f2} + \xi_2^2}{2(\varphi_{f2} + \xi_2)}\right) = 1,991 \cdot \left(1 - \frac{0,099 \cdot 0,324 + 1,055^2}{2 \cdot (0,341 + 1,055)}\right) = 1,164 \text{ m} \quad (\text{Pr. 959})$$

$$z_3 = d \cdot \left(1 - \frac{c \cdot \varphi_{f3} + \xi_3^2}{2(\varphi_{f3} + \xi_3)}\right) = 1,991 \cdot \left(1 - \frac{0,099 \cdot 0,341 + 1,063^2}{2 \cdot (0,341 + 1,063)}\right) = 1,166 \text{ m} \quad (\text{Pr. 960})$$

Sijos įlinkio skaičiavimas
Kreivumų skaičiavimas

Pjūvis X-X

- Visos apkrovos trumpalaikio poveikio:

$$\xi = \frac{1}{\beta + \frac{1 + 5(\delta + \lambda)}{10 \cdot \rho \cdot \alpha_s}} + \frac{1,5 + \varphi_f}{11,5 \cdot \frac{e_{s,tot}}{d} - 5} \quad (\text{Pr. 961})$$

$$= \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5 \cdot (0,189 + 0,403)}{10 \cdot 0,005 \cdot 6,094}} + \frac{1,5 + 0,425}{11,5 \cdot \frac{2,102}{1,889} - 5} = 0,318$$

$$\rho = \frac{A_{sp}}{b_w \cdot d} = \frac{12 \cdot 10^4}{0,12 \cdot 1,889} = 0,005 \quad (\text{Pr. 962})$$

$$\delta = \frac{M}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{ck}} = \frac{2427,24}{0,12 \cdot 1,889^2 \cdot 30 \cdot 10^6} = 0,189 \quad (\text{Pr. 963})$$

$$\varphi_f = \frac{(b_{eff} - b_w) \cdot h_f + \frac{\alpha_s \cdot A_{s2}}{2 \cdot \nu}}{b_w \cdot d} = \frac{(0,5 - 0,12) \cdot 0,248 + \frac{6,094 \cdot 3,14 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 0,45}}{0,12 \cdot 1,889} = 0,425 \quad (\text{Pr. 964})$$

$$\lambda = \varphi_f \cdot \left(1 - \frac{h_f}{2 \cdot d}\right) = 0,425 \cdot \left(1 - \frac{0,248}{2 \cdot 1,889}\right) = 0,403 \quad (\text{Pr. 965})$$

$$N_{tot} = \gamma_{sp} \cdot (\sigma_{sp} - \Delta\sigma_{sumX-X}) \cdot A_{sp} = 0,9 \cdot (1300 - 230,765) \cdot 1200 = 1,155 \cdot 10^6 \text{ N} = 1155 \text{ kN} \quad (\text{Pr. 966})$$

$$e_{s,tot} = \frac{M}{N_{tot}} = \frac{2427,24}{1155} = 2,102 \text{ m} \quad (\text{Pr. 967})$$

$$z = d \cdot \left(1 - \frac{\frac{h_{eff}}{d} \cdot \varphi_f + \xi^2}{2 \cdot (\varphi_f + \xi)}\right) = 1,889 \cdot \left(1 - \frac{\frac{0,198}{1,889} \cdot 0,425 + 0,318^2}{2 \cdot (0,425 + 0,318)}\right) = 1,704 \text{ m} \quad (\text{Pr. 968})$$

Koeficientas įvertinantis tempiamosios armatūros deformacijų netolygumą:

$$\varphi_s = 1,25 - \varphi_{l,s} \cdot \varphi_m - \frac{1 - \varphi_m^2}{(3,5 - 1,8 \cdot \varphi_m) \cdot \frac{e_{s,tot}}{d}} \quad (\text{Pr. 969})$$

$$= 1,25 - 1 \cdot 1,145 - \frac{1 - 1,476^2}{(3,5 - 1,8 \cdot 1,476) \cdot \frac{2,102}{1,889}} = 1,032$$

$$\varphi_s = 1 \quad (\text{Pr. 970})$$

$$\varphi_m = \frac{f_{ctk} \cdot W_{pl}}{M - M_{rp}} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 0,352}{2427,24 - 1950,428} = 1,476 \quad (\text{Pr. 971})$$

$$M_{rp} = N_{tot} \cdot (e_p + r) = 1155 \cdot (1,128 + 0,561) = 1950,428 \text{ kNm} \quad (\text{Pr. 972})$$

$$e_p = \frac{\delta_p \cdot A_p \cdot (y_{red} - a_{sp})}{N_{tot}} = \frac{1300 \cdot 1200 \cdot (0,935 - 0,1)}{1155 \cdot 10^3} = 1,128 \text{ m} \quad (\text{Pr. 973})$$

Nuolatinės apkrovos trumpalaikio poveikio:

$$\xi = \frac{1}{\beta + \frac{1 + 5(\delta + \lambda)}{10 \cdot \rho \cdot \alpha_s}} + \frac{1,5 + \varphi_f}{11,5 \cdot \frac{e_{s,tot}}{d} - 5} \quad (\text{Pr. 974})$$

$$= \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5 \cdot (0,148 + 0,403)}{10 \cdot 0,005 \cdot 6,094}} + \frac{1,5 + 0,425}{11,5 \cdot \frac{1,642}{1,889} - 5} = 0,46$$

$$\rho = \frac{A_{sp}}{b_w \cdot d} = \frac{12 \cdot 10^4}{0,12 \cdot 1,889} = 0,005 \quad (\text{Pr. 975})$$

$$\delta = \frac{M}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{ck}} = \frac{1895,9}{0,12 \cdot 1,889^2 \cdot 30 \cdot 10^6} = 0,148 \quad (\text{Pr. 976})$$

$$\varphi_f = \frac{(b_{eff} - b_w) \cdot h_f + \frac{\alpha_s \cdot A_{s2}}{2 \cdot v}}{b_w \cdot d} = \frac{(0,5 - 0,12) \cdot 0,248 + \frac{6,094 \cdot 3,14 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 0,45}}{0,12 \cdot 1,889} = 0,425 \quad (\text{Pr. 977})$$

$$\lambda = \varphi_f \cdot \left(1 - \frac{h_f}{2 \cdot d}\right) = 0,425 \cdot \left(1 - \frac{0,248}{2 \cdot 1,889}\right) = 0,403 \quad (\text{Pr. 978})$$

$$e_{s,tot} = \frac{M}{N_{tot}} = \frac{1895,9}{1155} = 1,642 \text{ m} \quad (\text{Pr. 979})$$

$$z = d \cdot \left(1 - \frac{\frac{h_{eff}}{d} \cdot \varphi_f + \xi^2}{2 \cdot (\varphi_f + \xi)}\right) = 1,597 \cdot \left(1 - \frac{0,198}{1,889} \cdot 0,425 + 0,46^2\right) = 1,616 \text{ m} \quad (\text{Pr. 980})$$

Koeficientas įvertinantis tempiamosios armatūros deformacijų netolygumą:

$$\varphi_s = 1,25 - \varphi_{l,s} \cdot \varphi_m - \frac{1 - \varphi_m^2}{(3,5 - 1,8 \cdot \varphi_m) \cdot \frac{e_{s,tot}}{d}} = 1,25 - 1 \cdot 0 - \frac{1 - 0^2}{(3,5 - 1,8 \cdot 0) \cdot \frac{1,642}{1,889}} \quad (\text{Pr. 981})$$

= 0,921 < 1,0 – Sąlyga tenkinama

$$\varphi_m = \frac{f_{ctk} \cdot W_{pl}}{M - M_{rp}} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 0,352}{1895,9 - 1950,428} = -0,013 \quad (\text{Pr. 982})$$

$$\varphi_m = 0$$

• Nuolatinės apkrovos ilgalaikio poveikio

$$\xi = \frac{1}{\beta + \frac{1 + 5(\delta + \lambda)}{10 \cdot \rho \cdot \alpha_s}} + \frac{1,5 + \varphi_f}{11,5 \cdot \frac{e_{s,tot}}{d} - 5} \quad (\text{Pr. 983})$$

$$= \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5 \cdot (0,148 + 0,415)}{10 \cdot 0,005 \cdot 6,094}} + \frac{1,5 + 0,444}{11,5 \cdot \frac{1,642}{1,889} - 5} = 0,463$$

$$v = 0,15$$

$$\varphi_f = \frac{(b_{eff} - b_w) \cdot h_f + \frac{\alpha_s \cdot A_{s2}}{2 \cdot v}}{b_w \cdot d} = \frac{(0,5 - 0,12) \cdot 0,248 + \frac{6,094 \cdot 3,14 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 0,15}}{0,12 \cdot 1,889} = 0,444 \quad (\text{Pr. 984})$$

$$\lambda = \varphi_f \cdot \left(1 - \frac{h_f}{2 \cdot v}\right) = 0,525 \cdot \left(1 - \frac{0,248}{2 \cdot 1,597}\right) = 0,484 \quad (\text{Pr. 985})$$

$$z = d \cdot \left(1 - \frac{\frac{h_{eff}}{d} \cdot \varphi_f + \xi^2}{2 \cdot (\varphi_f + \xi)}\right) = 1,889 \cdot \left(1 - \frac{0,198}{1,889} \cdot 0,444 + 0,463^2\right) = 1,618 \text{ m} \quad (\text{Pr. 986})$$

Koeficientas įvertinantis tempiamosios armatūros deformacijų netolygumą:

$$\varphi_s = 1,25 - \varphi_{l,s} \cdot \varphi_m - \frac{1 - \varphi_m^2}{(3,5 - 1,8 \cdot \varphi_m) \cdot \frac{e_{s,tot}}{d}} = 1,25 - 1 \cdot 0 - \frac{1 - 0^2}{(3,5 - 1,8 \cdot 0) \cdot \frac{1,642}{1,889}} \quad (\text{Pr. 987})$$

= 0,936 < 1,0 – Sąlyga tenkinama

$$\varphi_m = \frac{f_{ctk} \cdot W_{pl}}{M - M_{rp}} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 0,352}{1895,91 - 1950,428} = -0,013 \quad (\text{Pr. 988})$$

$$\varphi_m = 0$$

Pjūvis II-II

- Visos apkrovos trumpalaikio poveikio:

$$\xi = \frac{1}{\beta + \frac{1 + 5(\delta + \lambda)}{10 \cdot \rho \cdot \alpha_s}} + \frac{1,5 + \varphi_f}{11,5 \cdot \frac{e_{s,tot}}{d} - 5} \quad (\text{Pr. 989})$$

$$= \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5 \cdot (0,174 + 0,383)}{10 \cdot 0,005 \cdot 6,094}} + \frac{1,5 + 0,403}{11,5 \cdot \frac{2,155}{1,991} - 5} = 0,326$$

$$\rho = \frac{A_{sp}}{b_w \cdot d} = \frac{12 \cdot 10^4}{0,12 \cdot 1,991} = 0,005 \quad (\text{Pr. 990})$$

$$\delta = \frac{M}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{ck}} = \frac{2489,98 \cdot 10^3}{0,12 \cdot 1,991^2 \cdot 30 \cdot 10^6} = 0,174 \quad (\text{Pr. 991})$$

$$\varphi_f = \frac{(b_{eff} - b_w) \cdot h_f + \frac{\alpha_s \cdot A_{s2}}{2 \cdot \nu}}{b_w \cdot d} = \frac{(0,5 - 0,12) \cdot 0,248 + \frac{6,094 \cdot 3,14 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 0,45}}{0,12 \cdot 1,991} = 0,403 \quad (\text{Pr. 992})$$

$$\lambda = \varphi_f \cdot \left(1 - \frac{h_f}{2 \cdot d}\right) = 0,403 \cdot \left(1 - \frac{0,248}{2 \cdot 1,991}\right) = 0,383 \quad (\text{Pr. 993})$$

$$N_{tot} = \gamma_{sp} \cdot (\sigma_{sp} - \Delta\sigma_{sum,II-II}) \cdot A_{sp} = 0,9 \cdot (1300 - 230,382) \cdot 1200 = N = 1155,187 \text{ kN} \quad (\text{Pr. 994})$$

$$e_{s,tot} = \frac{M_{sum}}{N_{tot}} = \frac{2489,98}{1155,187} = 2,155 \text{ m} \quad (\text{Pr. 995})$$

$$z = d \cdot \left(1 - \frac{\frac{h_{eff}}{d} \cdot \varphi_f + \xi^2}{2 \cdot (\varphi_f + \xi)}\right) = 1,991 \cdot \left(1 - \frac{\frac{0,198}{1,991} \cdot 0,403 + 0,326^2}{2 \cdot (0,403 + 0,326)}\right) = 1,791 \text{ m} \quad (\text{Pr. 996})$$

Koeficientas įvertinantis tempiamosios armatūros deformacijų netolygumą:

$$\varphi_s = 1,25 - \varphi_{l,s} \cdot \varphi_m - \frac{1 - \varphi_m^2}{(3,5 - 1,8 \cdot \varphi_m) \cdot \frac{e_{s,tot}}{d}} \quad (\text{Pr. 997})$$

$$= 1,25 - 1 \cdot 1,145 - \frac{1 - 1,145^2}{(3,5 - 1,8 \cdot 1,149) \cdot \frac{1,761}{1,597}} = 0,301$$

< 1,0 – Sąlyga tenkinama

$$\varphi_m = \frac{f_{ctk} \cdot W_{pl}}{M - M_{rp}} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 0,379}{2489,98 - 2055,98} = 1,747 \quad (\text{Pr. 998})$$

$$M_{rp} = N_{tot} \cdot (e_p + r) = 1155,187 \cdot (1,194 + 0,586) = 2055,98 \text{ kNm} \quad (\text{Pr. 999})$$

$$e_p = \frac{\delta_p \cdot A_p \cdot (y_{red} - a_{sp})}{N_{tot}} = \frac{1300 \cdot 1200 \cdot (0,984 - 0,1)}{1155,187 \cdot 10^3} = 1,194 \text{ m} \quad (\text{Pr. 1000})$$

- Nuolatinės apkrovos trumpalaikio poveikio:

$$\xi = \frac{1}{\beta + \frac{1 + 5(\delta + \lambda)}{10 \cdot \rho \cdot \alpha_s}} + \frac{1,5 + \varphi_f}{11,5 \cdot \frac{e_{s,tot}}{d} - 5} \quad (\text{Pr. 1001})$$

$$= \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5 \cdot (0,136 + 0,383)}{10 \cdot 0,005 \cdot 6,094}} + \frac{1,5 + 0,425}{11,5 \cdot \frac{1,684}{1,889} - 5} = 0,477$$

$$\rho = \frac{A_{sp}}{b_w \cdot d} = \frac{12 \cdot 10^4}{0,12 \cdot 1,991} = 0,005 \quad (\text{Pr. 1002})$$

$$\delta = \frac{M}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{ck}} = \frac{1944,92}{0,12 \cdot 1,991^2 \cdot 30 \cdot 10^6} = 0,136 \quad (\text{Pr. 1003})$$

$$\varphi_f = \frac{(b_{eff} - b_w) \cdot h_f + \frac{\alpha_s \cdot A_{s2}}{2 \cdot v_2}}{b_w \cdot d} = \frac{(0,5 - 0,12) \cdot 0,248 + \frac{6,094 \cdot 3,14 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 0,45}}{0,12 \cdot 1,991} = 0,403 \quad (\text{Pr. 1004})$$

$$\lambda = \varphi_f \cdot \left(1 - \frac{h_{eff}}{2 \cdot d}\right) = 0,425 \cdot \left(1 - \frac{0,248}{2 \cdot 1,991}\right) = 0,383 \quad (\text{Pr. 1005})$$

$$e_{s,tot} = \frac{M}{N_{tot}} = \frac{1944,92}{1155,187} = 1,684 \text{ m} \quad (\text{Pr. 1006})$$

$$z = d \cdot \left(1 - \frac{h_{eff} \cdot \varphi_f + \xi^2}{2 \cdot (\varphi_f + \xi)}\right) = 1,991 \cdot \left(1 - \frac{0,198}{1,991} \cdot 0,403 + 0,477^2\right) = 1,689 \text{ m} \quad (\text{Pr. 1007})$$

Koeficientas įvertinantis tempiamosios armatūros deformacijų netolygumą:

$$\varphi_s = 1,25 - \varphi_{l,s} \cdot \varphi_m - \frac{1 - \varphi_m^2}{(3,5 - 1,8 \cdot \varphi_m) \cdot \frac{e_{s,tot}}{d}} = 1,25 - 1 \cdot 0 - \frac{1 - 0^2}{(3,5 - 1,8 \cdot 0) \cdot \frac{1,684}{1,991}} \quad (\text{Pr. 1008})$$

$$= 0,912 < 1,0 - \text{Sąlyga tenkinama}$$

$$\varphi_m = \frac{f_{ctk} \cdot W_{pl}}{M - M_{rp}} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 0,379}{1944,92 - 2055,98} = -0,007 \quad (\text{Pr. 1009})$$

$$\varphi_m = 0$$

Nuolatinės apkrovos ilgalaikio poveikio

$$\xi = \frac{1}{\beta + \frac{1 + 5(\delta + \lambda)}{10 \cdot \rho \cdot \alpha_s}} + \frac{1,5 + \varphi_f}{11,5 \cdot \frac{e_{s,tot}}{d} - 5} \quad (\text{Pr. 1010})$$

$$= \frac{1}{1,8 + \frac{1 + 5 \cdot (0,136 + 0,395)}{10 \cdot 0,005 \cdot 6,094}} + \frac{1,5 + 0,421}{11,5 \cdot \frac{1,684}{1,991} - 5} = 0,479$$

$$v = 0,15$$

$$\varphi_f = \frac{(b_{eff} - b_w) \cdot h_f + \frac{\alpha_s \cdot A_{s2}}{2 \cdot v}}{b_w \cdot d} = \frac{(0,5 - 0,12) \cdot 0,248 + \frac{6,094 \cdot 3,14 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 0,15}}{0,12 \cdot 1,991} = 0,421 \quad (\text{Pr. 1011})$$

$$\lambda = \varphi_f \cdot \left(1 - \frac{h_f}{2 \cdot d}\right) = 0,421 \cdot \left(1 - \frac{0,248}{2 \cdot 1,991}\right) = 0,395 \quad (\text{Pr. 1012})$$

$$z = d \cdot \left(1 - \frac{h_{eff} \cdot \varphi_f + \xi^2}{2 \cdot (\varphi_f + \xi)}\right) = 1,991 \cdot \left(1 - \frac{0,248}{1,991} \cdot 0,421 + 0,479^2\right) = 1,691 \text{ m} \quad (\text{Pr. 1013})$$

Koeficientas įvertinantis tempiamosios armatūros deformacijų netolygumą:

$$\varphi_s = 1,25 - \varphi_{l,s} \cdot \varphi_m - \frac{1 - \varphi_m^2}{(3,5 - 1,8 \cdot \varphi_m) \cdot \frac{e_{s,tot}}{d}} = 1,25 - 1 \cdot 0 - \frac{1 - 0^2}{(3,5 - 1,8 \cdot 0) \cdot \frac{1,642}{1,991}} \quad (\text{Pr. 1014})$$

$$= 0,92 < 1,0 - \text{Sąlyga tenkinama}$$

$$\varphi_m = \frac{f_{ctk} \cdot W_{pl}}{M - M_{rp}} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 0,379}{1944,92 - 2055,98} = -0,007 \quad (\text{Pr. 1015})$$

$$\varphi_m = 0$$

SI2 sijos projektavimas

Išankstinis sijos išilginės armatūros parinkimas

Skaičiuotinis betono stipris gniuždant

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,9 \cdot 30}{1,5} = 18 \text{ MPa} \quad (\text{Pr. 1016})$$

$$w = 0,85 - 0,008 \cdot f_{cd} = 0,85 - 0,008 \cdot 18 = 0,706 \quad (\text{Pr. 1017})$$

$$\xi_{lim} = \frac{w}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \cdot \left(1 - \frac{w}{1,1}\right)} = \frac{0,706}{1 + \frac{690}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,706}{1,1}\right)} = 0,472 \quad (\text{Pr. 1018})$$

$$\sigma_{s,lim} = f_{pd} + 400 - \sigma_{sp} = 1390 + 400 - 1100 = 690 \text{ MPa} \quad (\text{Pr. 1019})$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot A_0} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,113} = 0,12 < \xi_{lim} = 0,472 - \text{Sąlyga tenkinama} \quad (\text{Pr. 1020})$$

$$\gamma_s = \eta - (\eta - 1) \cdot \left(2 \cdot \frac{\xi}{\xi_{lim}} - 1\right) = 1,15 - (1,15 - 1) \cdot \left(2 \cdot \frac{0,12}{0,472} - 1\right) = 1,22 > \eta = 1,15 \quad (\text{Pr. 1021})$$

Priimame $\gamma_s = 1,15$

$$x = \xi \cdot d = 0,12 \cdot 1,072 = 0,129 \text{ m} \quad (\text{Pr. 1022})$$

Tikrinama armavimo sąlyga:

$$\mu = \frac{A_{sp}}{b_{eff} \cdot d} = \frac{7,243 \cdot 10^{-4}}{0,12 \cdot 1,072} = 0,006 < \mu_{lim} = 0,361 \quad (\text{Pr. 1023})$$

$$\mu_{lim} = \xi_{lim} \cdot (1 - 0,5 \cdot \xi_{lim}) = 0,472 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,472) = 0,361 \quad (\text{Pr. 1024})$$

$$\mu_{min} = 0,005 < \mu = 0,006 < \mu_{lim} = 0,361, \text{ sąlyga tenkinama} \quad (\text{Pr. 1025})$$

Išankstiniai armatūros įtempimai ir jų nuostoliai

Pjūvyje 0-0

$$P^{1-5} = \left(\sigma_{sp} - \sum_{i=1}^5 \sigma_{los}^i\right) \cdot A_{sp} = (1100 - (56,375 + 32,5 + 30)) \cdot 837 = 821201,625 \text{ N} = 821,202 \text{ kN} \quad (\text{Pr. 1026})$$

$$\sigma_{cp} = \frac{p^{1-5}}{A_{red}} + \frac{p^{1-5} \cdot e}{I_{red}} \cdot e - \frac{M_{0-0}^{I\check{s}}}{I_{red}} \cdot e \quad (\text{Pr. 1027})$$

$$= \frac{821201,625}{0,434} + \frac{821201,625 \cdot 0,325}{0,027} \cdot 0,325 - \frac{4,422 \cdot 10^3}{0,027} \cdot 0,325$$

$$= 5051508,866 \text{ Pa} = 5,052 \text{ MPa}$$

$$e = y_{red} - a_s = 0,425 - 0,1 = 0,325 \text{ m} \quad (\text{Pr. 1028})$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = \frac{5,052}{0,7 \cdot 37} = 0,195 < \alpha = 0,315 \quad (\text{Pr. 1029})$$

$$\alpha = 0,25 + 0,0025 \cdot f_{cp,cube} = 0,25 + 0,0025 \cdot 0,7 \cdot 37 = 0,315 \quad (\text{Pr. 1030})$$

< 0,8 sąlyga tenkinama

$$\beta = 5,25 - 0,185 \cdot f_{cp,cube} = 5,25 - 0,185 \cdot 0,7 \cdot 37 = 0,458 < 1,1, \text{ tai } \beta = 1,1 \quad (\text{Pr. 1031})$$

$$P^{1-8} = \left(\sigma_{sp} - \sum_{i=1}^8 \sigma_{los}^i \right) \cdot A_{sp} = (1100 - (56,375 + 32,5 + 30 + 7,802 + 50)) \cdot 837 \quad (\text{Pr. 1032})$$

$$= 772821,721 \text{ N} = 772,822 \text{ kN}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{p^{1-8}}{A_{red}} + \frac{p^{1-8} \cdot e}{I_{red}} \cdot e - \frac{M_{0-0}^{I\check{s}}}{I_{red}} \cdot e \quad (\text{Pr. 1033})$$

$$= \frac{772821,721}{0,434} + \frac{772821,721 \cdot 0,325}{0,027} \cdot 0,325 - \frac{4,422}{0,027} \cdot 0,325$$

$$= 4750770,456 \text{ Pa} = 4,751 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = \frac{4,751}{0,7 \cdot 37} = 0,183 < 0,75 \quad (\text{Pr. 1034})$$

Pjūvyje I-I

$$P^{1-5} = \left(\sigma_{sp} - \sum_{i=1}^5 \sigma_{los}^i \right) \cdot A_{sp} = (1100 - (56,375 + 32,5 + 30)) \cdot 837 \quad (\text{Pr. 1035})$$

$$= 821201,625 \text{ N} = 821,202 \text{ kN}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{p^{1-5}}{A_{red}} + \frac{p^{1-5} \cdot e}{I_{red}} \cdot e - \frac{M_{I-I}^{I\check{s}}}{I_{red}} \cdot e \quad (\text{Pr. 1036})$$

$$= \frac{821201,625}{0,337} + \frac{821201,625 \cdot 0,328}{0,028} \cdot 0,328 - \frac{17,412 \cdot 10^3}{0,028} \cdot 0,328$$

$$= 5388127,047 \text{ Pa} = 5,388 \text{ MPa}$$

$$e = y_{red} - a_s = 0,428 - 0,1 = 0,328 \text{ m} \quad (\text{Pr. 1037})$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = \frac{5,388}{0,7 \cdot 37} = 0,208 < \alpha = 0,315 \quad (\text{Pr. 1038})$$

$$\alpha = 0,25 + 0,0025 \cdot f_{cp,cube} = 0,25 + 0,0025 \cdot 0,7 \cdot 37 = 0,315 \quad (\text{Pr. 1039})$$

< 0,8 sąlyga tenkinama

$$\beta = 5,25 - 0,185 \cdot f_{cp,cube} = 5,25 - 0,185 \cdot 0,7 \cdot 37 = 0,458 < 1,1, \text{ tai } \beta = 1,1 \quad (\text{Pr. 1040})$$

$$P^{1-8} = \left(\sigma_{sp} - \sum_{i=1}^8 \sigma_{los}^i \right) \cdot A_{sp} = (1100 - (56,375 + 32,5 + 30 + 8,321 + 50)) \cdot 837 \quad (\text{Pr. 1041})$$

$$= 772386,587 \text{ N} = 772,387 \text{ kN}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{p^{1-8}}{A_{red}} + \frac{p^{1-8} \cdot e}{I_{red}} \cdot e - \frac{M_{I-I}^{I\check{s}}}{I_{red}} \cdot e \quad (\text{Pr. 1042})$$

$$= \frac{772386,587}{0,337} + \frac{772386,587 \cdot 0,324}{0,028} \cdot 0,328 - \frac{17,412 \cdot 10^3}{0,028} \cdot 0,328$$

$$= 5055713,977 \text{ Pa} = 5,056 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = \frac{5.056}{0,7 \cdot 37} = 0,195 < 0,75 \quad (\text{Pr. 1043})$$

Pjūvyje X-X

$$P^{1-5} = \left(\sigma_{sp} - \sum_{i=1}^5 \sigma_{los}^i \right) \cdot A_{sp} = (1100 - (56,375 + 32,5 + 30)) \cdot 837 \quad (\text{Pr. 1044})$$

$$= 821201,625 \text{ N} = 821,202 \text{ kN}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{P^{1-5}}{A_{red}} + \frac{P^{1-5} \cdot e}{I_{red}} \cdot e - \frac{M_{X-X}^{\text{š}}}{I_{red}} \cdot e \quad (\text{Pr. 1045})$$

$$= \frac{821201,625}{0,315} + \frac{821201,625 \cdot 0,456}{0,056} \cdot 0,456 - \frac{99,831 \cdot 10^3}{0,056} \cdot 0,456$$

$$= 4843314,896 \text{ Pa} = 4,843 \text{ MPa}$$

$$e = y_{red} - a_s = 0,556 - 0,1 = 0,456 \text{ m} \quad (\text{Pr. 1046})$$

$$\alpha = 0,25 + 0,0025 \cdot f_{cp,cube} = 0,25 + 0,0025 \cdot 0,7 \cdot 37 = 0,315 \quad (\text{Pr. 1047})$$

< 0,8 sąlyga tenkinama

$$\beta = 5,25 - 0,185 \cdot f_{cp,cube} = 5,25 - 0,185 \cdot 0,7 \cdot 37 = 0,458 < 1,1, \text{ tai } \beta = 1,1 \quad (\text{Pr. 1048})$$

$$P^{1-8} = \left(\sigma_{sp} - \sum_{i=1}^8 \sigma_{los}^i \right) \cdot A_{sp} = (1100 - (56,375 + 32,5 + 30 + 7,48 + 50)) \cdot 837 \quad (\text{Pr. 1049})$$

$$= 773090,846 \text{ N} = 773,091 \text{ kN}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{P^{1-8}}{A_{red}} + \frac{P^{1-8} \cdot e}{I_{red}} \cdot e - \frac{M_{X-X}^{\text{š}}}{I_{red}} \cdot e \quad (\text{Pr. 1050})$$

$$= \frac{773090,846}{0,315} + \frac{773090,846 \cdot 0,456}{0,056} \cdot 0,456 - \frac{99,831 \cdot 10^3}{0,056} \cdot 0,456$$

$$= 4511940,067 \text{ Pa} = 4,512 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = \frac{4,512}{0,7 \cdot 37} = 0,174 < 0,75 \quad (\text{Pr. 1051})$$

Pjūvyje II-II

$$P^{1-5} = \left(\sigma_{sp} - \sum_{i=1}^5 \sigma_{los}^i \right) \cdot A_{sp} = (1100 - (56,375 + 32,5 + 30)) \cdot 837 \quad (\text{Pr. 1052})$$

$$= 821201,625 \text{ N} = 821,202 \text{ kN}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{P^{1-5}}{A_{red}} + \frac{P^{1-5} \cdot e}{I_{red}} \cdot e - \frac{M_{II-II}^{\text{š}}}{I_{red}} \cdot e \quad (\text{Pr. 1053})$$

$$= \frac{821201,625}{0,321} + \frac{821201,625 \cdot 0,481}{0,063} \cdot 0,481 - \frac{101,442 \cdot 10^3}{0,063} \cdot 0,481$$

$$= 4799537,136 \text{ Pa} = 4,8 \text{ MPa}$$

$$e = y_{red} - a_s = 0,581 - 0,1 = 0,481 \text{ m} \quad (\text{Pr. 1054})$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = \frac{4,8}{0,7 \cdot 37} = 0,185 < \alpha = 0,315 \quad (\text{Pr. 1055})$$

$$\alpha = 0,25 + 0,0025 \cdot f_{cp,cube} = 0,25 + 0,0025 \cdot 0,7 \cdot 37 = 0,315 \quad (\text{Pr. 1056})$$

< 0,8 sąlyga tenkinama

$$\beta = 5,25 - 0,185 \cdot f_{cp,cube} = 5,25 - 0,185 \cdot 0,7 \cdot 37 = 0,458 < 1,1, \text{ tai } \beta = 1,1 \quad (\text{Pr. 1057})$$

$$P^{1-8} = \left(\sigma_{sp} - \sum_{i=1}^8 \sigma_{los}^i \right) \cdot A_{sp} = (1100 - (56,375 + 32,5 + 30 + 7,412 + 50)) \cdot 837 \quad (\text{Pr. 1058})$$

$$= 773147,436 \text{ N} = 773,147 \text{ kN}$$

$$\sigma_{cp} = \frac{P^{1-8}}{A_{red}} + \frac{P^{1-8} \cdot e}{I_{red}} \cdot e - \frac{M_{II-II}^S}{I_{red}} \cdot e \quad (\text{Pr. 1059})$$

$$= \frac{773147,436}{0,321} + \frac{773147,436 \cdot 0,478}{0,063} \cdot 0,481 - \frac{101,442 \cdot 10^3}{0,063} \cdot 0,481$$

$$= 4473361,559 \text{ Pa} = 4,473 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = \frac{4,473}{0,7 \cdot 37} = 0,173 < 0,75 \quad (\text{Pr. 1060})$$

Armatūros įtempimų perdavimo zonos ilgis

Neturinčių inkarų įtemptųjų $9\emptyset 12,5$ lynų perdavimo zonos ilgis nustatomas:

$$l_p = \left(\frac{w_p \cdot \sigma_{sp}}{f_{cp,cube}} + \lambda_p \right) \cdot d \quad (\text{Pr. 1060})$$

$$w_p = 1,0; \quad \lambda_p = 25, \quad d = 12,5 \text{ mm}$$

Skaičiuojant atsparumą įstrižiams plyšiams pjūvyje I-I

$$\sigma_{sp} = (1100 - (56,375 + 32,5 + 30)) = 981,125 \text{ MPa} \quad (\text{Pr. 1061})$$

Skaičiuojant pjūvių stiprumą $\sigma_s = f_{pd} = 1390 \text{ MPa} > \sigma_{sp} = 981,125 \text{ MPa}$

Įtempimų perdavimo zonos ilgis:

- Skaičiuojant pjūvio I-I pleišetumą

$$l_{p1} = \left(\frac{w_p \cdot \sigma_{sp}}{f_{cp,cube}} + \lambda_p \right) \cdot d = \left(\frac{1,0 \cdot 981,125}{0,7 \cdot 37} + 25 \right) \cdot 0,0125 = 0,786 \text{ m} \quad (\text{Pr. 1062})$$

- Skaičiuojant elemento stiprumą:

$$l_{p2} = \left(\frac{w_p \cdot f_{pd}}{f_{cp,cube}} + \lambda_p \right) \cdot d = \left(\frac{1,0 \cdot 1390}{0,7 \cdot 37} + 25 \right) \cdot 0,0125 = 0,983 \text{ m} \quad (\text{Pr. 1063})$$

Išankstinis sijos apgniuždymas atliekamas staigiai, todėl dydžių l_p pradžia nuo sijos galo:

$$\Delta l_{p1} = 0,25 \cdot l_{p1} = 0,25 \cdot 0,786 = 0,197 \text{ m} \quad (\text{Pr. 1064})$$

$$\Delta l_{p2} = 0,25 \cdot l_{p2} = 0,25 \cdot 0,983 = 0,246 \text{ m} \quad (\text{Pr. 1065})$$

Lynų išankstiniai įtempimai I-I pjūvyje įvertinant nuostolius:

- Skaičiuojant pleišetumą:

$$\sigma_{sp1.2} = \sigma_{sp} \cdot \frac{l_1 - \Delta l_{p1}}{l_{p1}} = 981,125 \cdot \frac{0,8 - 0,197}{0,786} = 752,695 \text{ MPa} \quad (\text{Pr. 1066})$$

- Skaičiuojant stiprumą:

$$\sigma_{sp1.2} = \sigma_{sp} \cdot \frac{l_1 - \Delta l_{p2}}{l_{p2}} = 981,125 \cdot \frac{0,8 - 0,246}{0,983} = 552,943 \text{ MPa} \quad (\text{Pr. 1067})$$

**Sijos skaičiavimas eksploatacijos stadijoje
Stiprumas įstrižuose pjūviuose**

Stiprumas skersinei jėgai

$$\varphi_n = 0,1 \cdot \frac{\sigma_{sp1,2} \cdot A_{sp}}{f_{ctd} \cdot b_w \cdot d} = 0,1 \cdot \frac{552,943 \cdot 837}{1,2 \cdot 120 \cdot 0,85 \cdot 10^3} = 0,378 \quad (\text{Pr. 1068})$$

Skaičiuotinis betono tempiamasis stipris

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk,0,05}}{1,5} \cdot 0,9 = \frac{2}{1,5} \cdot 0,9 = 1,2 \text{ MPa} \quad (\text{Pr. 1069})$$

$$q_{eff} = (1,16 + 5,83 + 0,5 \cdot (4,4 + 1,2)) \cdot 10^{-3} = 0,01 \quad (\text{Pr. 1070})$$

$$\varphi_{c2} = 2,0, \quad \varphi_3 = 0,6, \quad \varphi_4 = 1,5$$

$$\text{tg } \beta = \frac{d_c - d_0}{c} = \frac{0,964 - 0,85}{1,58} = 0,072 \quad (\text{Pr. 1071})$$

$$v_\beta = \varphi_{c2} \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot (\text{tg } \beta)^2 = 2,0 \cdot 1,2 \cdot 0,12 \cdot 0,072^2 = 1,49 \cdot 10^{-3} \text{ MNm} \quad (\text{Pr. 1072})$$

$$v_{sw} = \frac{f_{ywd} \cdot A_{sw} \cdot n}{s} = \frac{292 \cdot 2,83 \cdot 10^{-5} \cdot 2}{0,1} = 0,165 \text{ MN/m} \quad (\text{Pr. 1073})$$

Skaičiuotinis skersinės armatūros stipris:

$$f_{ywd} = f_{yd} \cdot 0,8 \cdot 1 = 365 \cdot 0,8 \cdot 1 = 292 \text{ MPa} \quad (\text{Pr. 1074})$$

$$C_0 = \sqrt{\frac{M_{c2}}{v_{sw}}} \cdot \left(1 + \frac{c}{d_0} \cdot \text{tg } \beta\right) = \sqrt{\frac{0,369}{0,165}} \cdot \left(1 + \frac{1,58}{0,85} \cdot 0,072\right) = 1,58 \text{ m} \quad (\text{Pr. 1075})$$

$$V_{Ed,c} = \frac{M_{c2}}{c} \cdot \left(1 + \frac{c}{d_0} \cdot \text{tg } \beta\right)^2 + v_{sw} \cdot C_0 = \frac{0,369}{1,58} \cdot \left(1 + \frac{1,58}{0,85} \cdot 0,072\right)^2 + 0,165 \cdot 1,58 = 0,561 \text{ MN} \quad (\text{Pr. 1076})$$

Stiprumas lenkimo momentui

Įtempimai betone ties armatūros svorio centru

$$\sigma_{cp1}^* = \frac{821,202 \cdot 10^3}{0,337} + \frac{821,202 \cdot 10^3 \cdot 0,328}{0,028} = 12056596,04 \text{ N} = 12,057 \text{ MPa} \quad (\text{Pr. 1077})$$

$$e_{op} = y_{red} - a_{sp} = 0,428 - 0,1 = 0,328 \quad (\text{Pr. 1078})$$

$$\frac{\sigma_{cp1}^*}{f_{cp,cube}} = \frac{12,057}{0,7 \cdot 37} = 0,466 > \alpha = 0,315 \quad (\text{Pr. 1079})$$

$$\alpha = 0,25 + 0,0025 \cdot f_{cp,cube} = 0,25 + 0,0025 \cdot 0,7 \cdot 37 = 0,315 \quad (\text{Pr. 1080})$$

< 0,8 sąlyga tenkinama

$$\beta = 5,25 - 0,185 \cdot f_{cp,cube} = 5,25 - 0,185 \cdot 0,7 \cdot 37 = 0,459 < 1,1, \text{ tai } \beta = 1,1 \quad (\text{Pr. 1081})$$

$$\Delta\sigma_{los}^6 = \chi \cdot \left(40 \cdot \alpha + 85 \cdot \beta \cdot \left(\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} - \alpha\right)\right) \quad (\text{Pr. 1082})$$

$$= 1,0 \cdot (40 \cdot 0,315 + 85 \cdot 1,1 \cdot (0,466 - 0,315)) = 26,719 \text{ MPa}$$

Antrieji nuostoliai

1. Dėl betono susitraukimo

$C^{30/37}$, natūraliai kietėjusio betono $\Delta\sigma_{los}^8 = 50 \text{ MPa}$

2. Dėl betono valkšnumo

$$P^{1-8} = \left(\sigma_{sp} - \sum_{i=1}^8 \sigma_{los}^i \right) \cdot A_{sp} = (1100 - (56,375 + 32,5 + 30 + 6,719 + 50)) \cdot 837 \quad (\text{Pr. 1083})$$

$$= 756987,822 \text{ N} = 756,988 \text{ kN}$$

$$\sigma_{cp2}^* = \frac{P^{1-8}}{A_{red}} + \frac{P^{1-8} \cdot e_{op}}{I_{red}} \cdot e_{op} - \frac{M_{C-C}^{I\check{s}}}{I_{red}} \cdot e_{op} \quad (\text{Pr. 1084})$$

$$= \frac{756987,822}{0,337} + \frac{756987,822 \cdot 0,328}{0,028} \cdot 0,328 - \frac{17,412 \cdot 10^3}{0,028} \cdot 0,328$$

$$= 4950849,016 \text{ Pa} = 4,951 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{cp2}^*}{f_{cp,cube}} = \frac{4,951}{0,7 \cdot 37} = 0,191 < 0,75 \quad (\text{Pr. 1085})$$

$$\Delta\sigma_{los}^9 = 150 \cdot \chi \cdot \left(\frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} \right) = 150 \cdot 1,0 \cdot 0,191 = 28,674 \text{ MPa} \quad (\text{Pr. 1086})$$

Atsparumas normaliniams plyšiams

Pjūvis I-I

$$e_{op2} = e_{op1} = y_{red} - a_{sp} = 0,428 - 0,1 = 0,328 \text{ m} \quad (\text{Pr. 1087})$$

$$M = M_{I-I} = 37,76 \text{ kNm} = 0,038 \text{ MNm} \quad (\text{Pr. 1088})$$

Įtempimai betone ties viršutiniu kraštu:

$$\sigma_{cp} = \frac{P_{I-I}}{A_{red}} + \frac{M - P_{I-I} \cdot e_{op}}{W'_{red}} = \frac{747878,751}{0,337} + \frac{37760 - 747878,751 \cdot 0,328}{0,061} \quad (\text{Pr. 1089})$$

$$= -1183139,651 \text{ Pa} = -1,183 \text{ MPa}$$

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = 1,6 - \frac{-1,183}{0,7 \cdot 37} = 1,646 > 1,0, \text{ tai } \varphi = 1,0 \quad (\text{Pr. 1090})$$

Pjūvis X-X

$$e_{op2} = e_{op1} = y_{red} - a_{sp} = 0,556 - 0,1 = 0,456 \text{ m} \quad (\text{Pr. 1091})$$

$$M = M_{X-X} = 281,07 \text{ kNm} = 0,281 \text{ MNm} \quad (\text{Pr. 1092})$$

Įtempimai betone ties viršutiniu kraštu:

$$\sigma_{cp} = \frac{P_{X-X}}{A_{red}} + \frac{M - P_{X-X} \cdot e_{op}}{W'_{red}} = \frac{751219,218}{0,315} + \frac{281070 - 751219,218 \cdot 0,456}{0,091} \quad (\text{Pr. 1093})$$

$$= 1709152,987 \text{ Pa} = 1,709 \text{ MPa}$$

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = 1,6 - \frac{1,709}{0,7 \cdot 37} = 1,534 > 1,0, \text{ tai } \varphi = 1,0 \quad (\text{Pr. 1094})$$

Pjūvis II-II

$$e_{op2} = e_{op1} = y_{red} - a_{sp} = 0,581 - 0,1 = 0,481 \text{ m} \quad (\text{Pr. 1095})$$

$$M = M_{II-II} = 288,24 \text{ kNm} = 0,288 \text{ MNm} \quad (\text{Pr. 1096})$$

Įtempimai betone ties viršutiniu kraštu:

$$\sigma_{cp} = \frac{P_{II-II}}{A_{red}} + \frac{M - P_{II-II} \cdot e_{op}}{W'_{red}} = \frac{751462,785}{0,321} + \frac{288240 - 751462,785 \cdot 0,481}{0,097} \quad (\text{Pr. 1097})$$

$$= 1586226,184 \text{ Pa} = 1,586 \text{ MPa}$$

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{cp}}{f_{cp,cube}} = 1,6 - \frac{1,586}{0,7 \cdot 37} = 1,539 > 1,0, \text{ tai } \varphi = 1,0 \quad (\text{Pr. 1098})$$

Sijos įlinkio skaičiavimas Kreivumų skaičiavimas

Pjūvis 0-0

- Nuo trumpalaikės apkrovos trumpalaikio poveikio

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M^{tr.}}{\varphi_{c1} \cdot E_{cm} \cdot I_{red}} = \frac{0}{0,85 \cdot 32000 \cdot 10^6 \cdot 0,027} = 0 \text{ m}^{-1} \quad (\text{Pr. 1099})$$

- Nuo ilgalaikės apkrovos ilgalaikio poveikio

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{M^{il.} \cdot \varphi_{c2}}{\varphi_{c1} \cdot E_{cm} \cdot I_{red}} = \frac{0}{0,85 \cdot 32000 \cdot 10^6 \cdot 0,027} = 0 \text{ m}^{-1} \quad (\text{Pr. 1100})$$

- Kreivis nuo betono traukumo ir valkšnumo

$$\varepsilon_1 = \frac{\sigma_{c1}}{E_{cm}} = \frac{85,316}{32000} = 2,666 \cdot 10^{-3} \quad (\text{Pr. 1101})$$

$$\sigma_{c1} = \sigma_{los}^6 + \sigma_{los}^8 + \sigma_{los}^9 = 7,802 + 50 + 27,514 = 85,316 \text{ MPa} \quad (\text{Pr. 1102})$$

Pjūvis I-I

- Kreivis nuo betono traukumo ir valkšnumo

$$\varepsilon_1 = \frac{\sigma_{c1}}{E_{cm}} = \frac{87,601}{32000} = 2,738 \cdot 10^{-3} \quad (\text{Pr. 1103})$$

$$\sigma_{c1} = \sigma_{los}^6 + \sigma_{los}^8 + \sigma_{los}^9 = 8,321 + 50 + 29,28 = 87,601 \text{ MPa} \quad (\text{Pr. 1104})$$

Pjūvis X-X

- Kreivis nuo betono traukumo ir valkšnumo

$$\varepsilon_1 = \frac{\sigma_{c1}}{E_{cm}} = \frac{83,611}{32000} = 2,613 \cdot 10^{-3} \quad (\text{Pr. 1105})$$

$$\sigma_{c1} = \sigma_{los}^6 + \sigma_{los}^8 + \sigma_{los}^9 = 7,48 + 50 + 26,131 = 83,611 \text{ MPa} \quad (\text{Pr. 1106})$$

Pjūvis II-II

$$\varepsilon_1 = \frac{\sigma_{c1}}{E_{cm}} = \frac{83,319}{32000} = 2,604 \cdot 10^{-3} \quad (\text{Pr. 1107})$$

$$\sigma_{c1} = \sigma_{los}^6 + \sigma_{los}^8 + \sigma_{los}^9 = 7,412 + 50 + 25,907 = 83,319 \text{ MPa} \quad (\text{Pr. 1108})$$

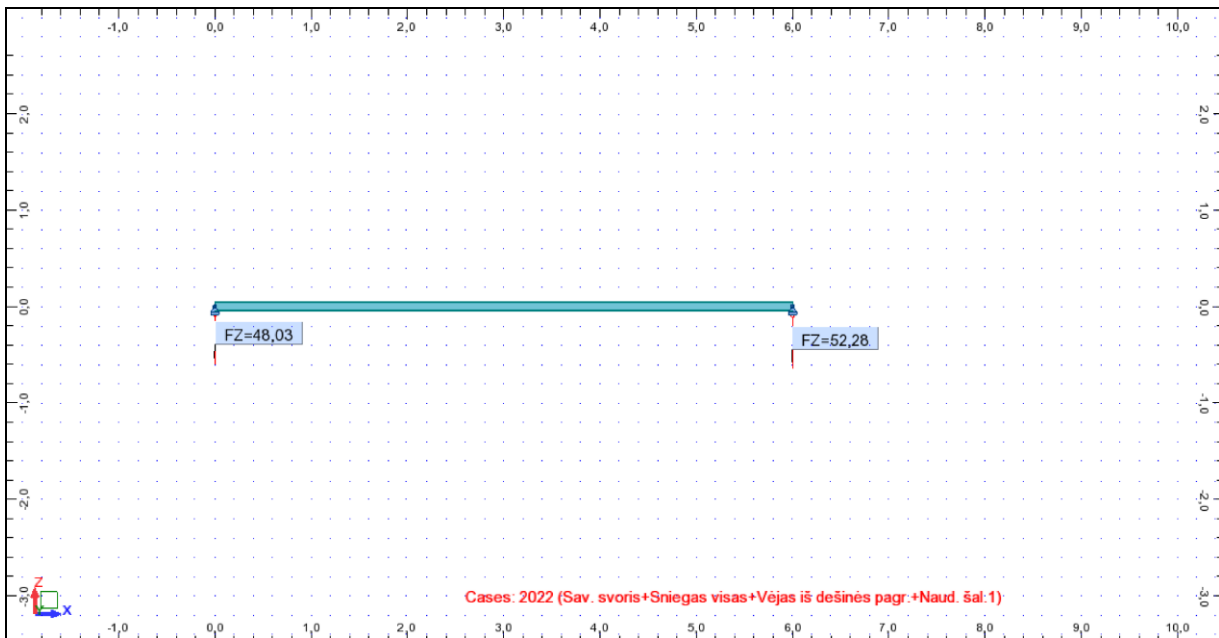
Sandėliavimo paskirties pastato su administracinėmis patalpomis statybinių konstrukcijų dalies projektas

Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius

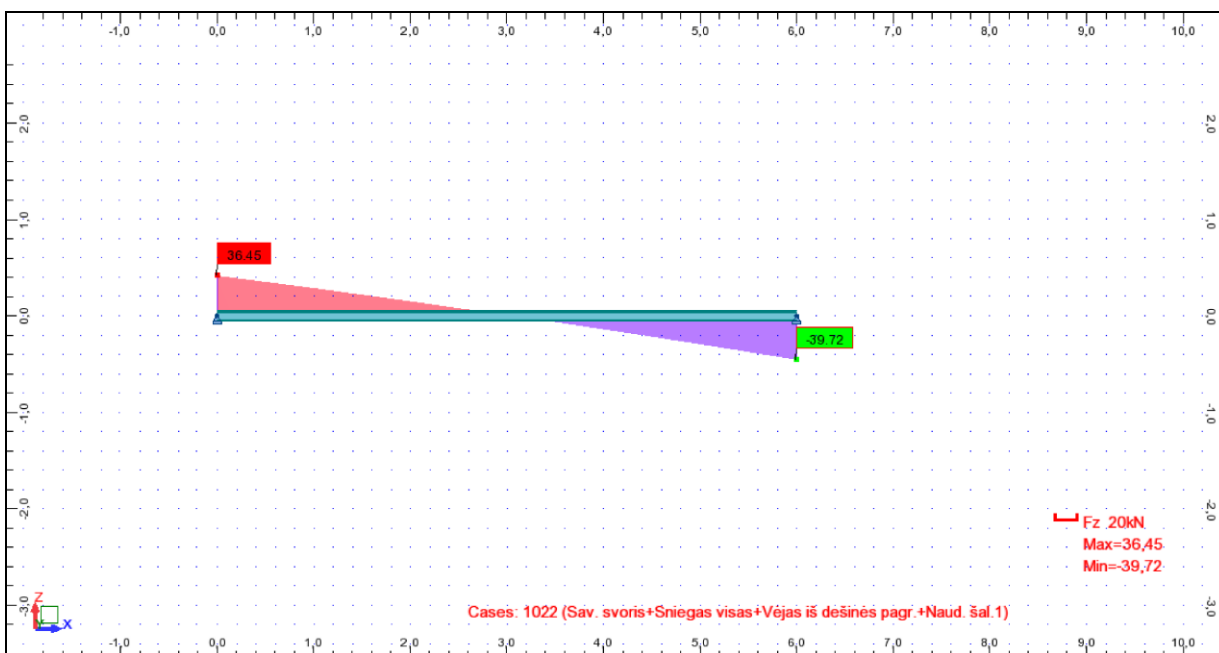
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6

Skaičiuojama konstrukcija: 1 dalies denginio plokštė SPL1

Vaizdas - Reakcijų jėgos(kN);Reakcijų momentai(kN*m); Derinys: 2022 (Sav. svoris+Sniegas visas+Vėjas iš dešinės pagr.+Naud. šal.1)



Vaizdas - FZ; Derinys: 1022 (Sav. svoris+Sniegas visas+Vėjas iš dešinės pagr.+Naud. šal.1)

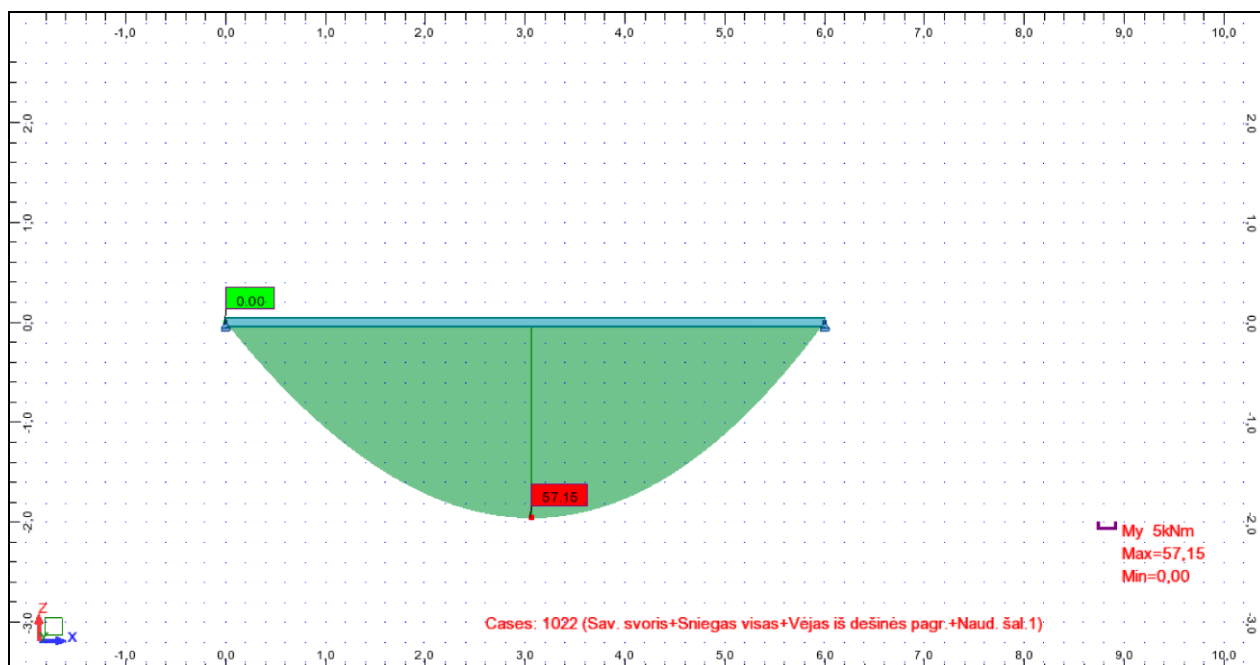


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius

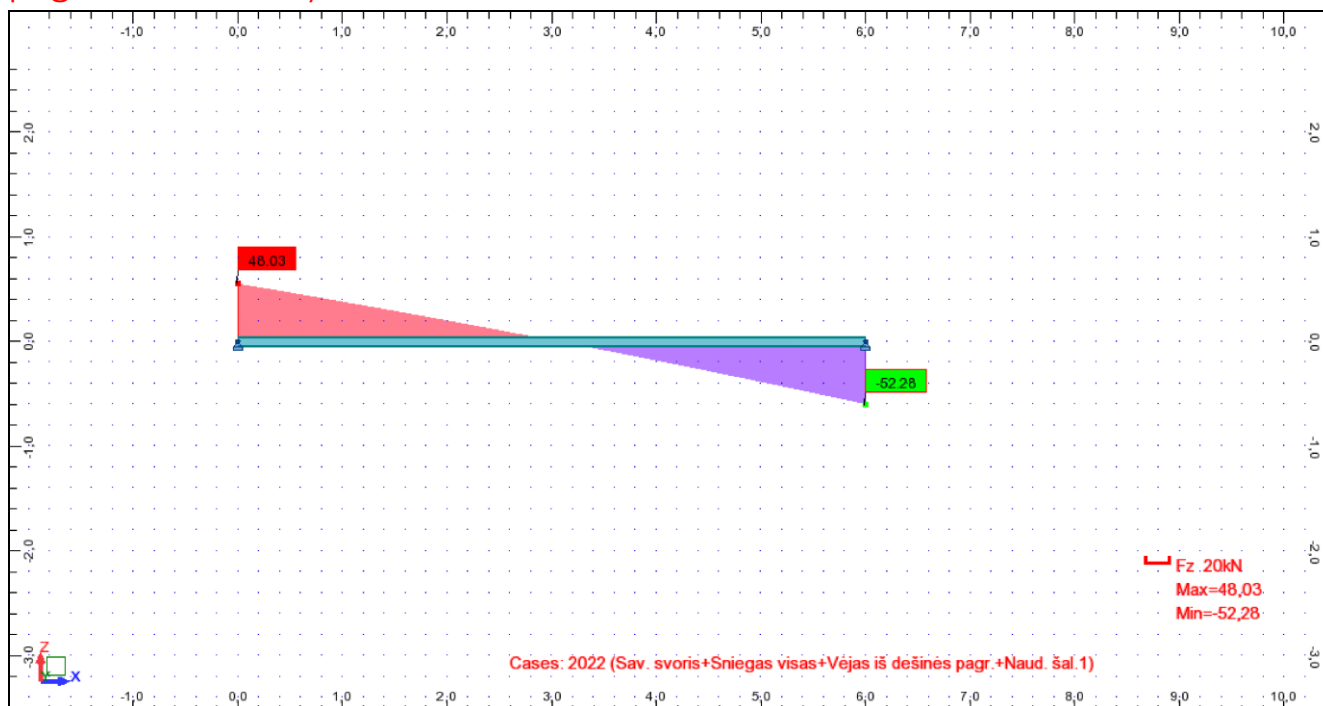
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6

Skaičiuojama konstrukcija: 1 dalies denginio plokštė SPL1

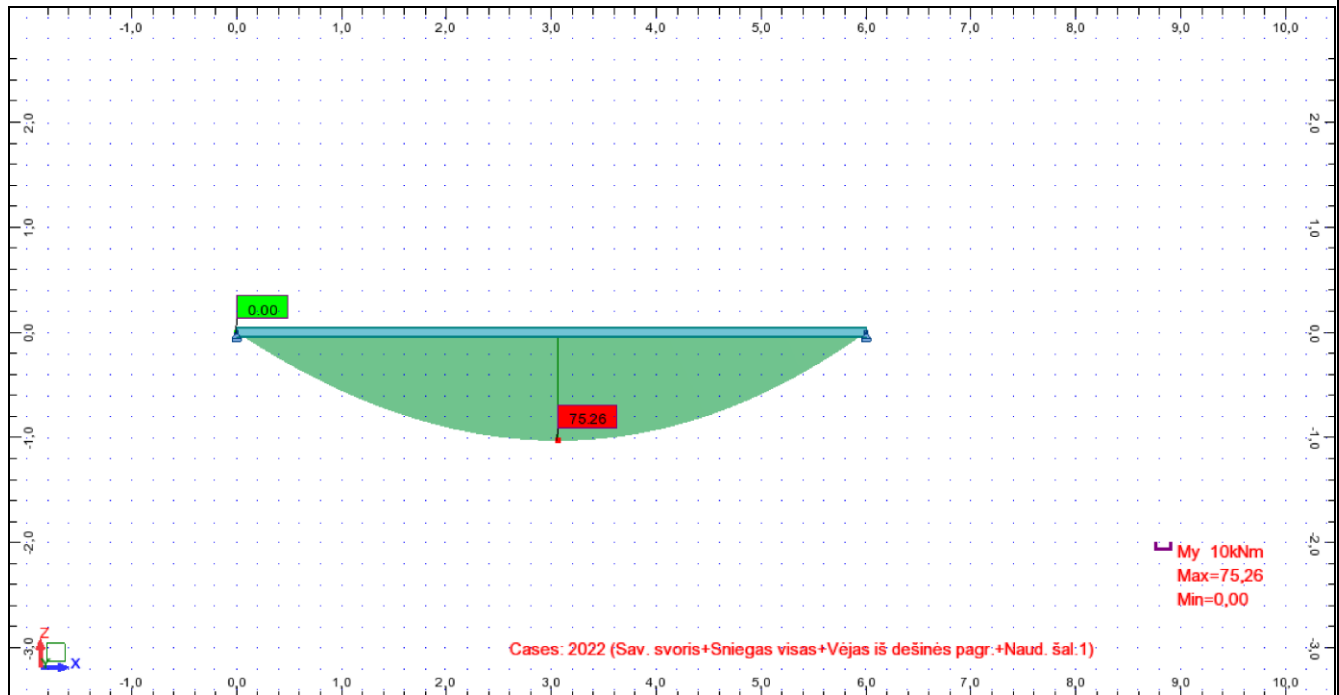
Vaizdas - MY; Derinys: 1022 (Sav. svoris+Sniegas visas+Vėjas iš dešinės pagr.+Naud. šal.1)



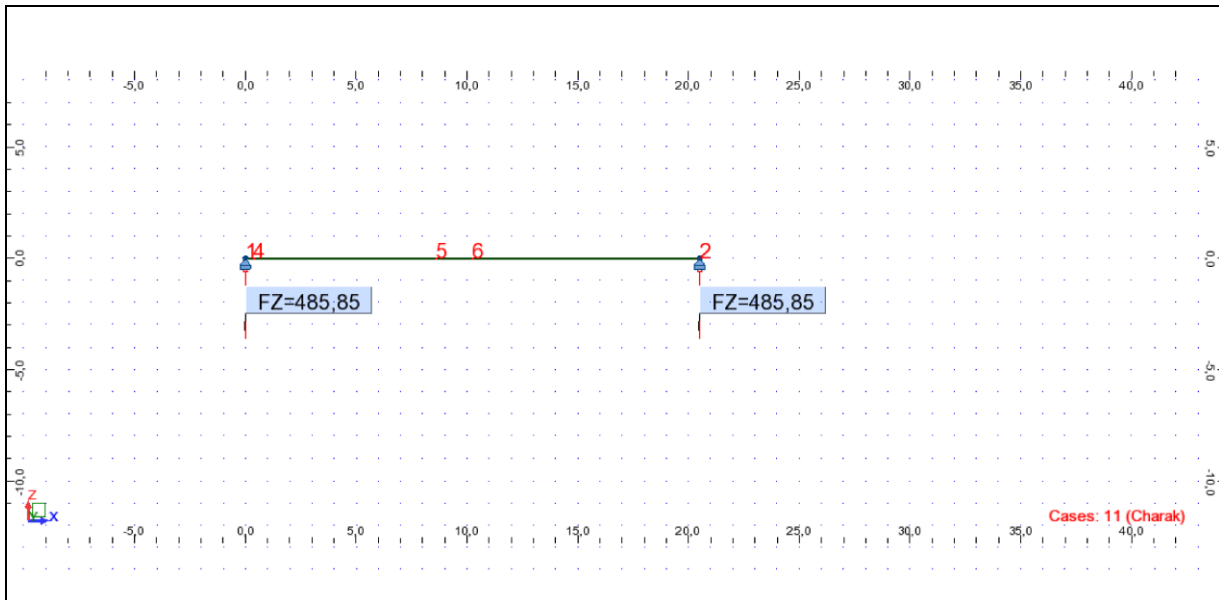
Vaizdas - FZ; Derinys: 2022 (Sav. svoris+Sniegas visas+Vėjas iš dešinės pagr.+Naud. šal.1)



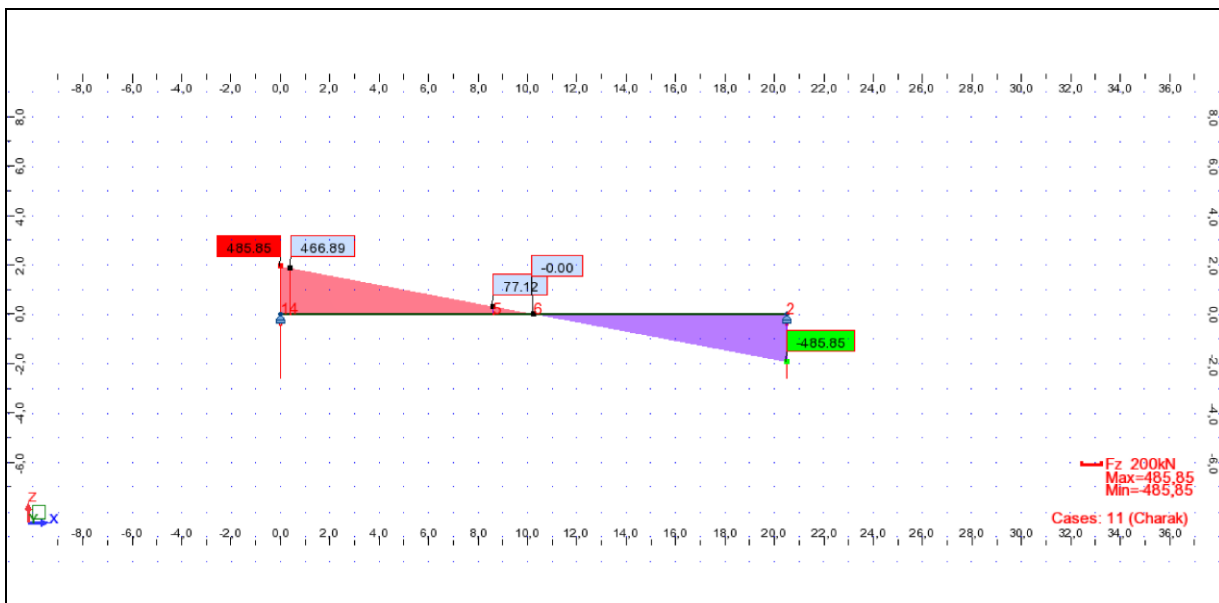
Vaizdas - MY; Derinys: 2022 (Sav. svoris+Sniegas visas+Vėjas iš dešinės pagr.+Naud. šal.1)



Vaizdas - Reakcijų jėgos(kN);Reakcijų momentai(kN*m); Derinys: 11 (Charak)

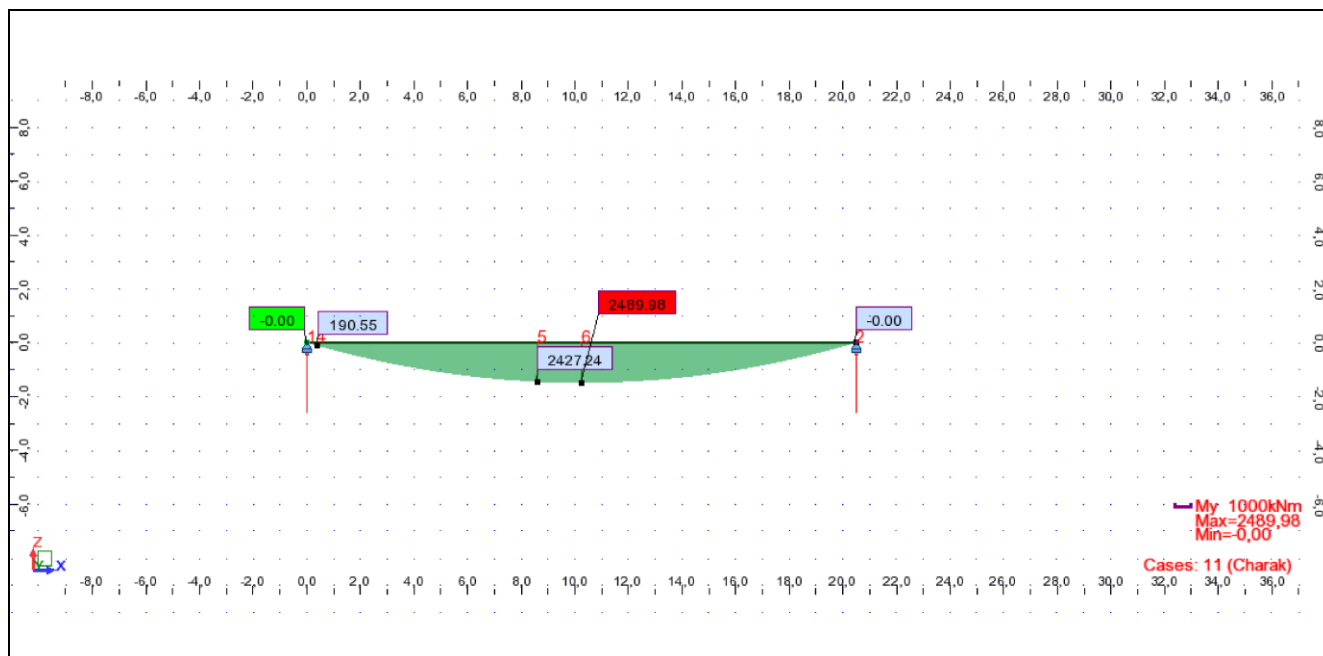


Vaizdas - FZ;Reakcijų jėgos(kN);Reakcijų momentai(kN*m); Derinys: 11 (Charak)

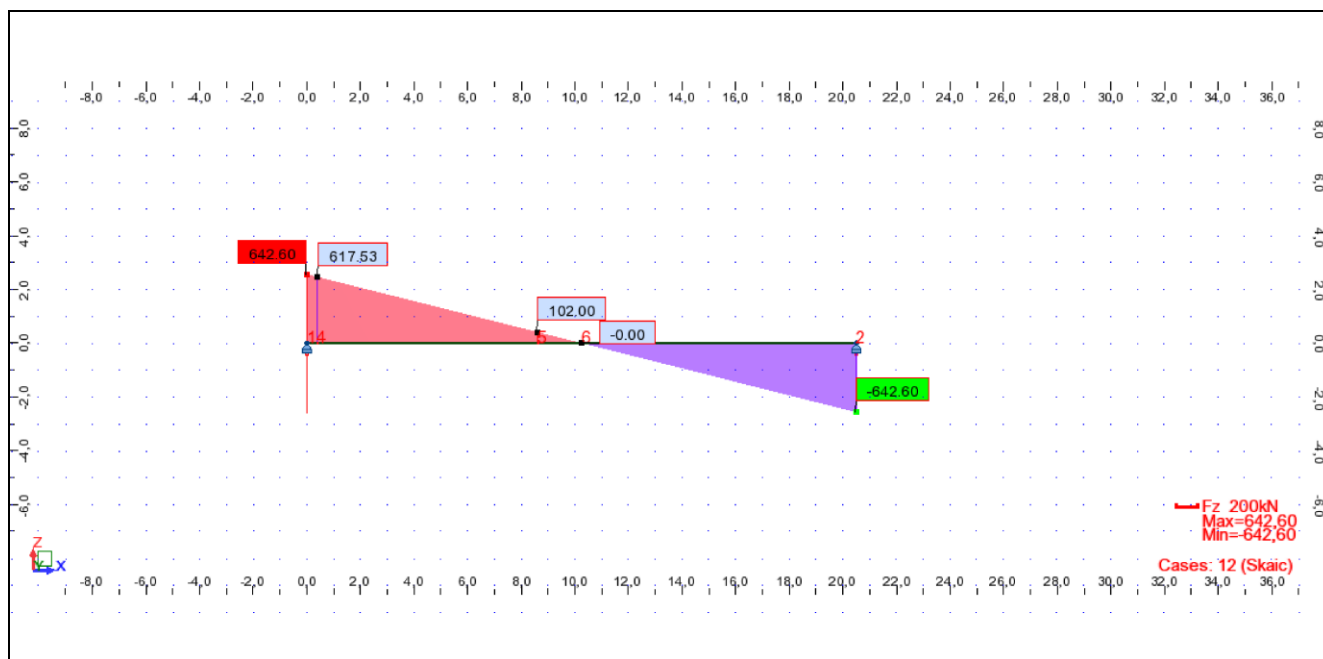


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6
Skačiuojama konstrukcija: 1 dalies dvišlaitė sija SI1

Vaizdas - MY; Reakcijų jėgos(kN); Reakcijų momentai(kN*m); Derinys: 11 (Charak)



Vaizdas - Fz; Reakcijų jėgos(kN); Reakcijų momentai(kN*m); Derinys: 12 (Skaic)

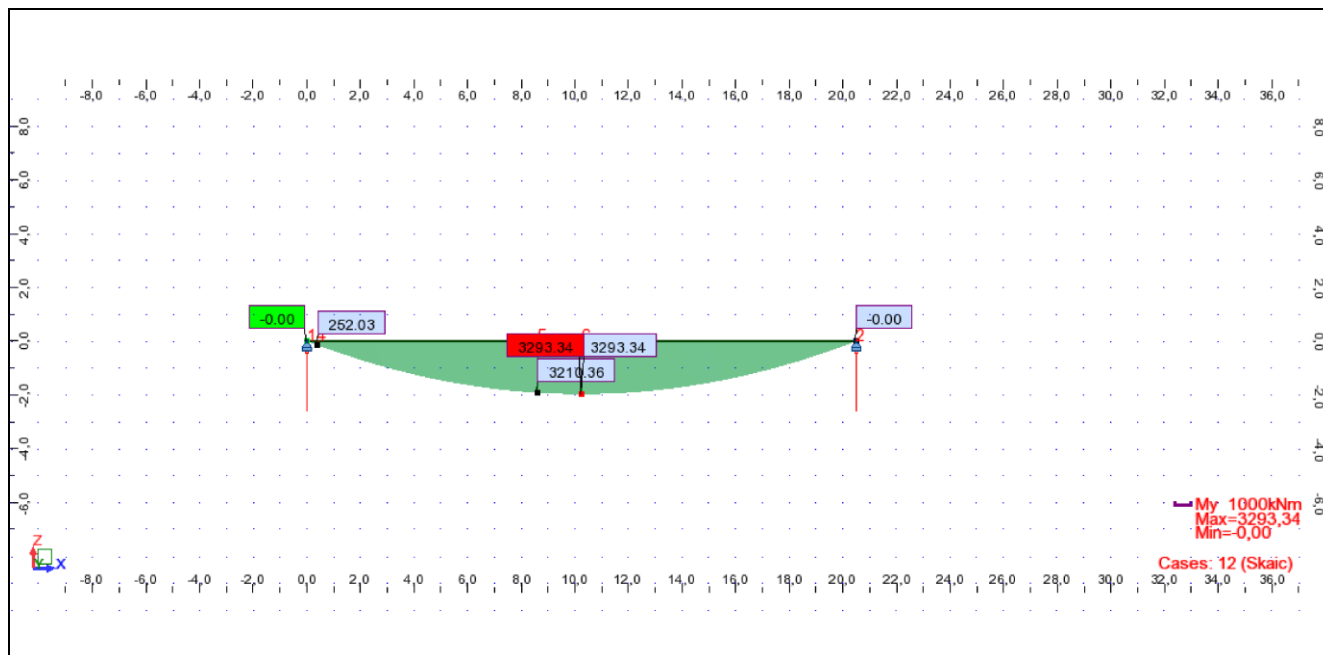


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius

Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6

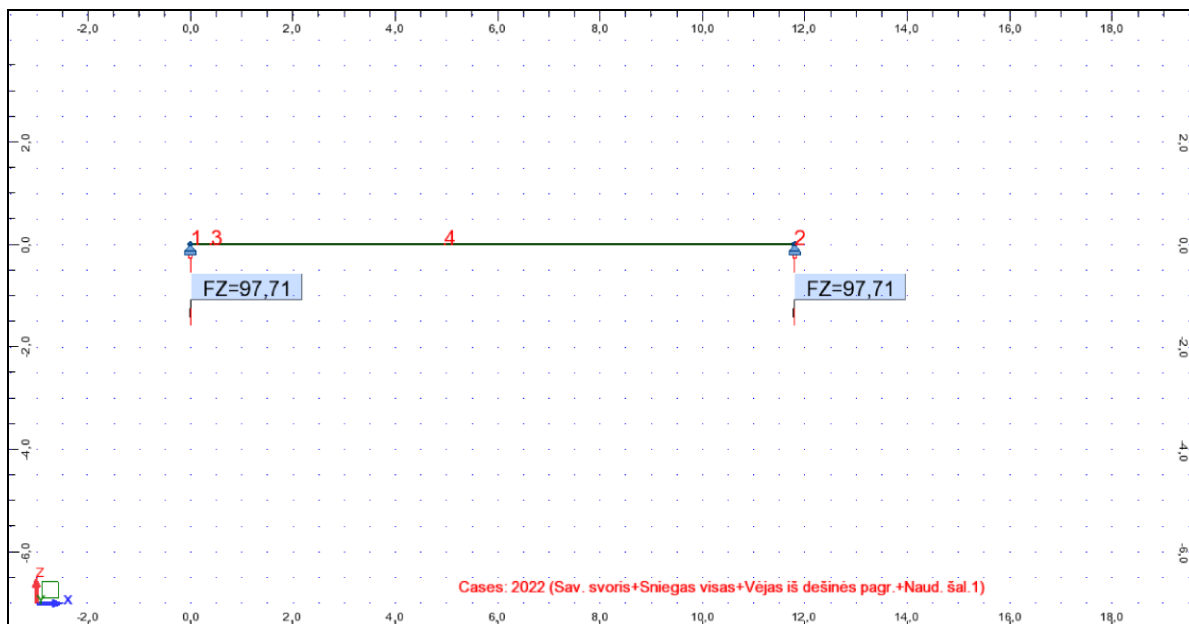
Skačiuojama konstrukcija: 1 dalies dvišlaitė sija SI1

Vaizdas - MY; Reakcijų jėgos (kN); Reakcijų momentai (kN*m); Derinys: 12 (Skaic)

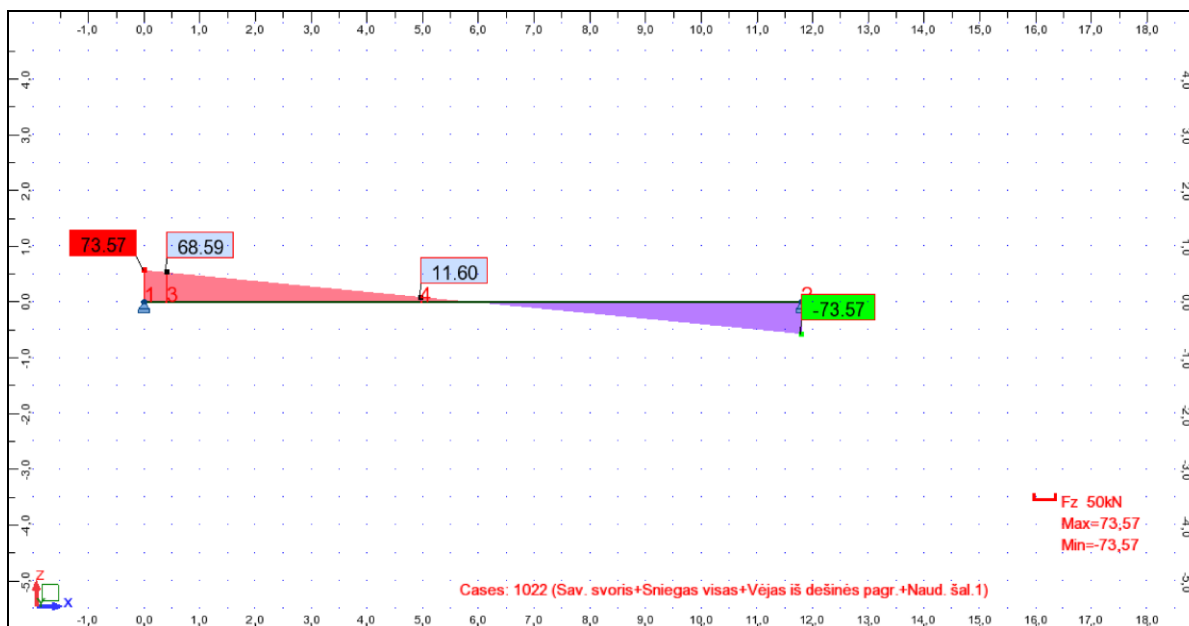


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6
Skačiuojama konstrukcija: 2 dalies dvišlaitė sija SI2

Vaizdas - Reakcijų jėgos(kN);Reakcijų momentai(kN*m); Derinys: 2022 (Sav. svoris+Sniegas visas+Vėjas iš dešinės pagr.+Naud. šal.1)

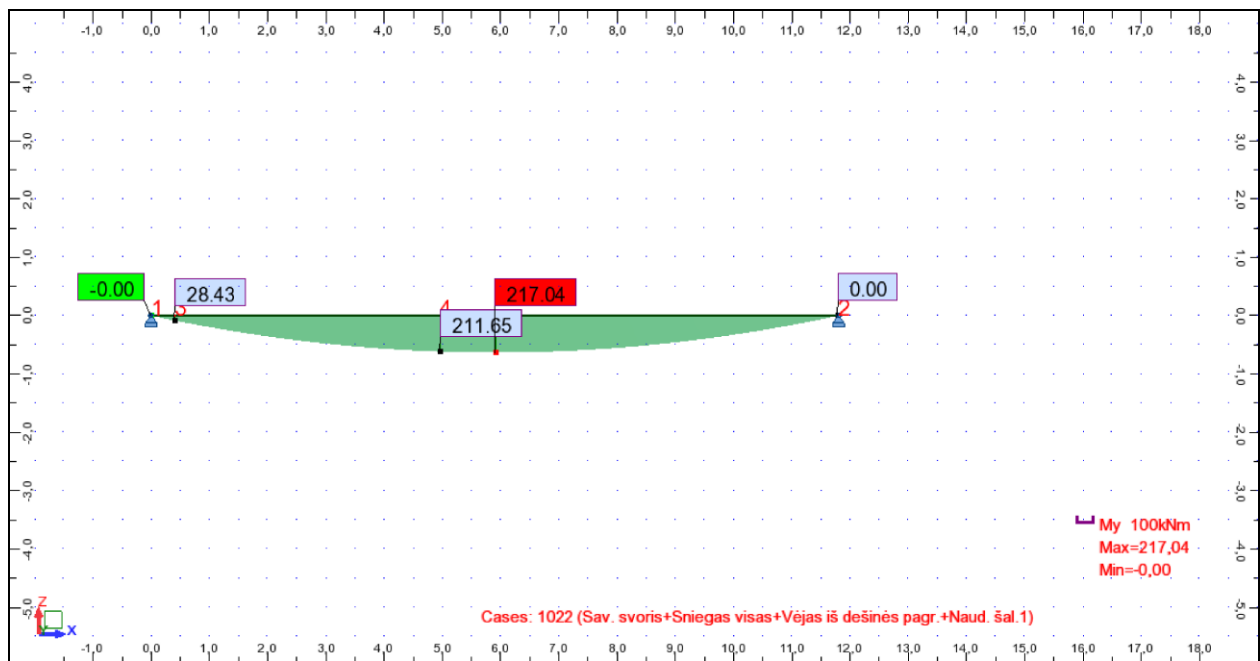


Vaizdas - Fz; Derinys: 1022 (Sav. svoris+Sniegas visas+Vėjas iš dešinės pagr.+Naud. šal.1)

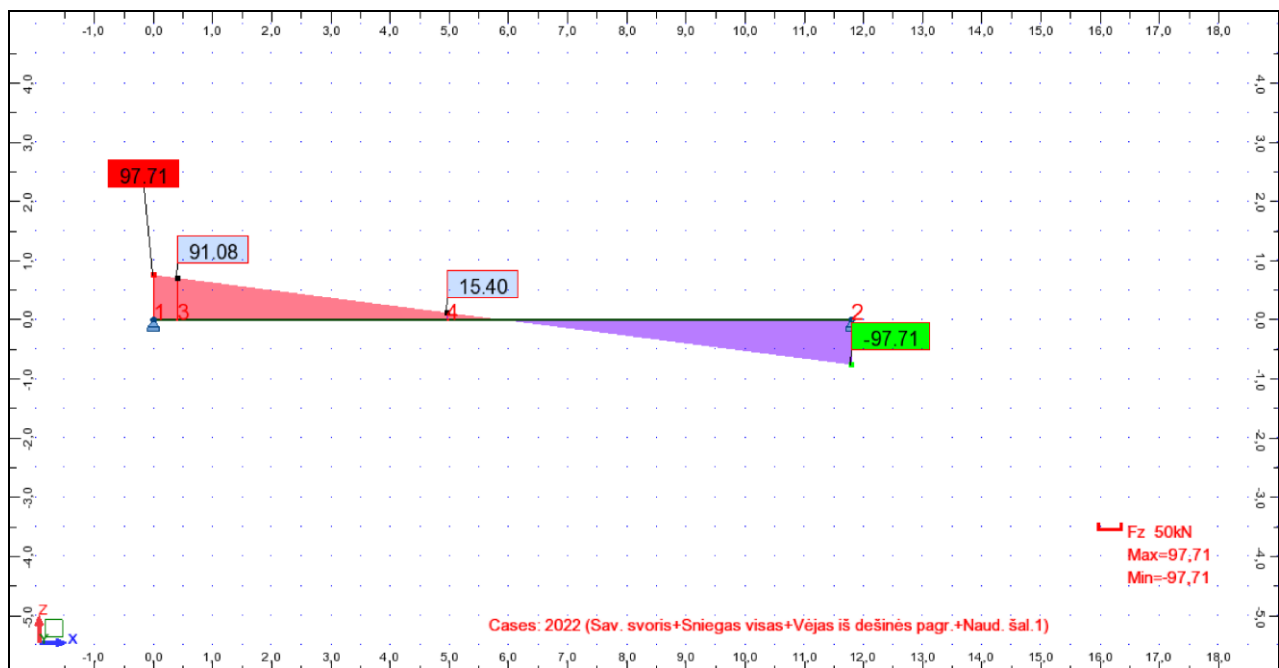


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6
Skačiuojama konstrukcija: 2 dalies dvišlaitė sija SI2

Vaizdas - MY; Derinys: 1022 (Sav. svoris+Sniegas visas+Vėjas iš dešinės pagr.+Naud. šal.1)

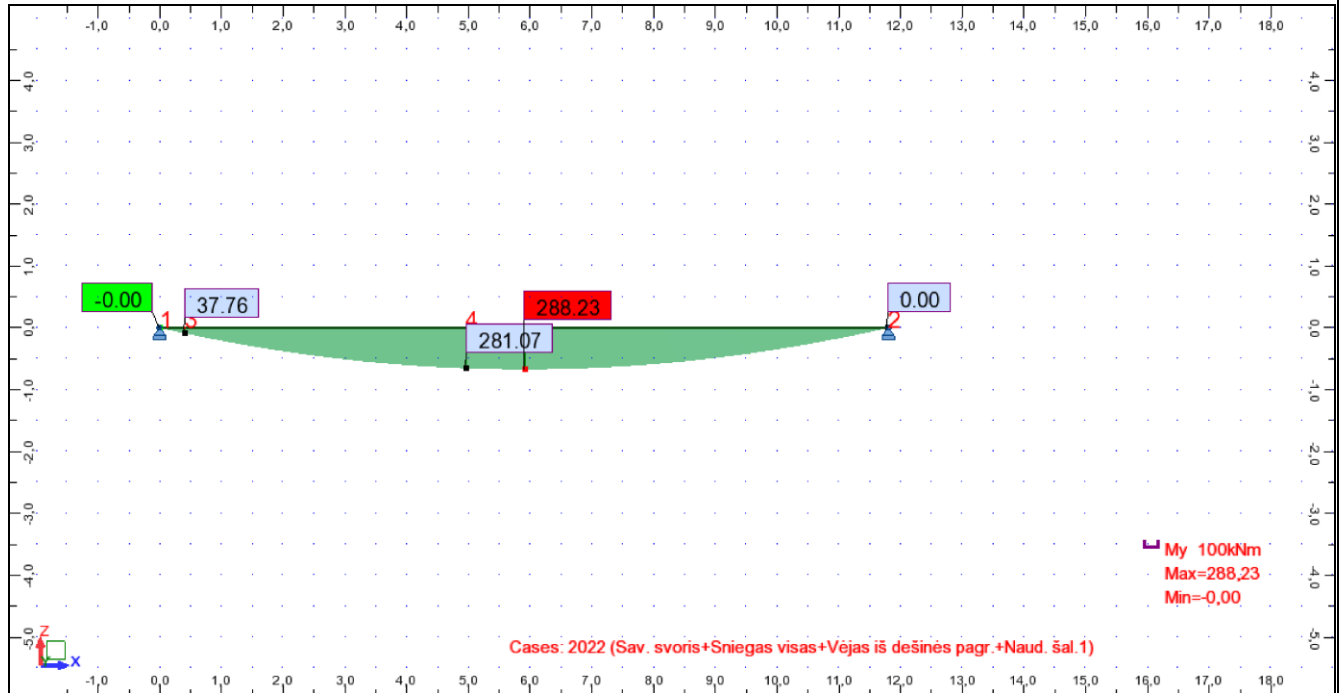


Vaizdas - Fz; Derinys: 2022 (Sav. svoris+Sniegas visas+Vėjas iš dešinės pagr.+Naud. šal.1)



Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6
Skačiuojama konstrukcija: 2 dalies dvišlaitė sija SI2

Vaizdas - MY; Derinys: 2022 (Sav. svoris+Sniegas visas+Vėjas iš dešinės pagr.+Naud. šal.1)

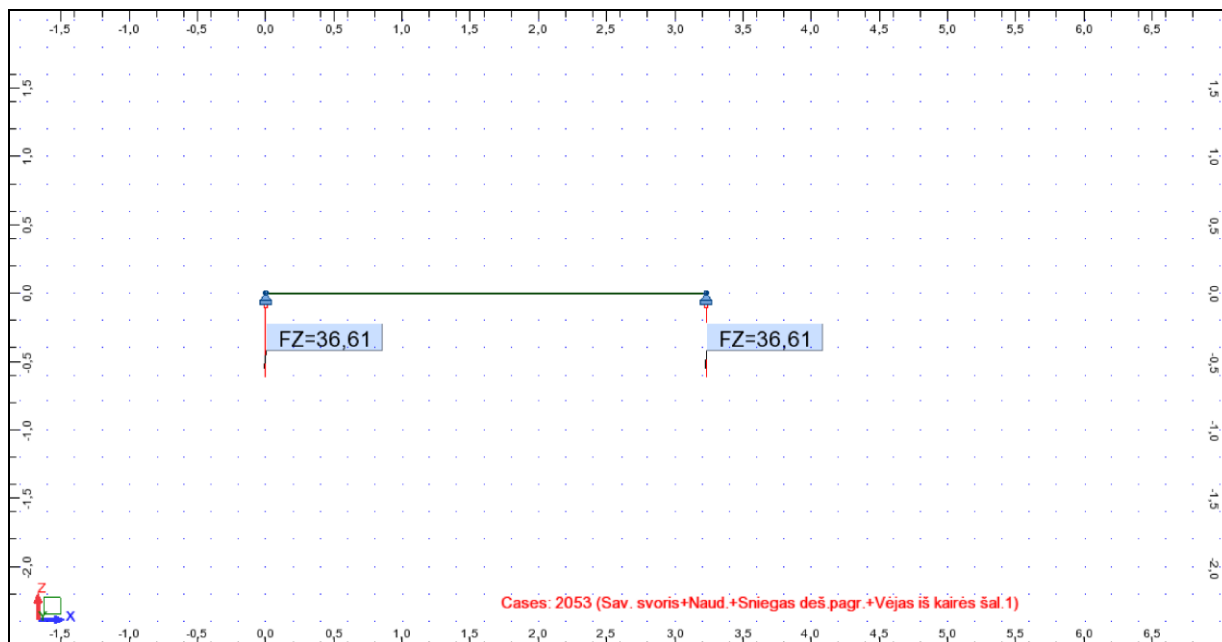


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius

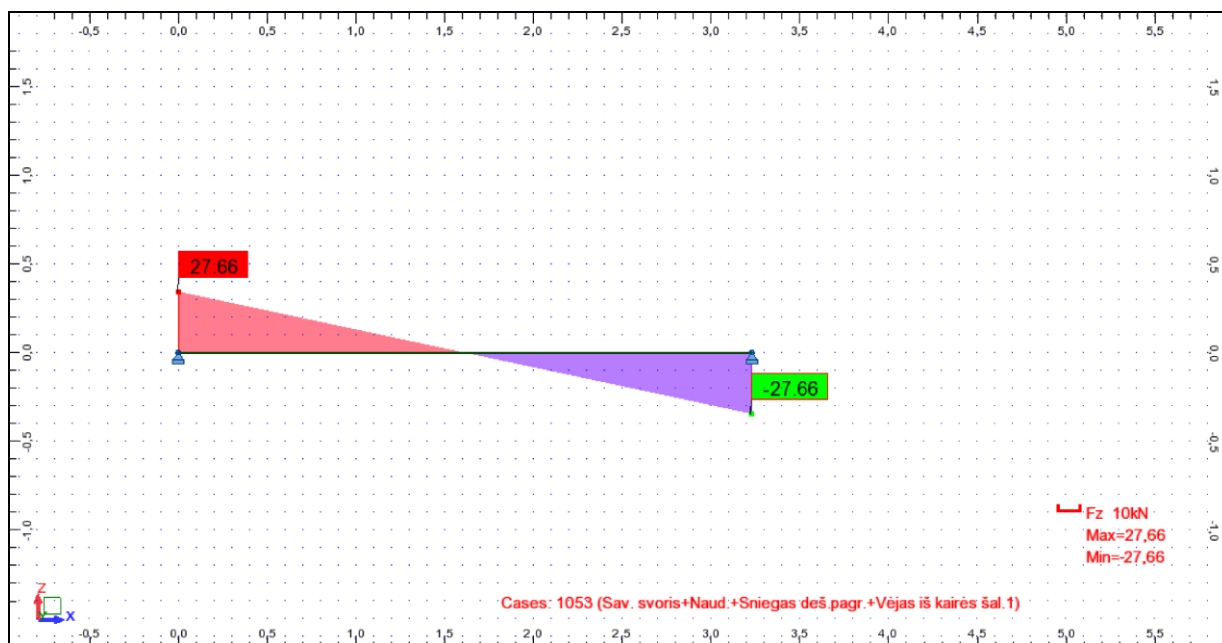
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6

Skaičiuojama konstrukcija: 2 dalies perdangos plokštė SPL5

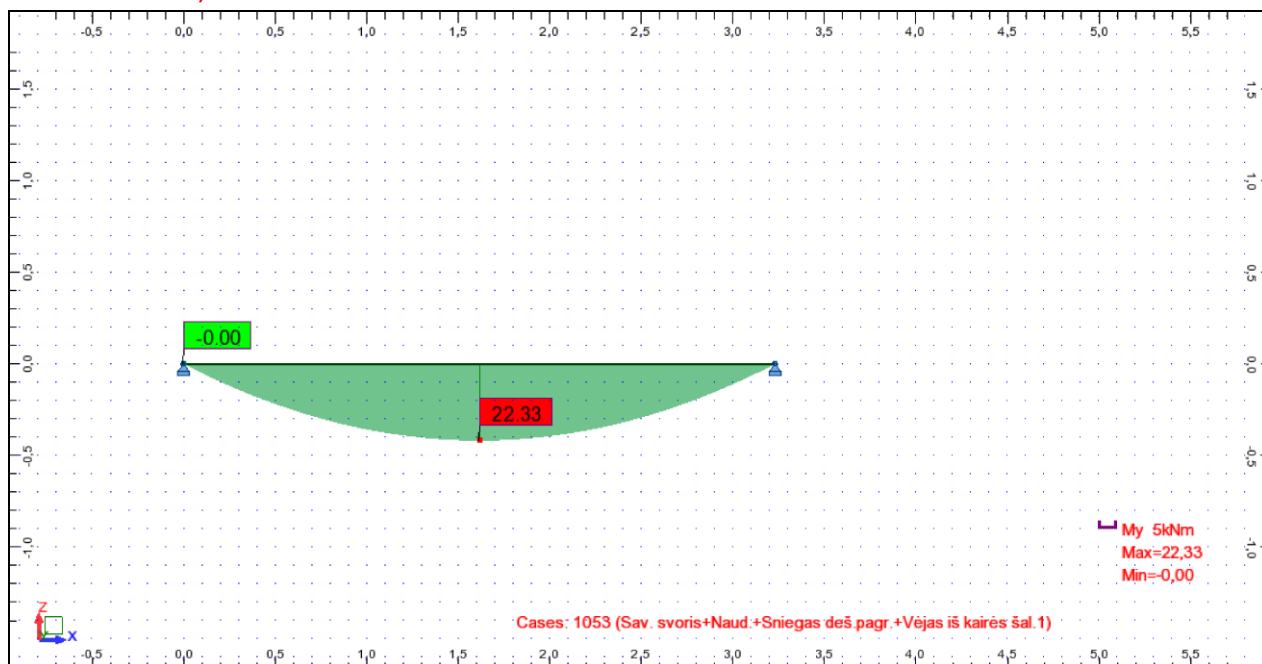
Vaizdas - Reakcijų jėgos(kN);Reakcijų momentai(kN*m); Derinys: 2053 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas deš.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



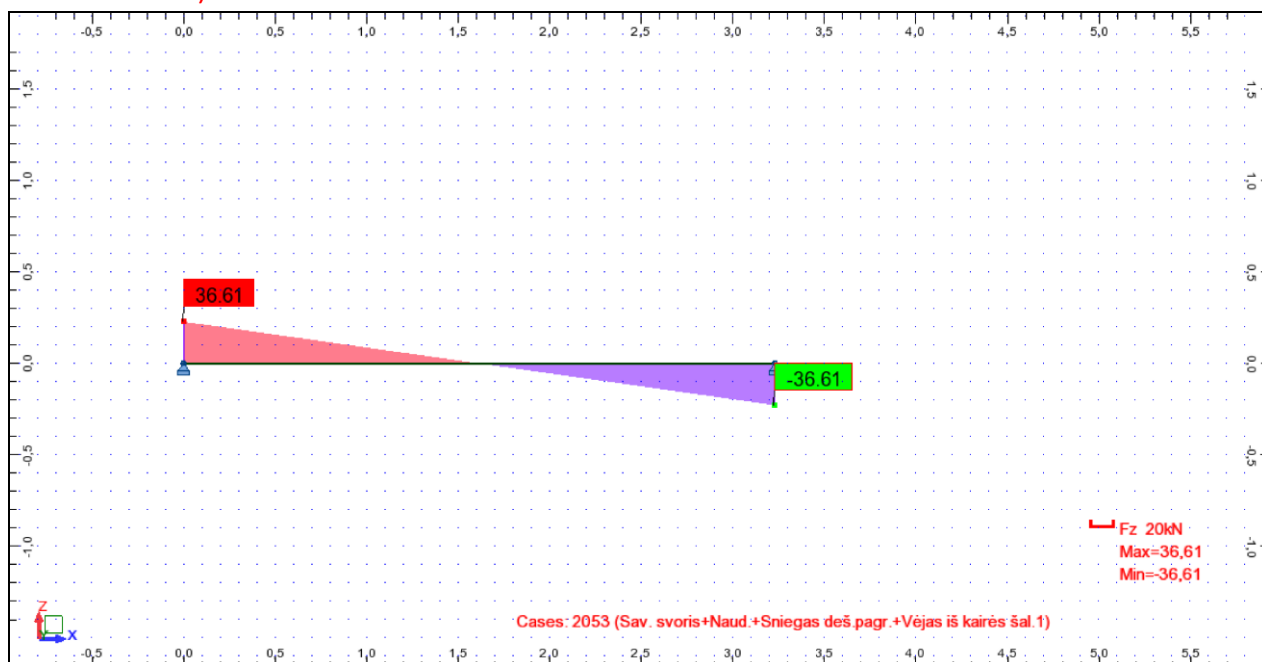
Vaizdas - Fz; Derinys: 1053 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas deš.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



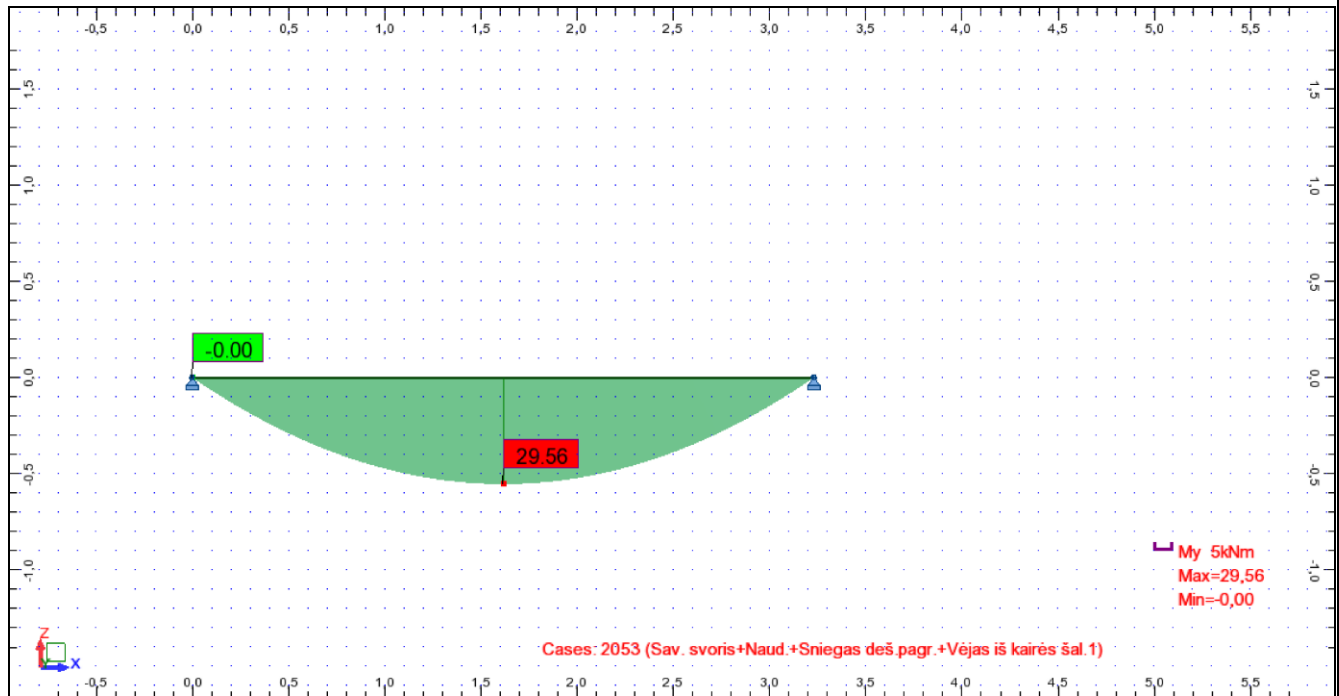
Vaizdas - MY; Derinys: 1053 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas deš.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



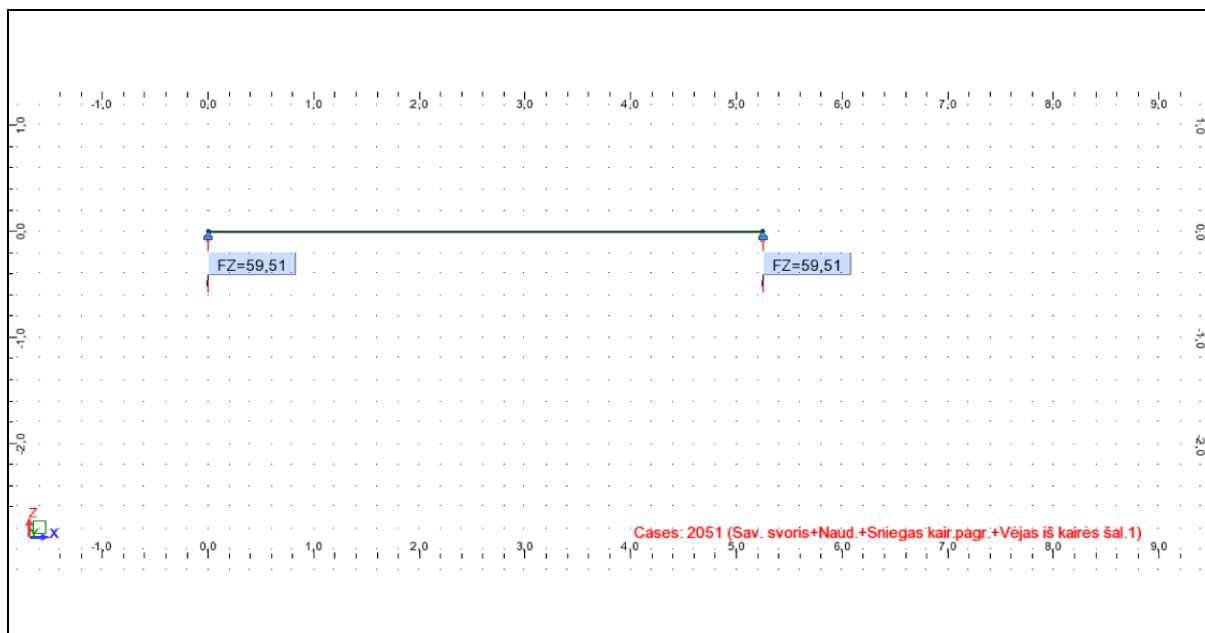
Vaizdas - FZ; Derinys: 2053 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas deš.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



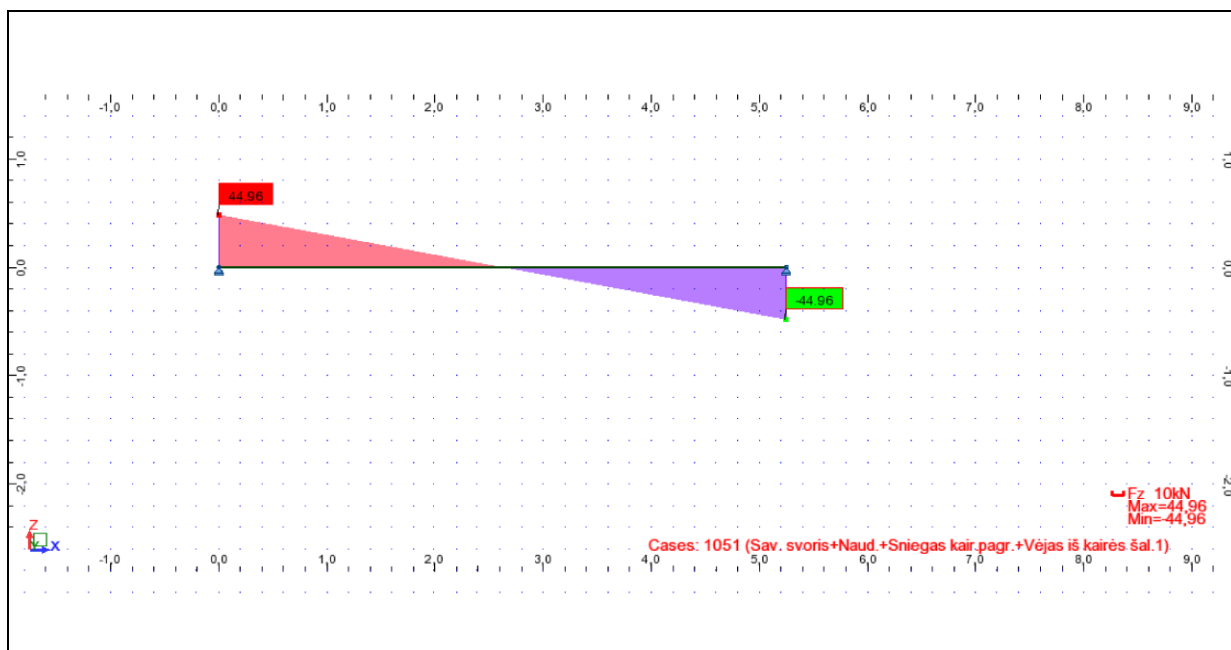
Vaizdas - MY; Derinys: 2053 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas deš.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



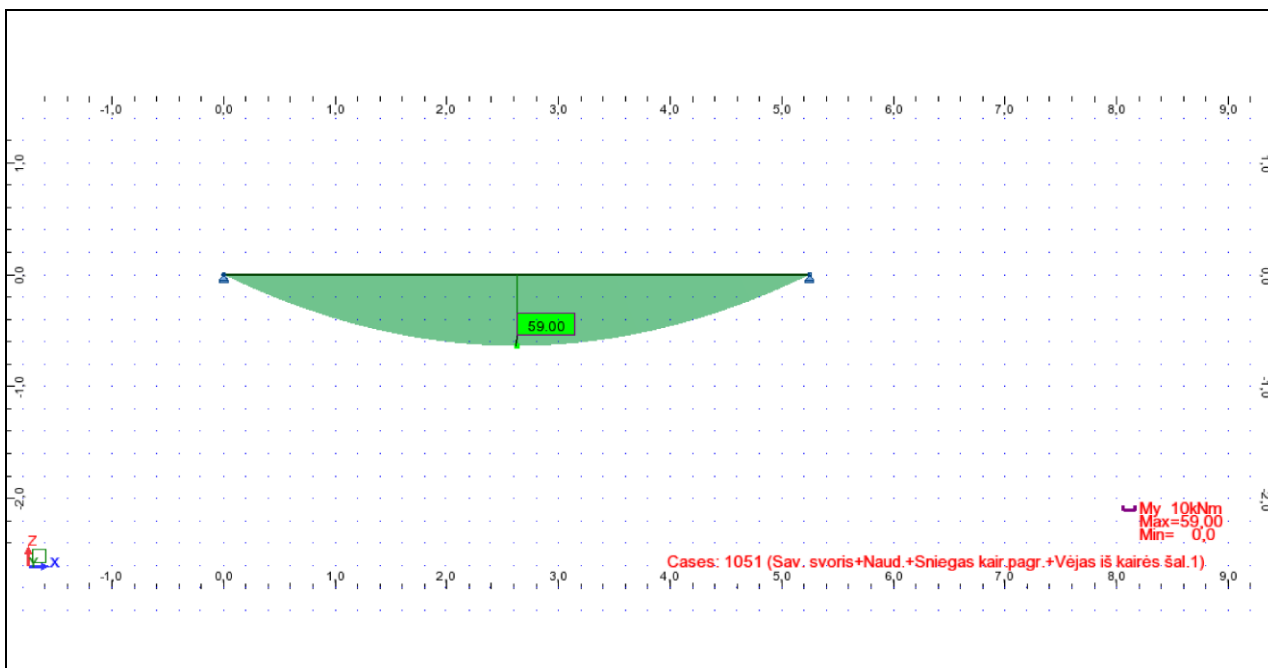
Vaizdas - Reakcijų jėgos(kN);Reakcijų momentai(kN*m); Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1) 1



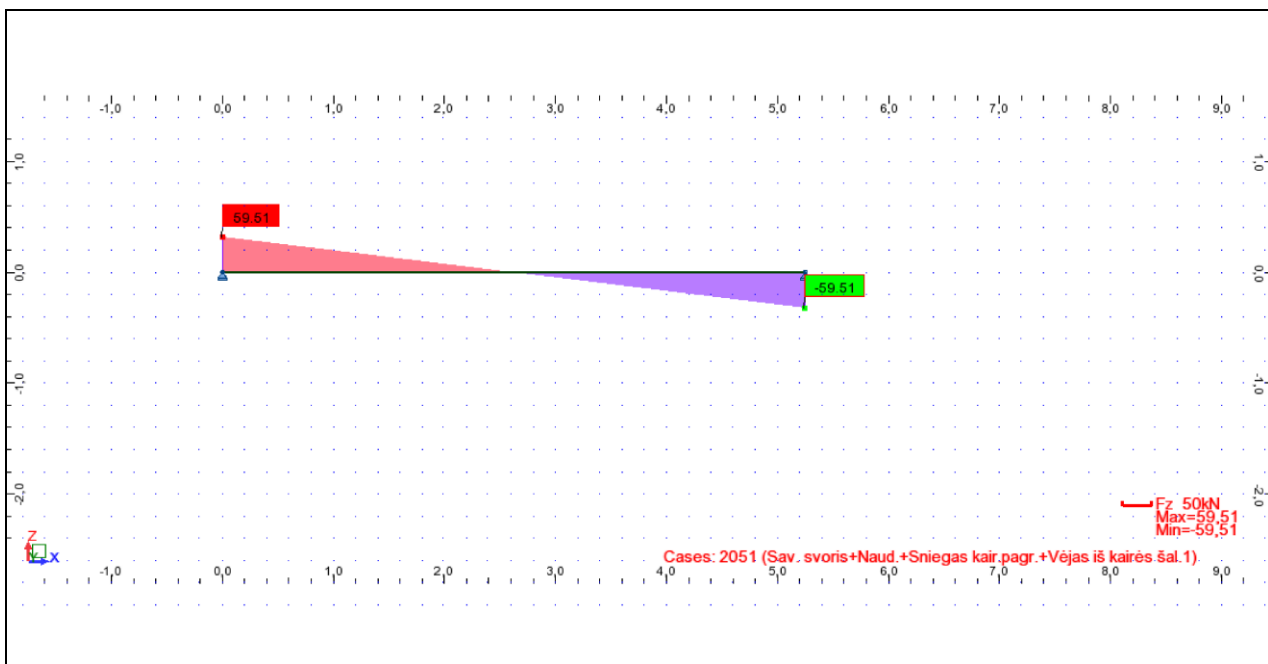
Vaizdas - Fz; Derinys: 1051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



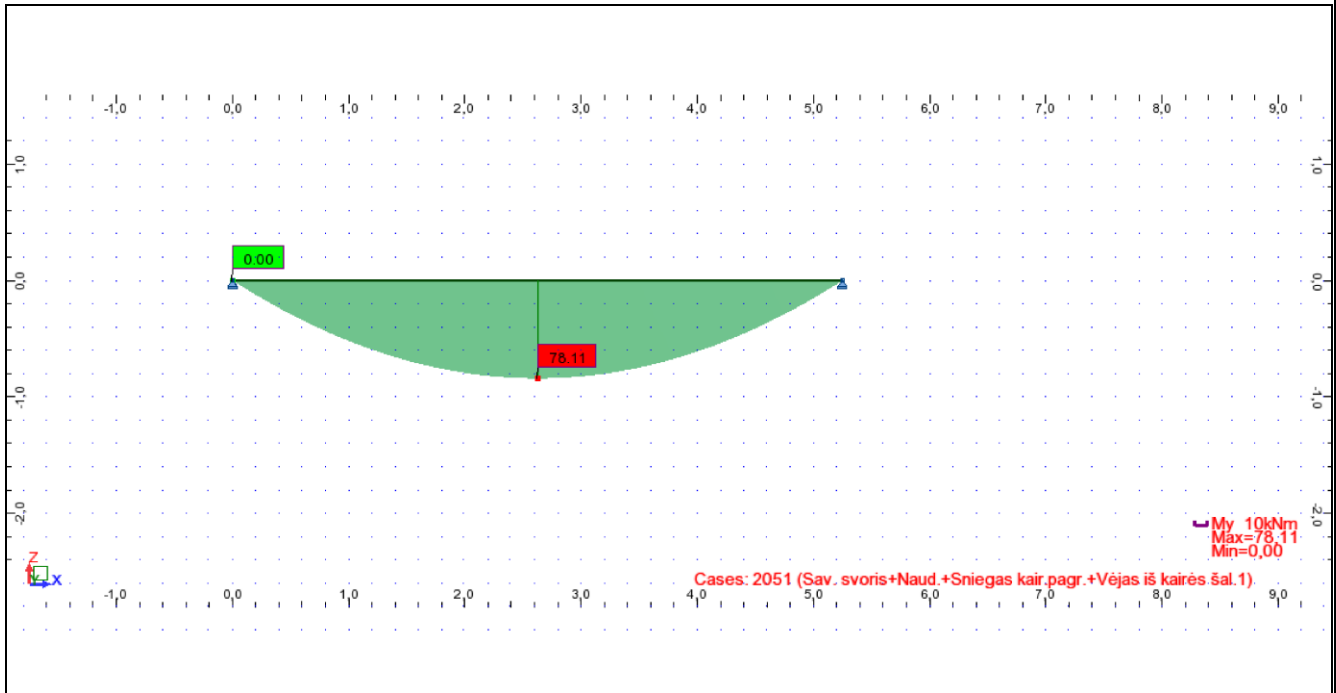
Vaizdas - MY; Derinys: 1051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



Vaizdas - FZ; Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



Vaizdas - MY; Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



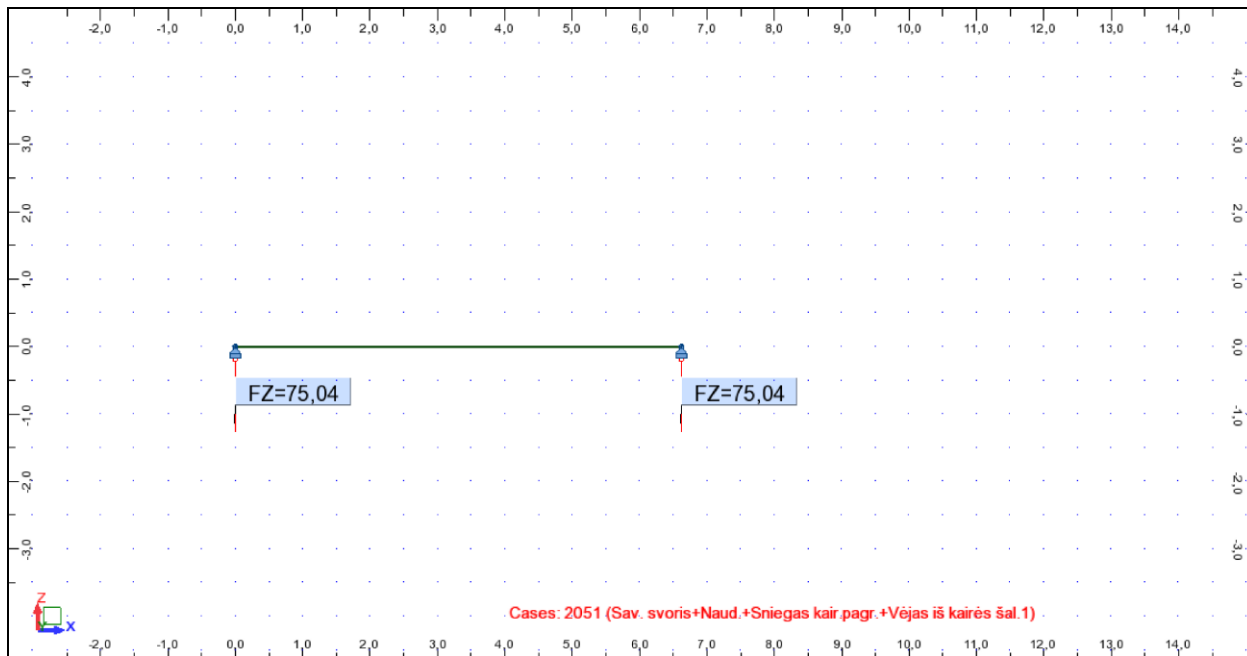
Sandėliavimo paskirties pastato su administracinėmis patalpomis statybinių konstrukcijų dalies projektas

Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius

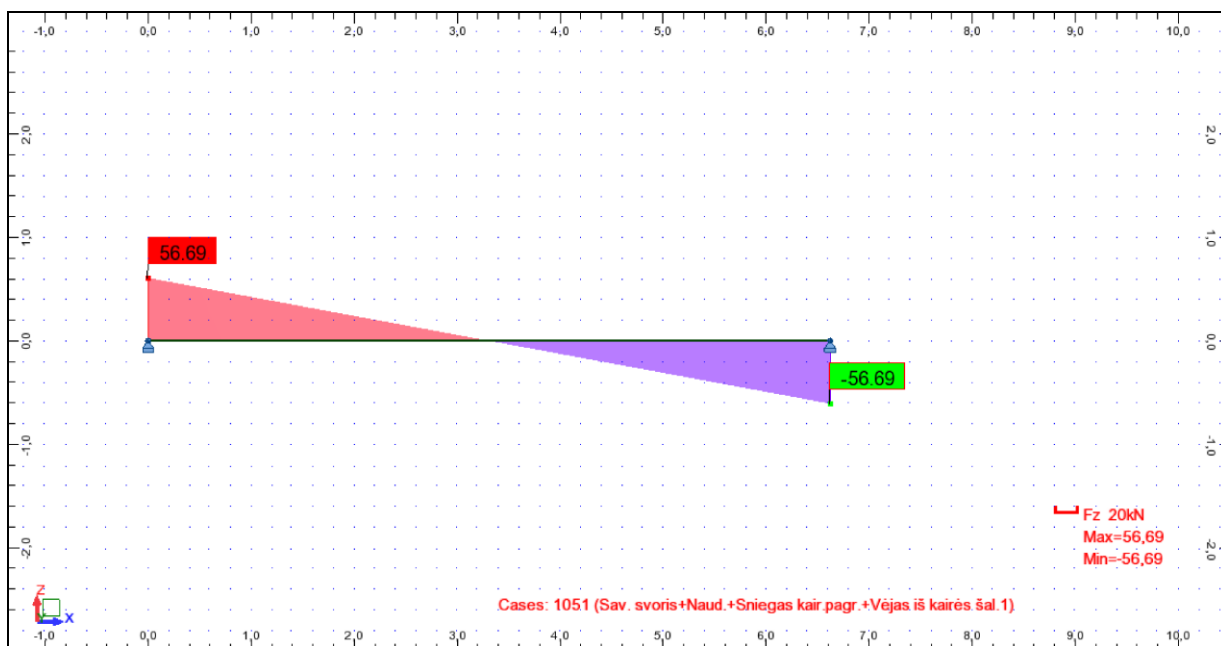
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6

Skaičiuojama konstrukcija: 2 dalies perdangos plokštė SPL3

Vaizdas - Reakcijų jėgos(kN);Reakcijų momentai(kN*m); Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



Vaizdas - Fz; Derinys: 1051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

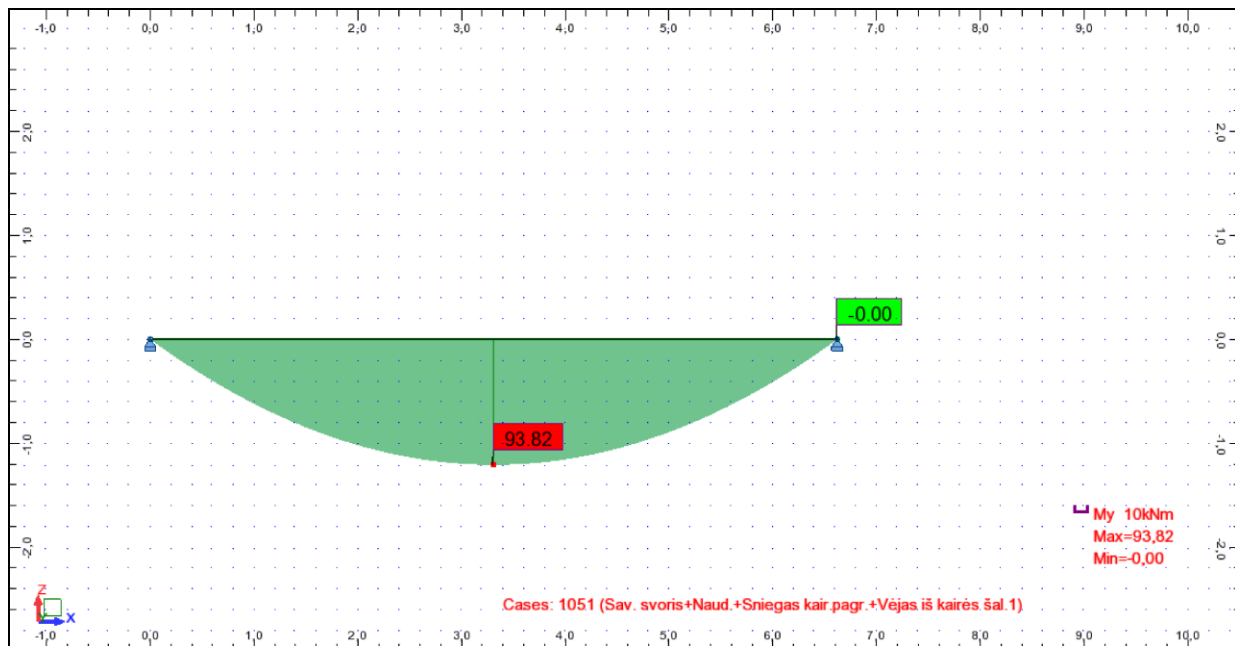


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius

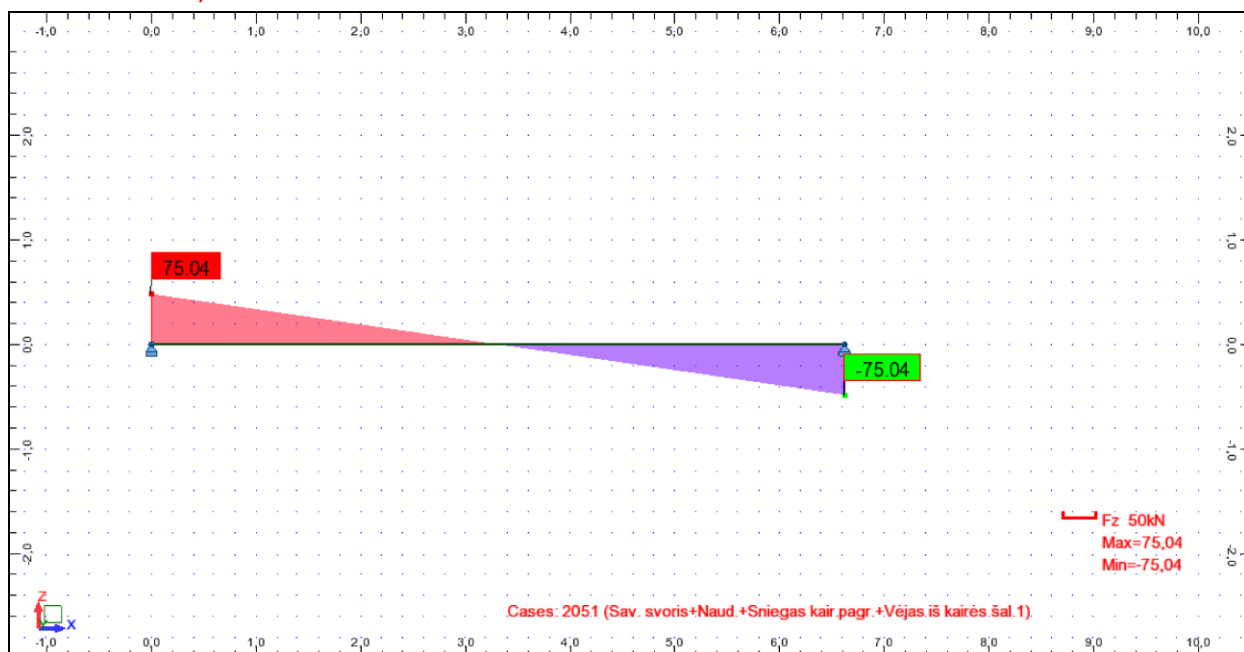
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6

Skaičiuojama konstrukcija: 2 dalies perdangos plokštė SPL3

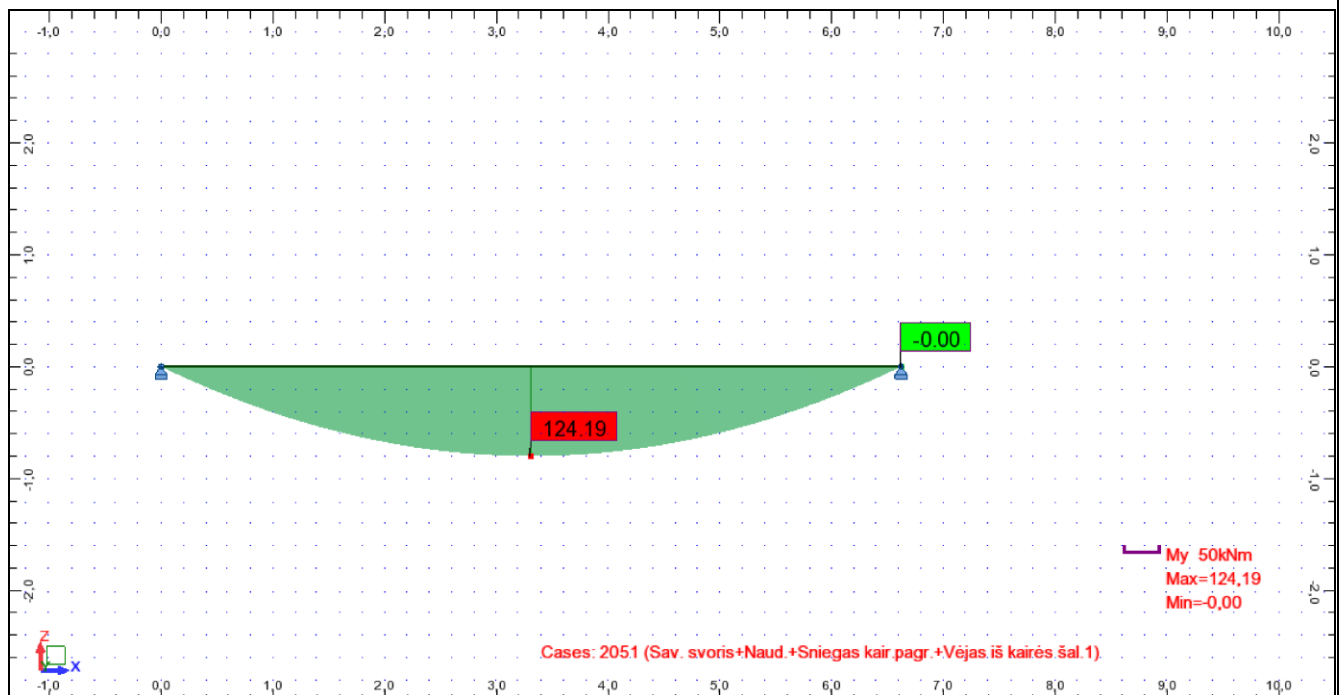
Vaizdas - MY; Derinys: 1051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



Vaizdas - FZ; Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



Vaizdas - MY; Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

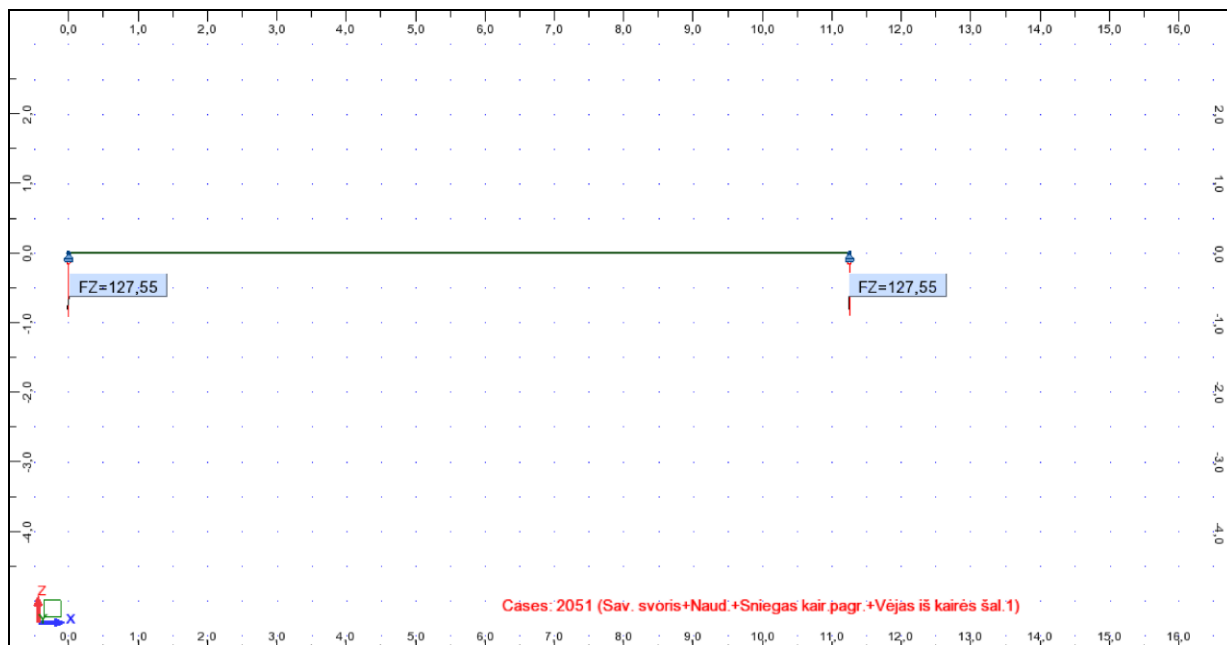


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius

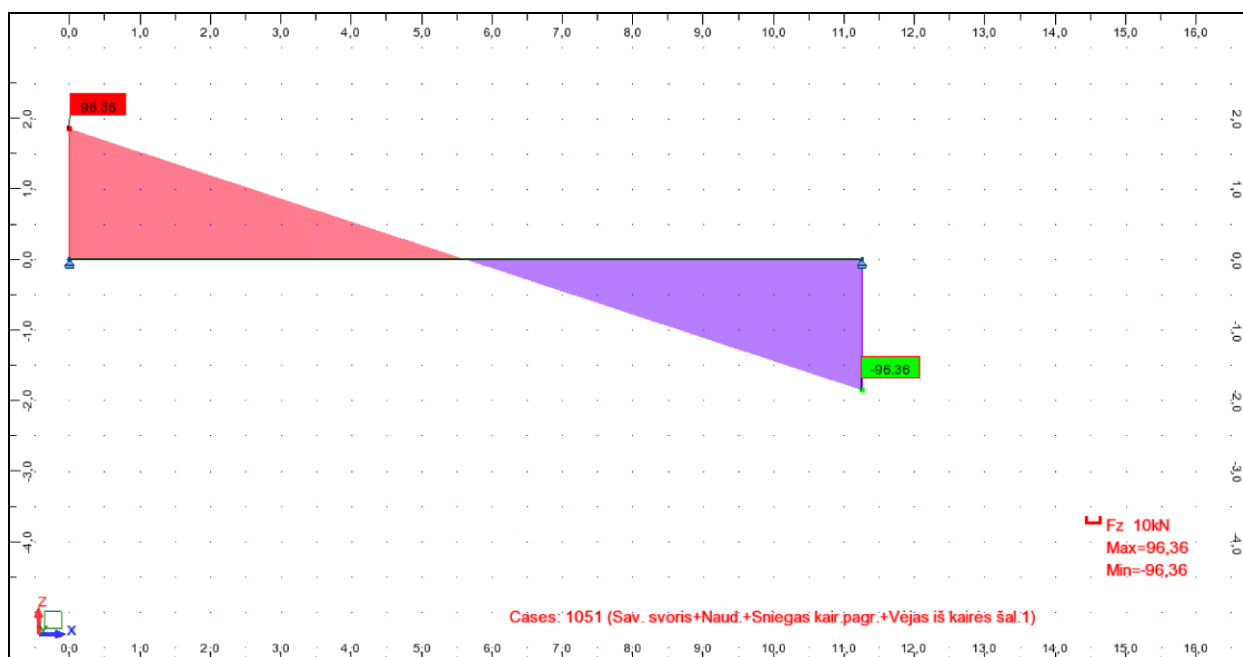
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6

Skaičiuojama konstrukcija: 2 dalies perdangos plokštė SPL2

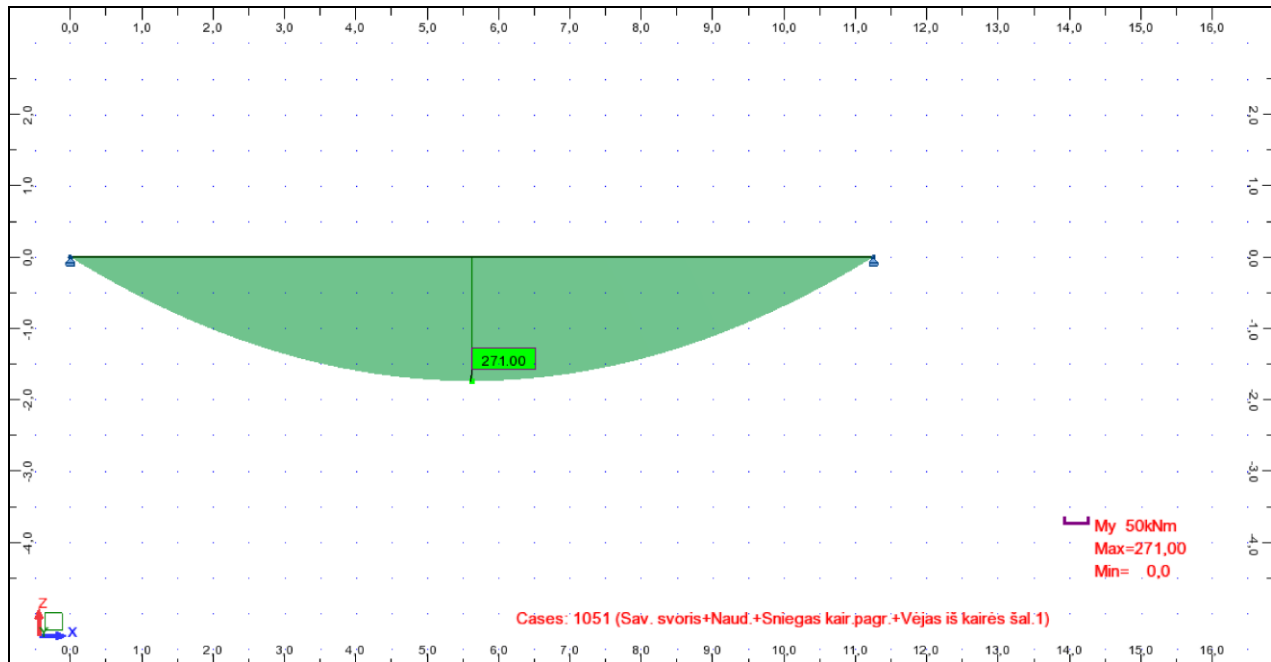
Vaizdas - Reakcijų jėgos(kN);Reakcijų momentai(kN*m); Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



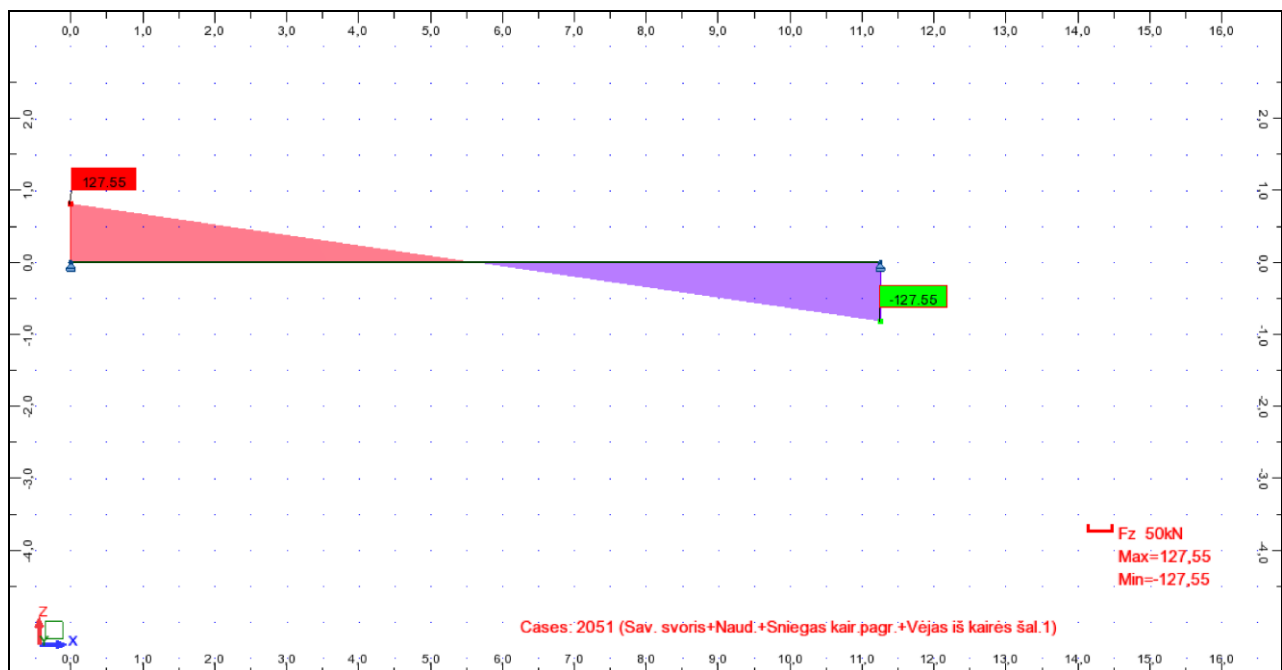
Vaizdas - Fz; Derinys: 1051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



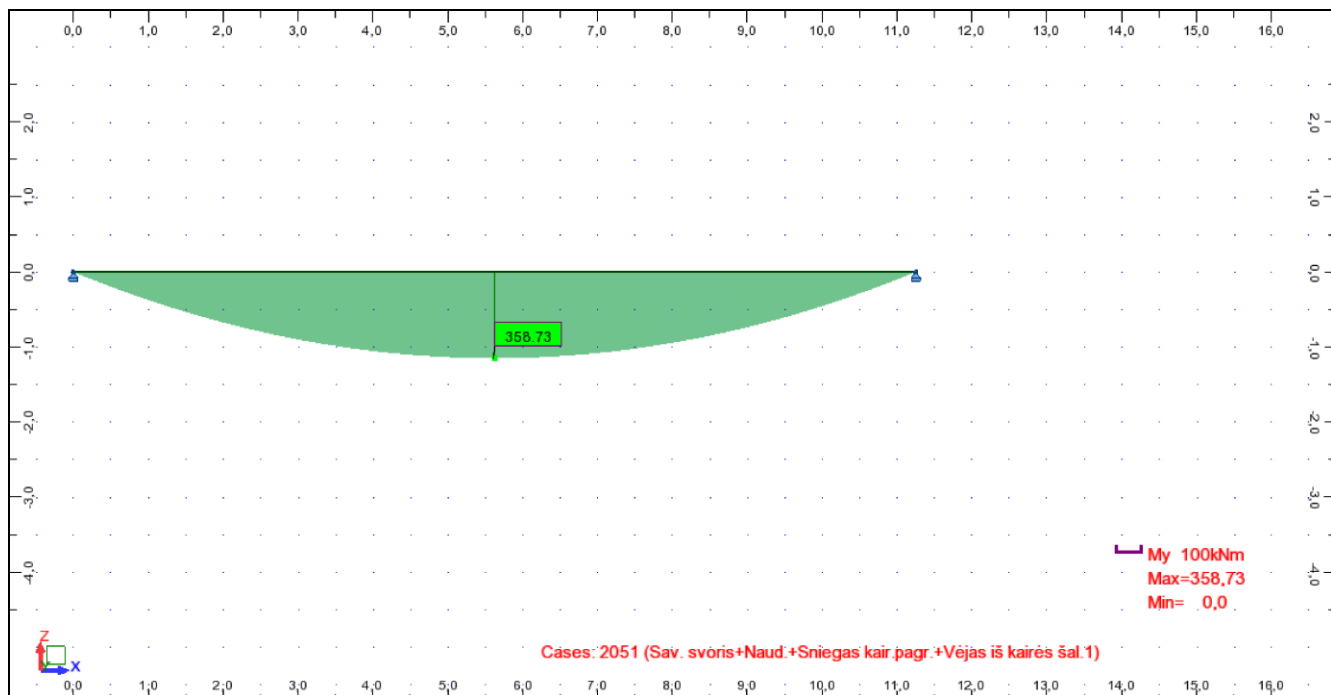
Vaizdas - MY; Derinys: 1051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



Vaizdas - FZ; Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



Vaizdas - MY; Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

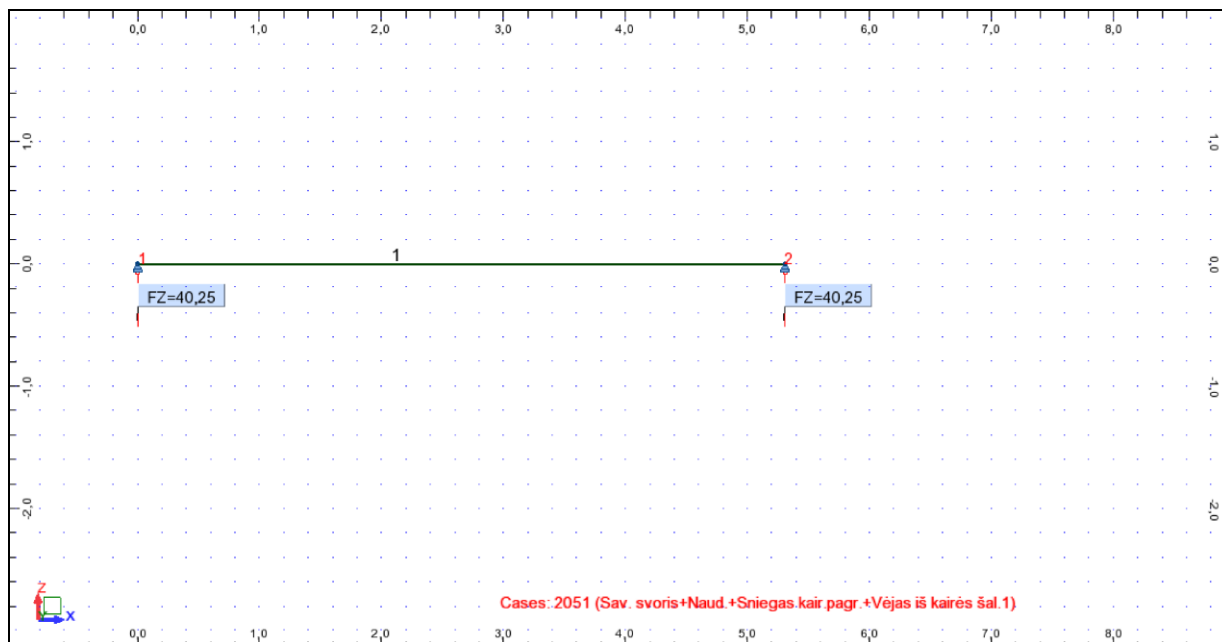


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius

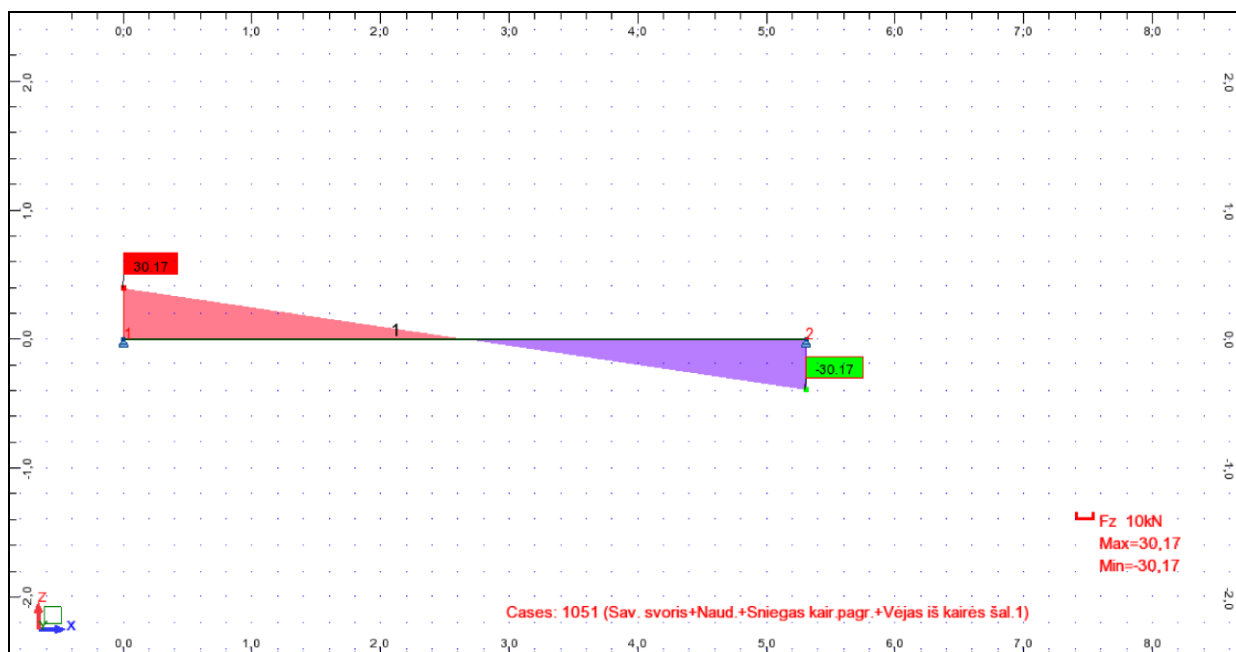
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6

Skaičiuojama konstrukcija: 2 dalies perdangos plokštė SPL6

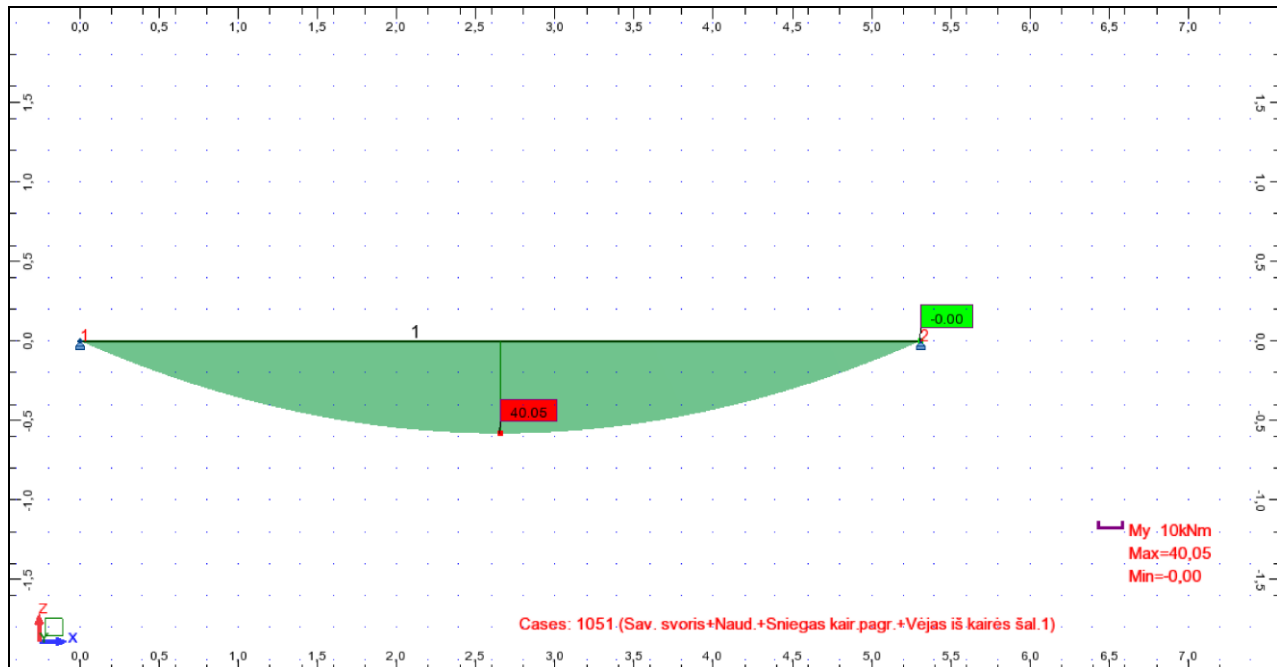
Vaizdas - Reakcijų jėgos(kN);Reakcijų momentai(kN*m); Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



Vaizdas - Fz; Derinys: 1051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



Vaizdas - MY; Derinys: 1051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

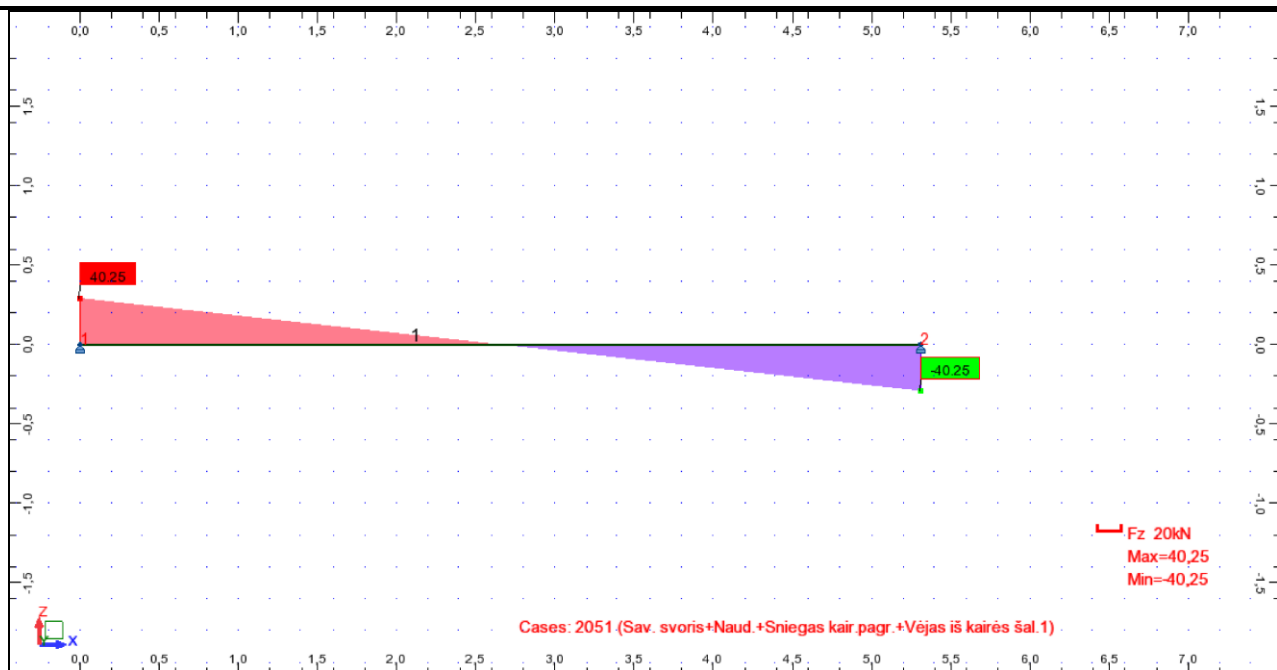


Vaizdas - FZ; Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

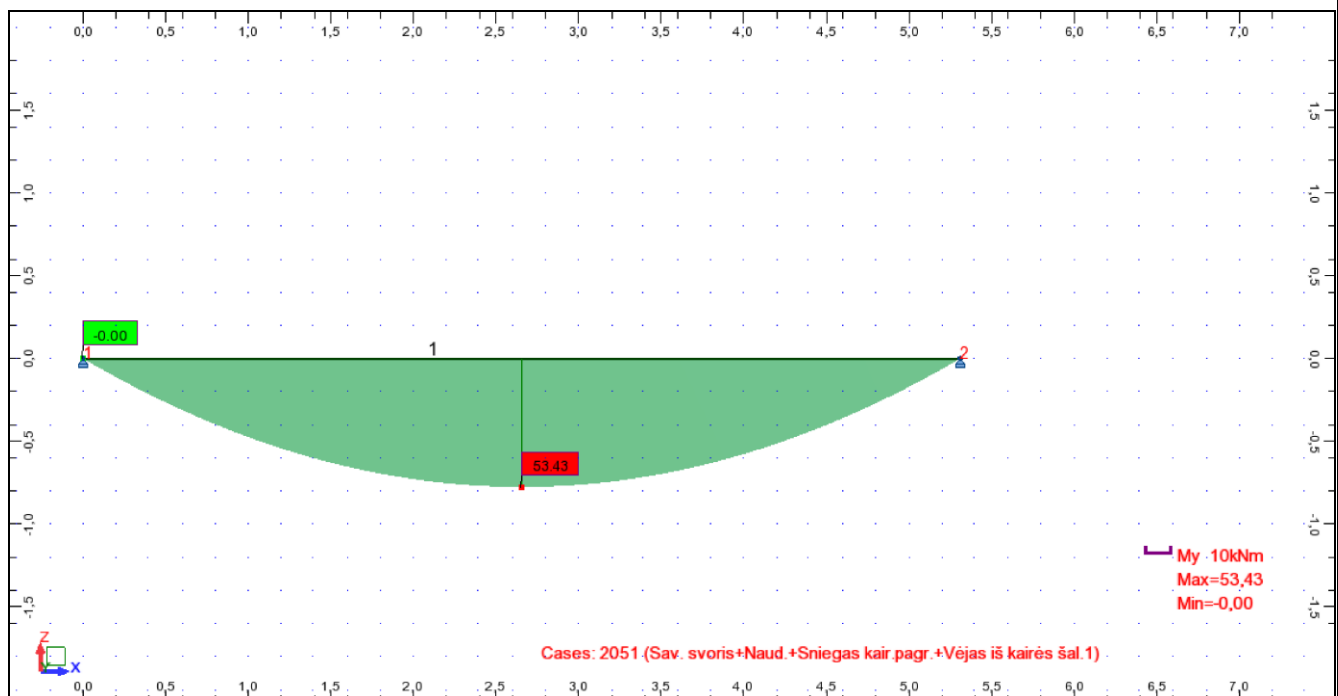
Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius

Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6

Skaičiuojama konstrukcija: 2 dalies perdangos plokštė SPL6



Vaizdas - MY; Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

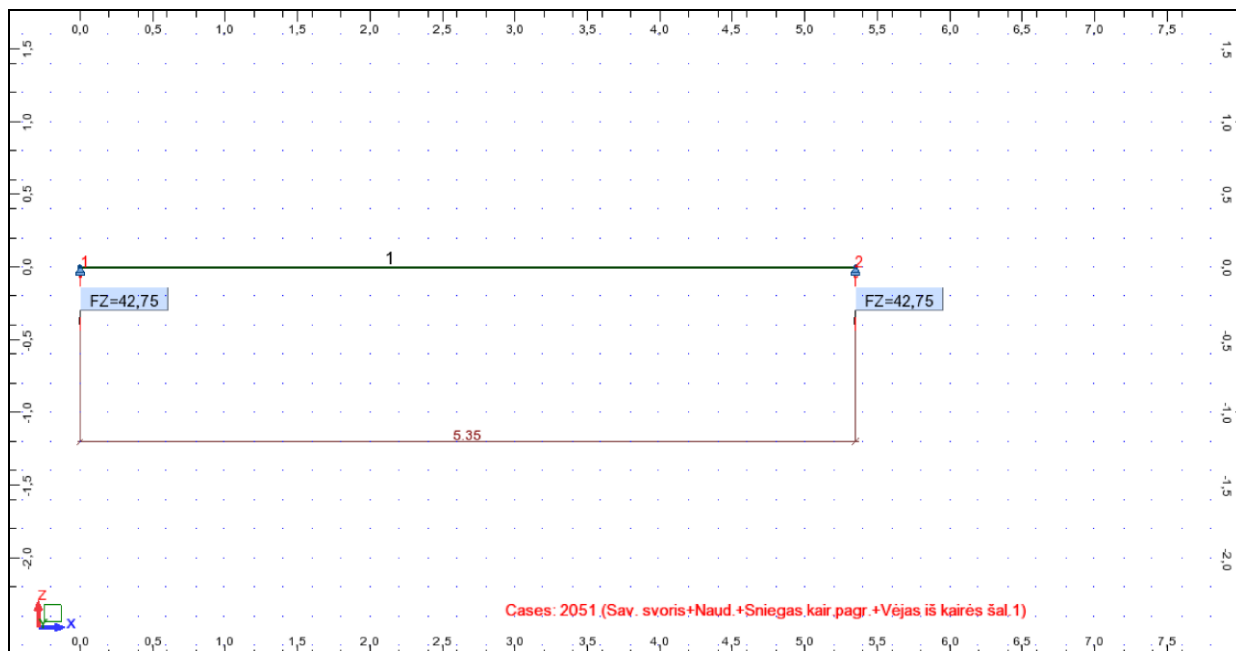


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius

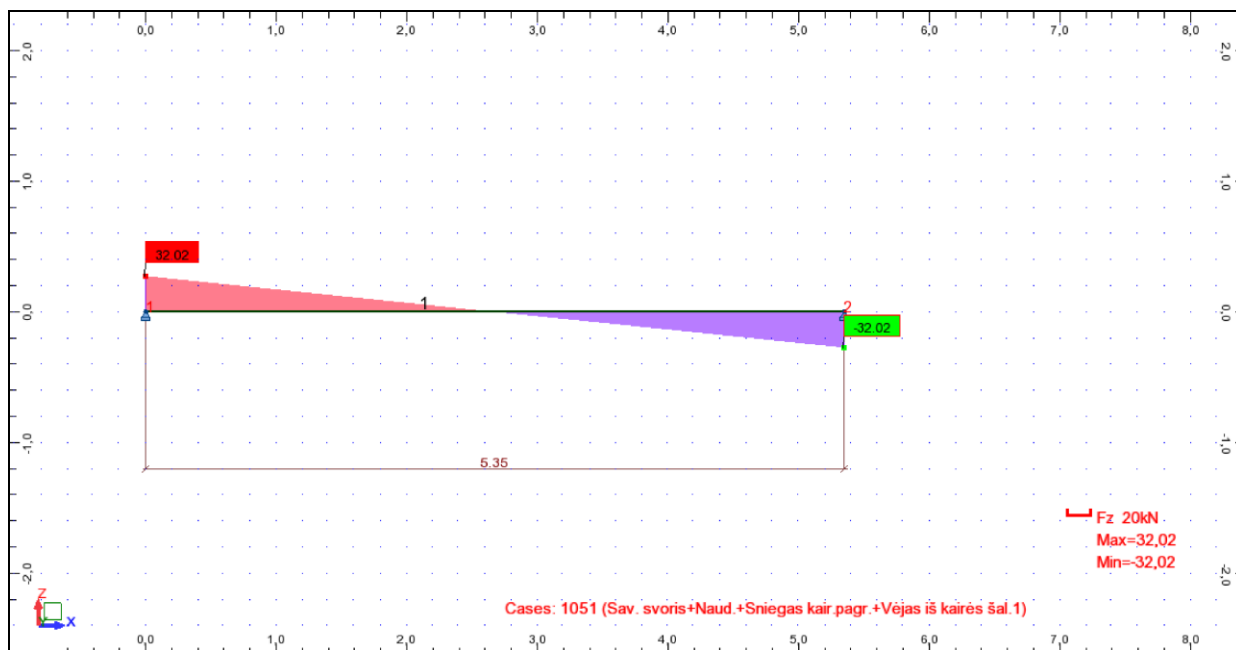
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6

Skaičiuojama konstrukcija: 3 dalies perdangos plokštė SPL7

Vaizdas - Reakcijų jėgos(kN);Reakcijų momentai(kN*m); Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



Vaizdas - Fz; Derinys: 1051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

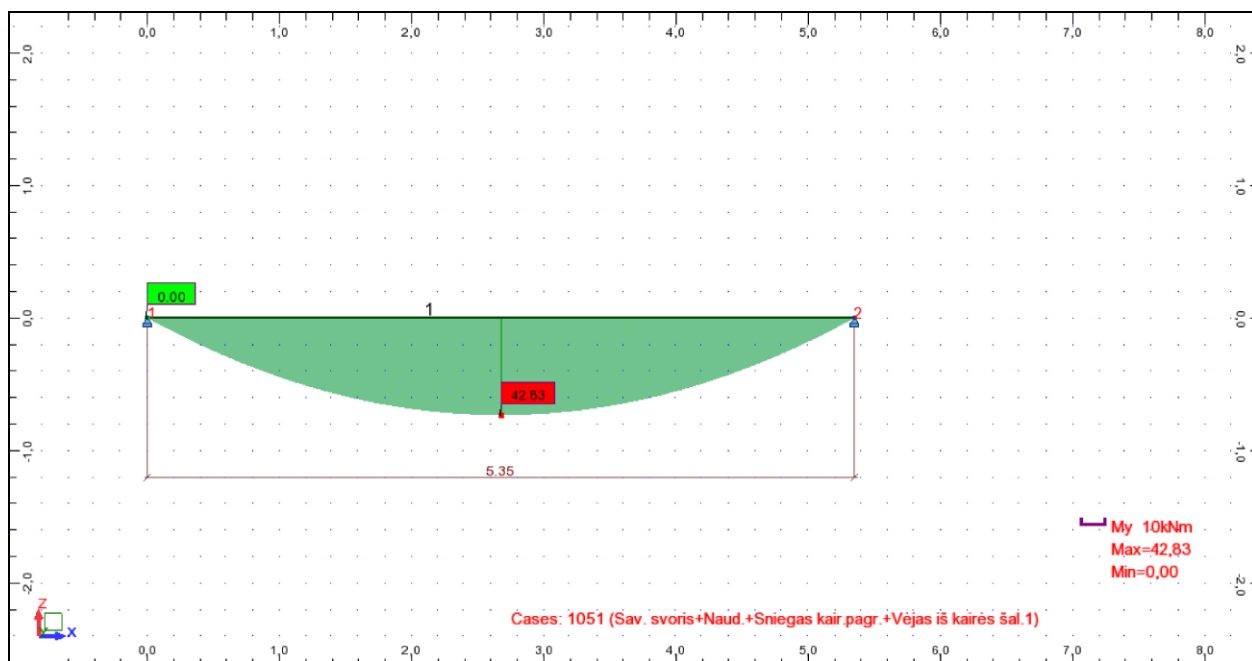


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius

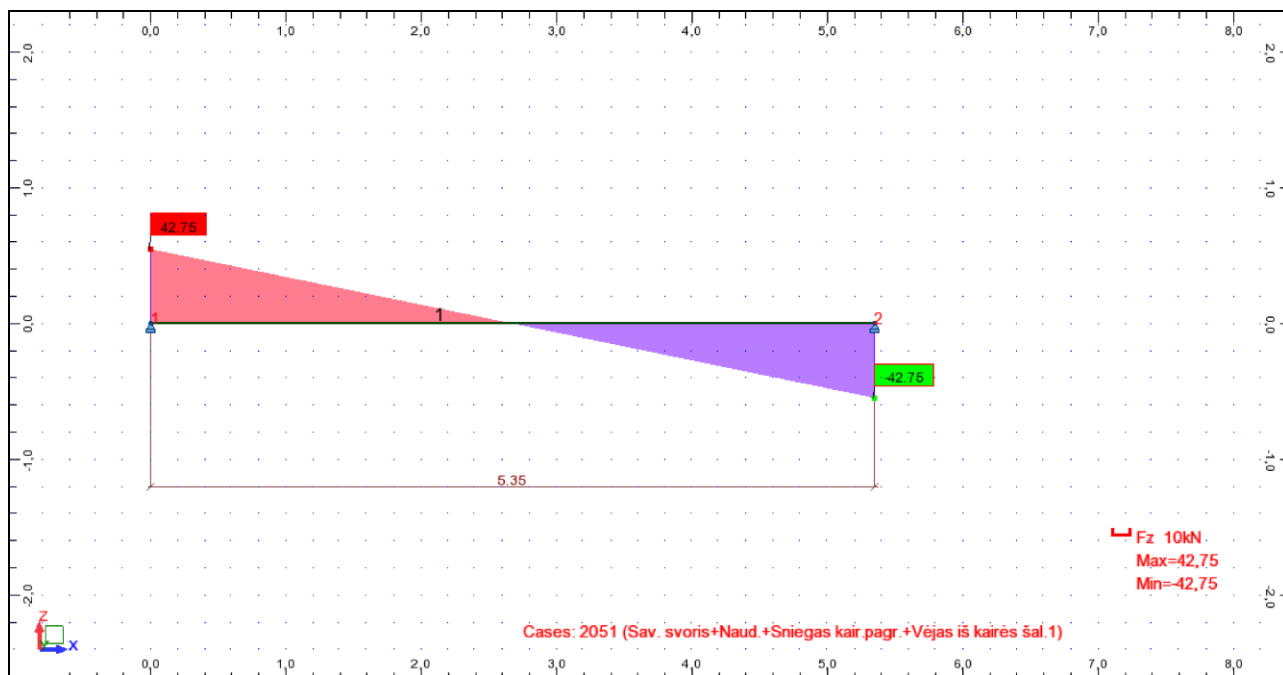
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6

Skačiuojama konstrukcija: 3 dalies perdangos plokštė SPL7

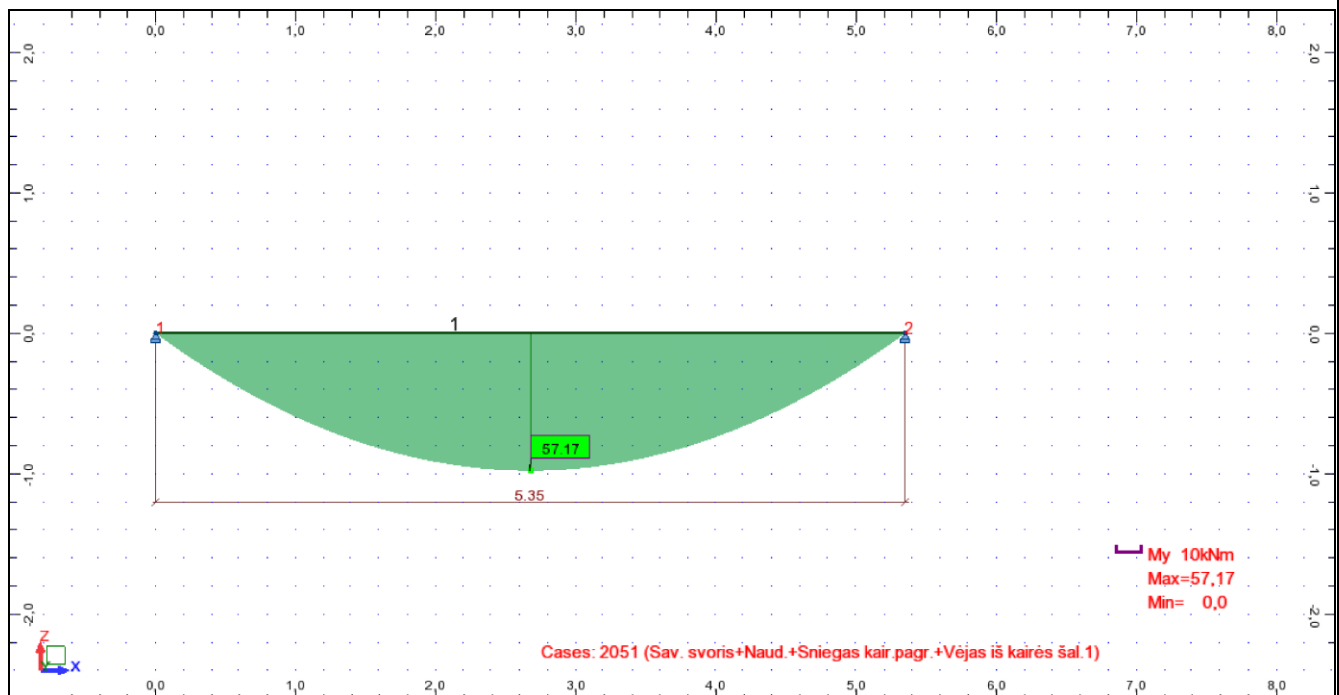
Vaizdas - MY; Derinys: 1051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



Vaizdas - Fz; Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



Vaizdas - MY; Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

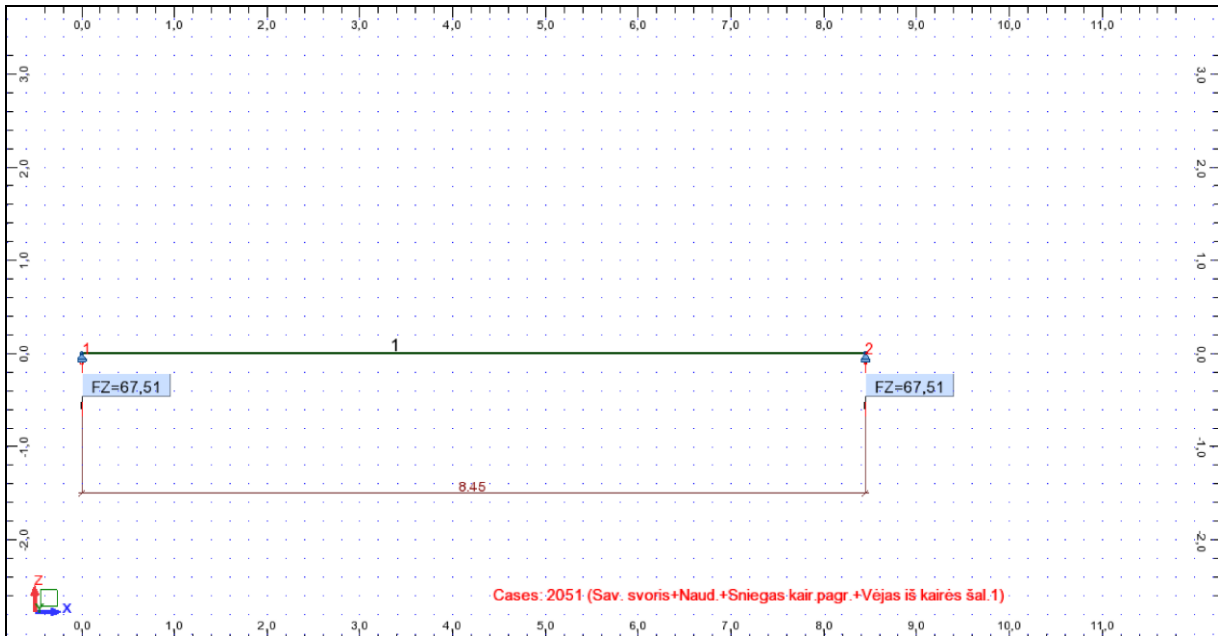


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius

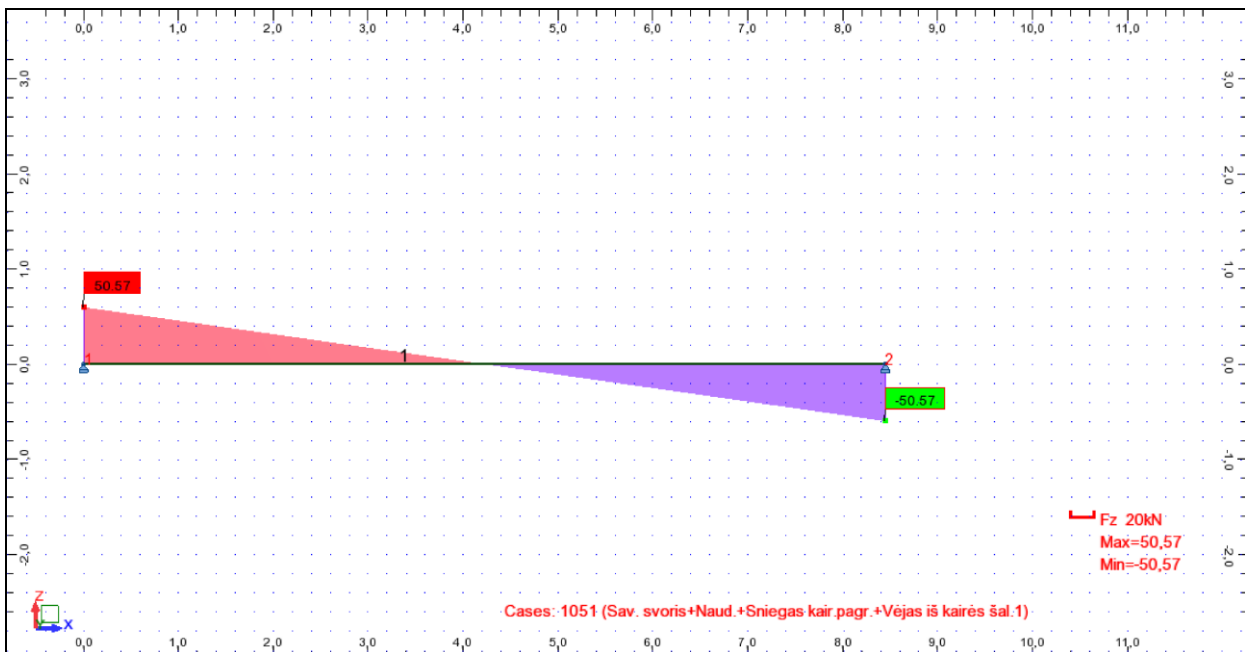
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6

Skaičiuojama konstrukcija: 3 dalies perdangos plokštė SPL8

Vaizdas - Reakcijų jėgos(kN);Reakcijų momentai(kN*m); Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



Vaizdas - Fz; Derinys: 1051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

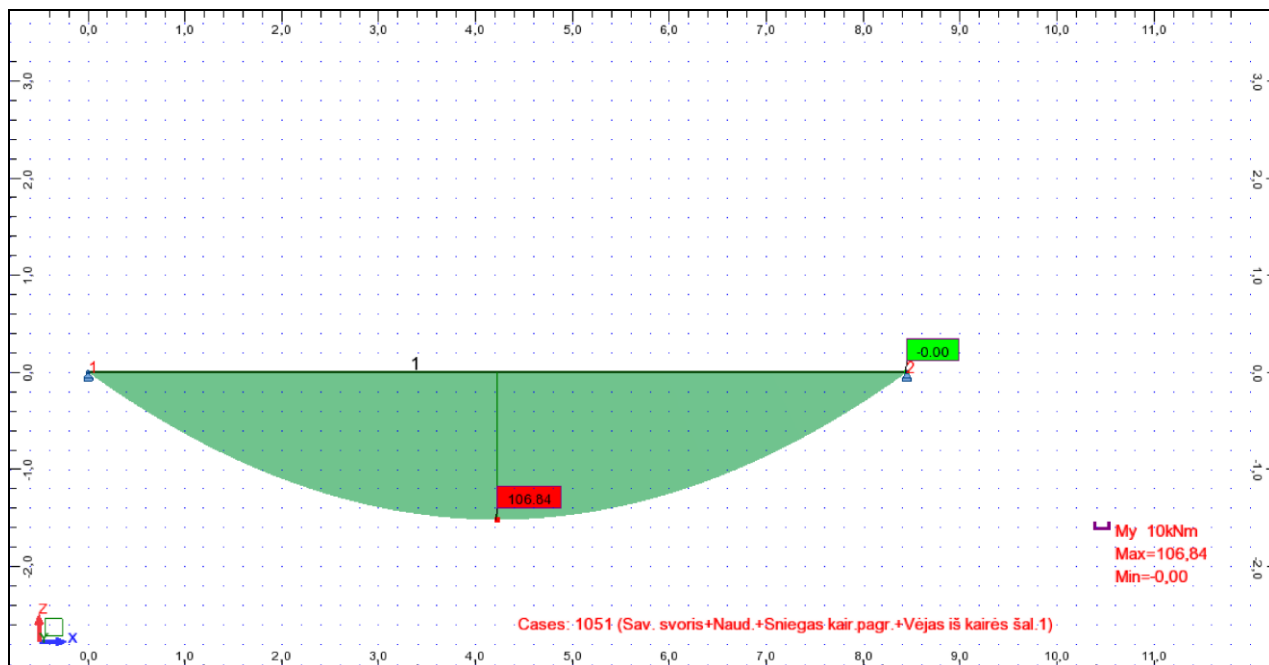


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius

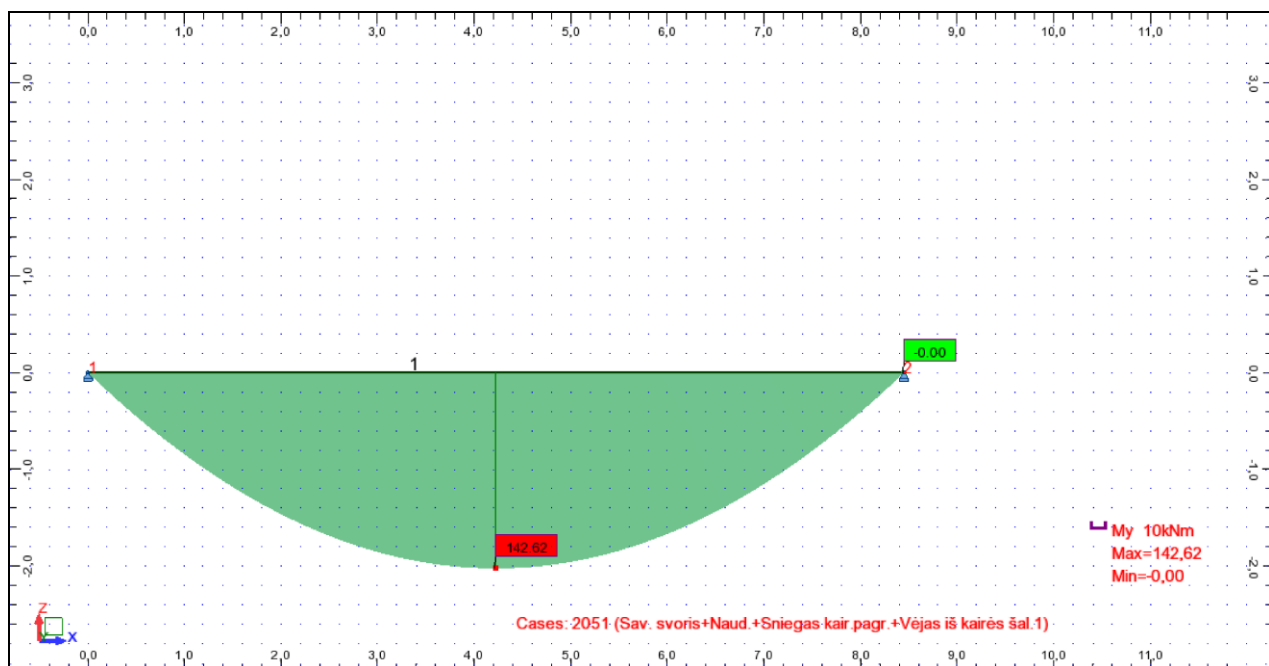
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6

Skaiciuojama konstrukcija: 3 dalies perdangos plokštė SPL8

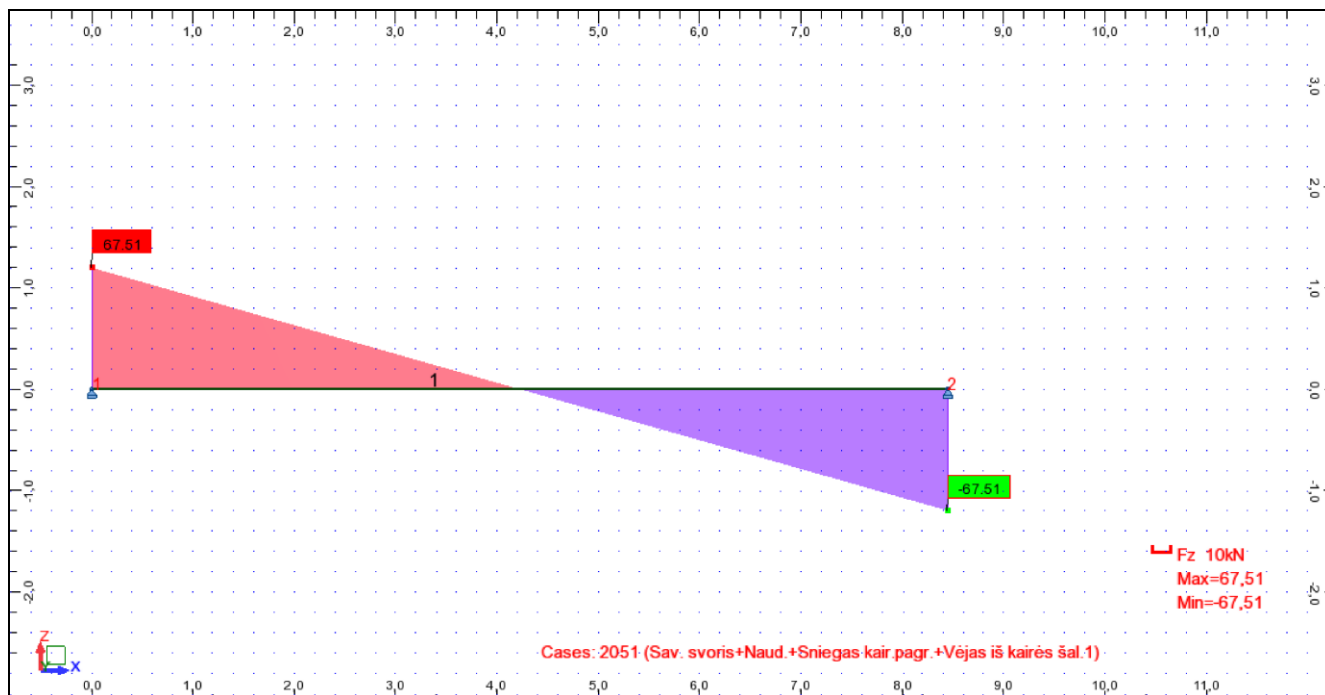
Vaizdas - MY; Derinys: 1051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



Vaizdas - MY; Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

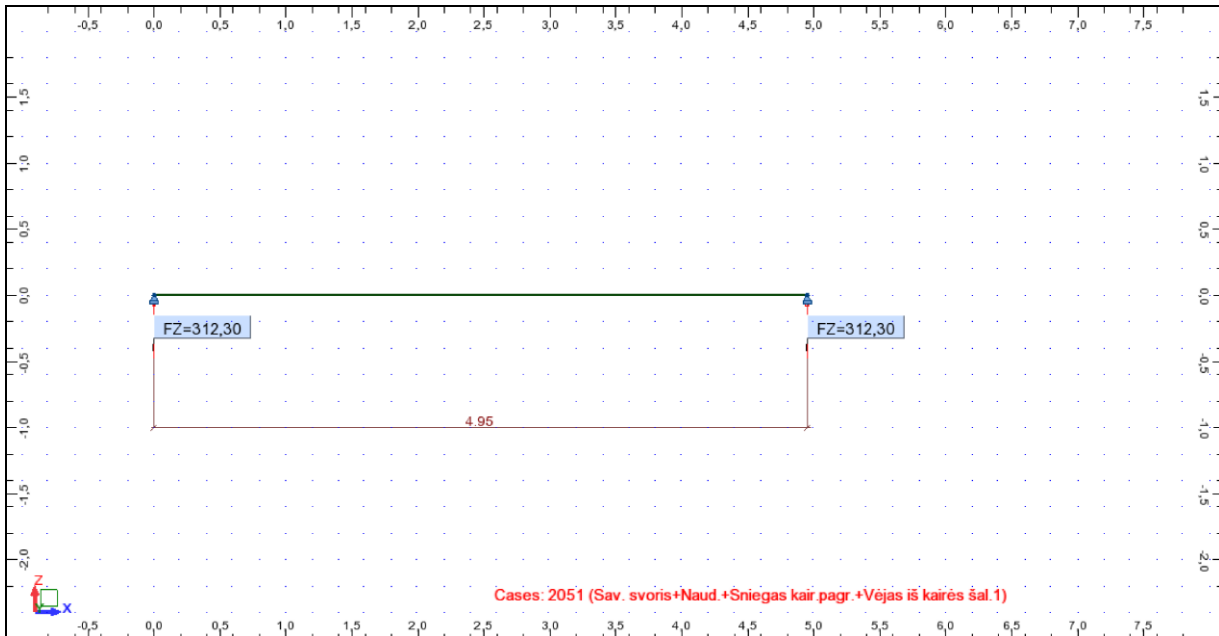


Vaizdas - FZ; Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

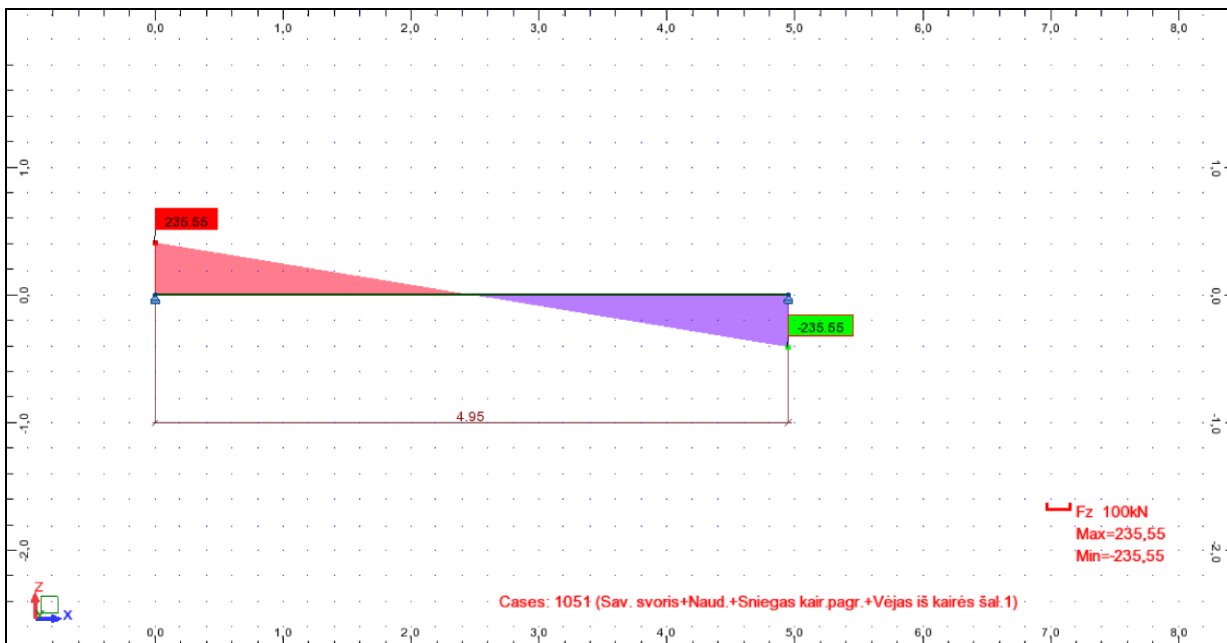


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6
Skačiuojama konstrukcija: 2 dalies rėmsijė SRY1

Vaizdas - Reakcijų jėgos(kN);Reakcijų momentai(kN*m); Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

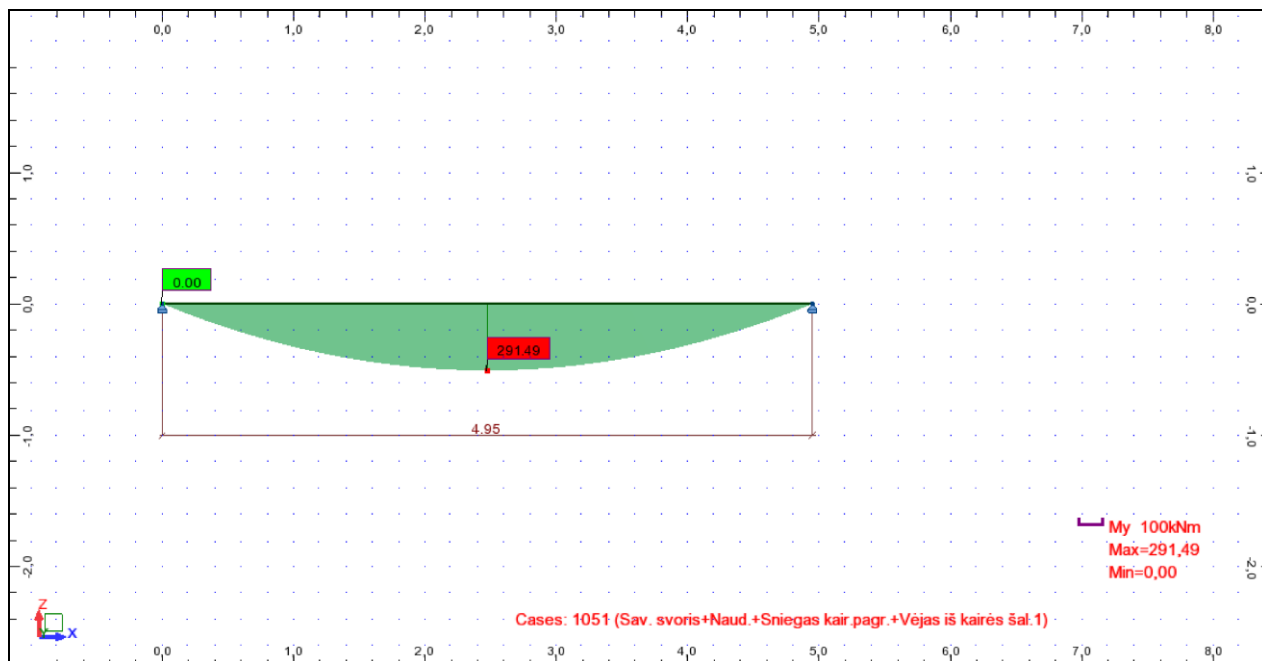


Vaizdas - Fz; Derinys: 1051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1) 1

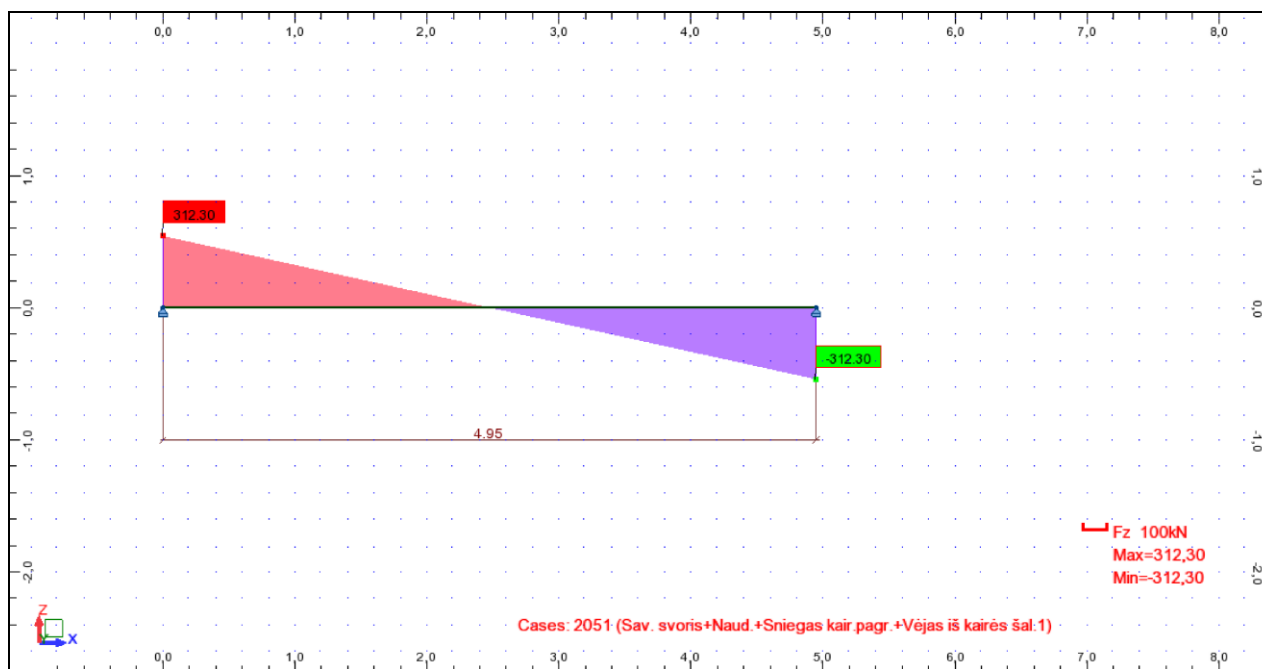


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6
Skačiuojama konstrukcija: 2 dalies rėmsijė SRY1

Vaizdas - MY; Derinys: 1051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



Vaizdas - FZ; Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

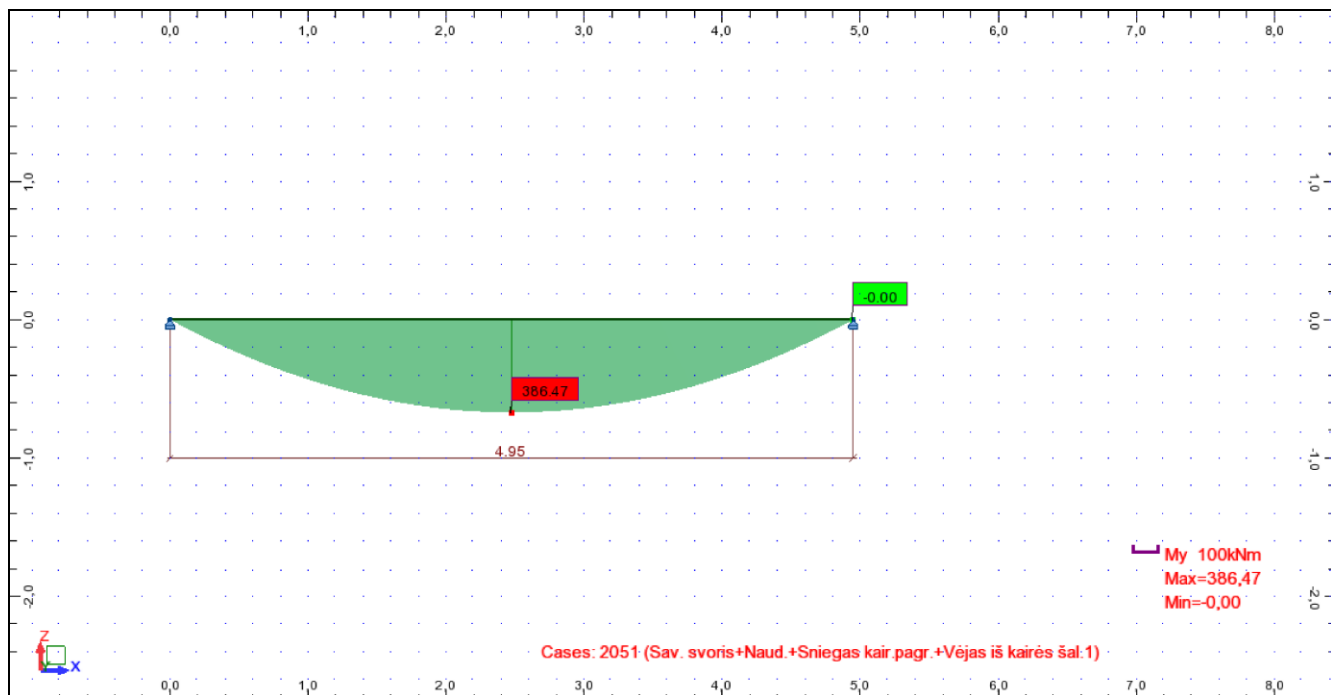


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius

Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6

Skačiuojama konstrukcija: 2 dalies rėmsijė SRY1

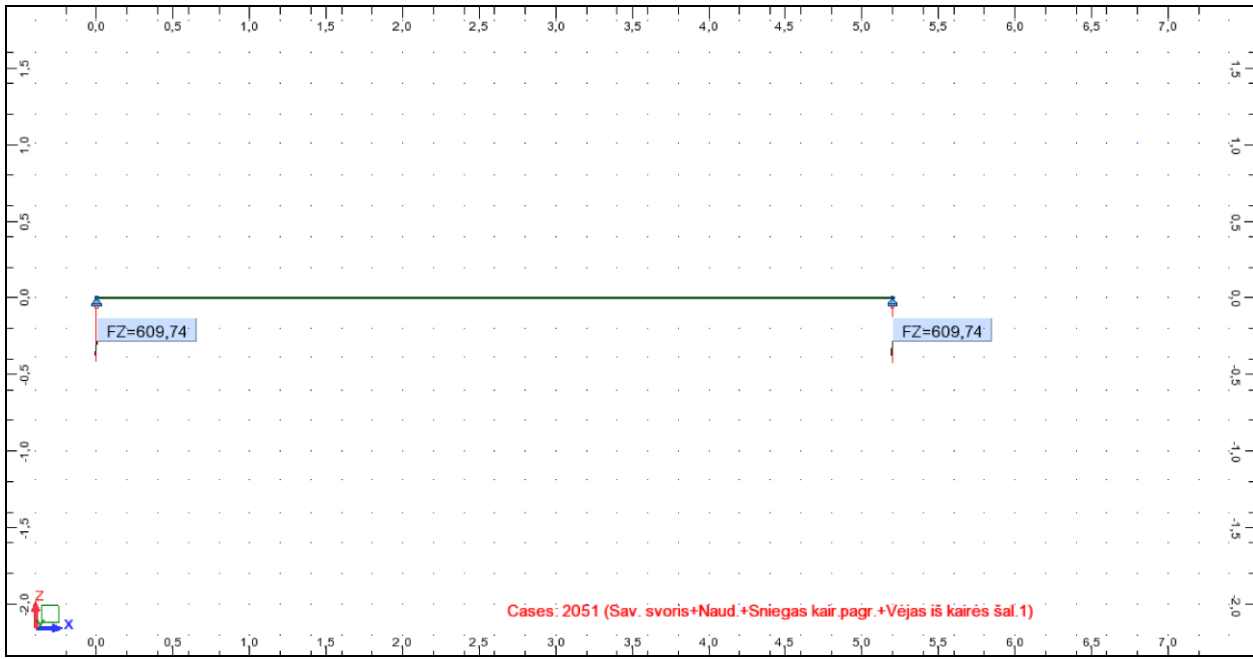
Vaizdas - MY; Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



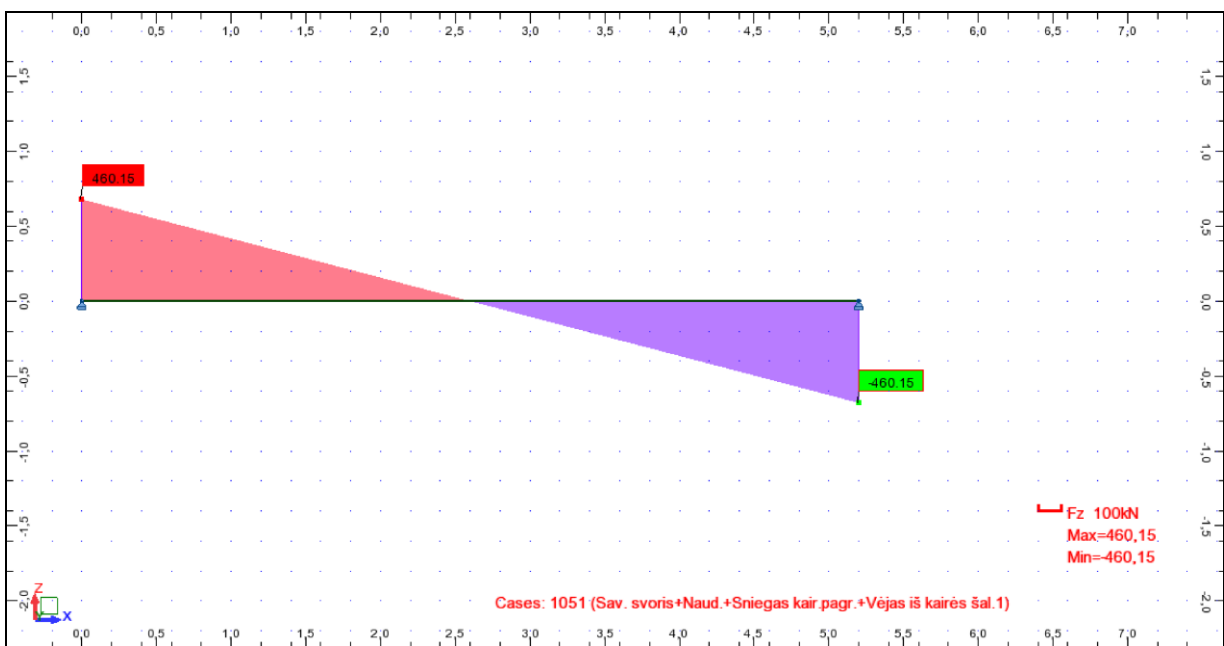
Sandėliavimo paskirties pastato su administracinėmis patalpomis statybinių konstrukcijų dalies projektas

Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6
Skačiuojama konstrukcija: 2 dalies rėmsijė SRY2

Vaizdas - Reakcijų jėgos(kN);Reakcijų momentai(kN*m); Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

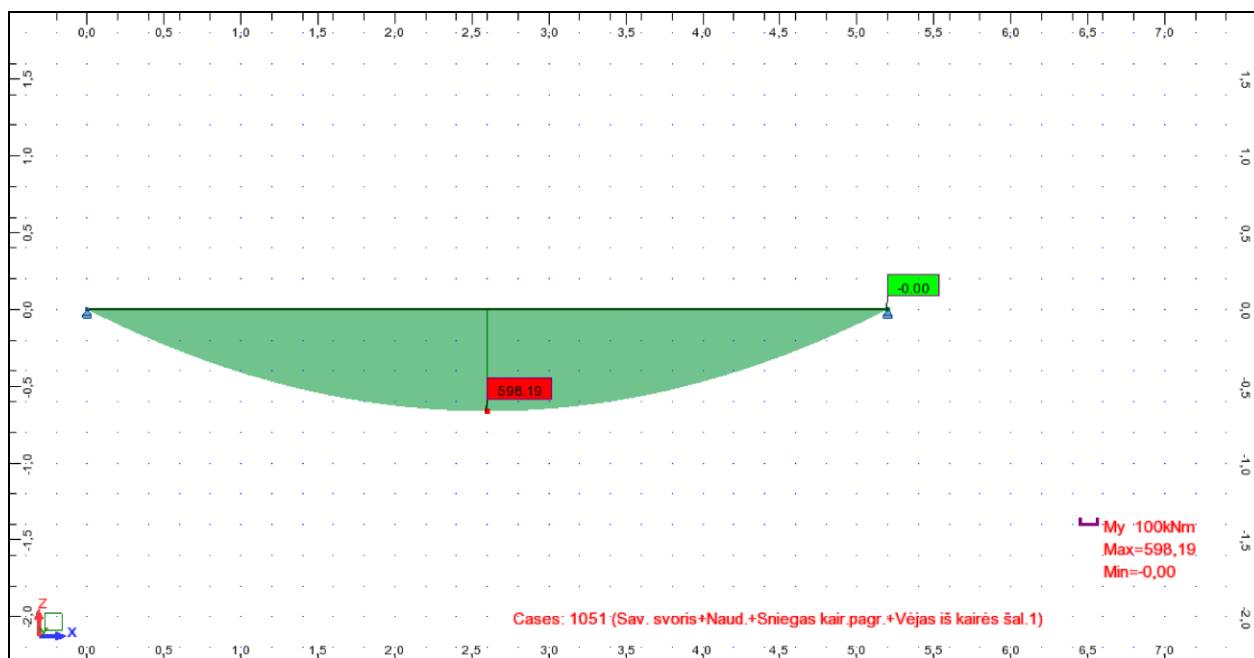


Vaizdas - Fz; Derinys: 1051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

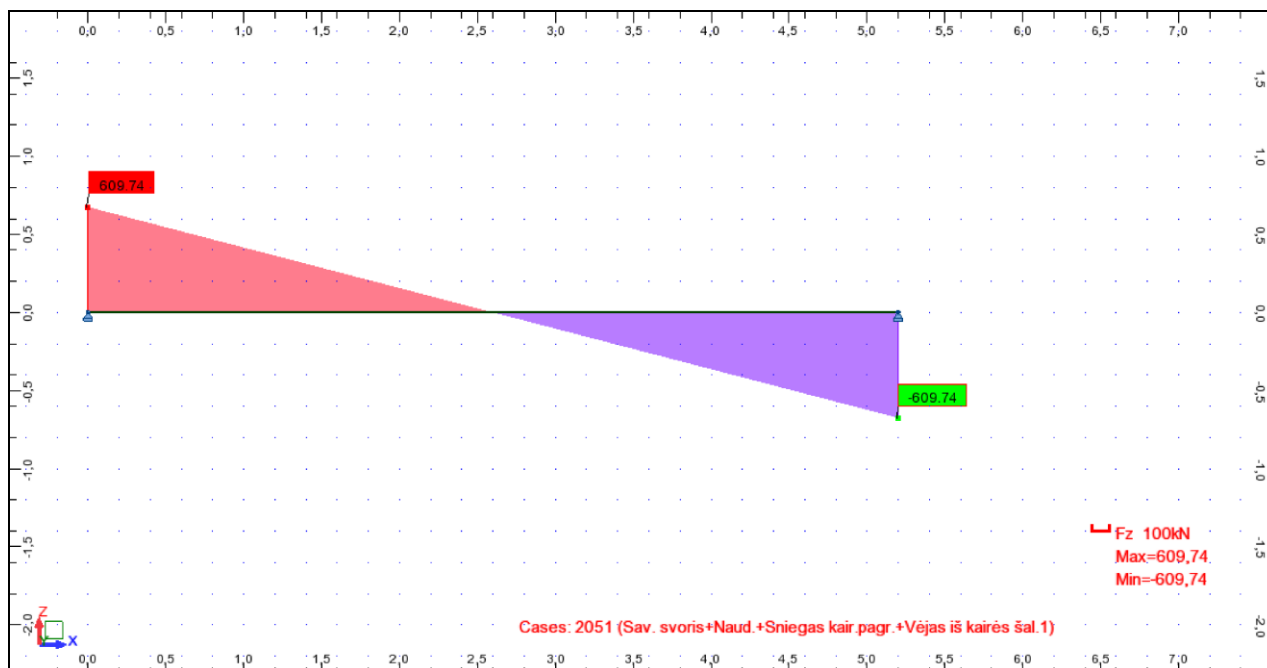


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6
Skačiuojama konstrukcija: 2 dalies rėmsijė SRY2

Vaizdas - MY; Derinys: 1051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



Vaizdas - FZ; Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

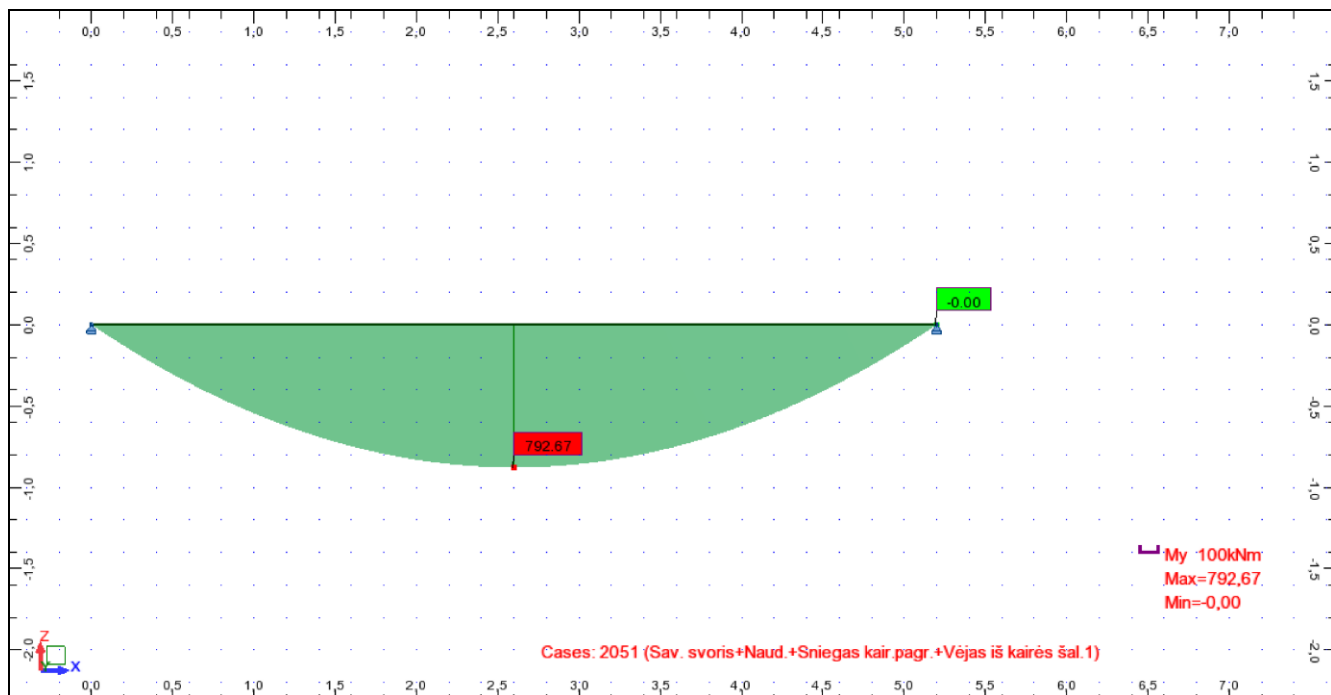


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius

Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6

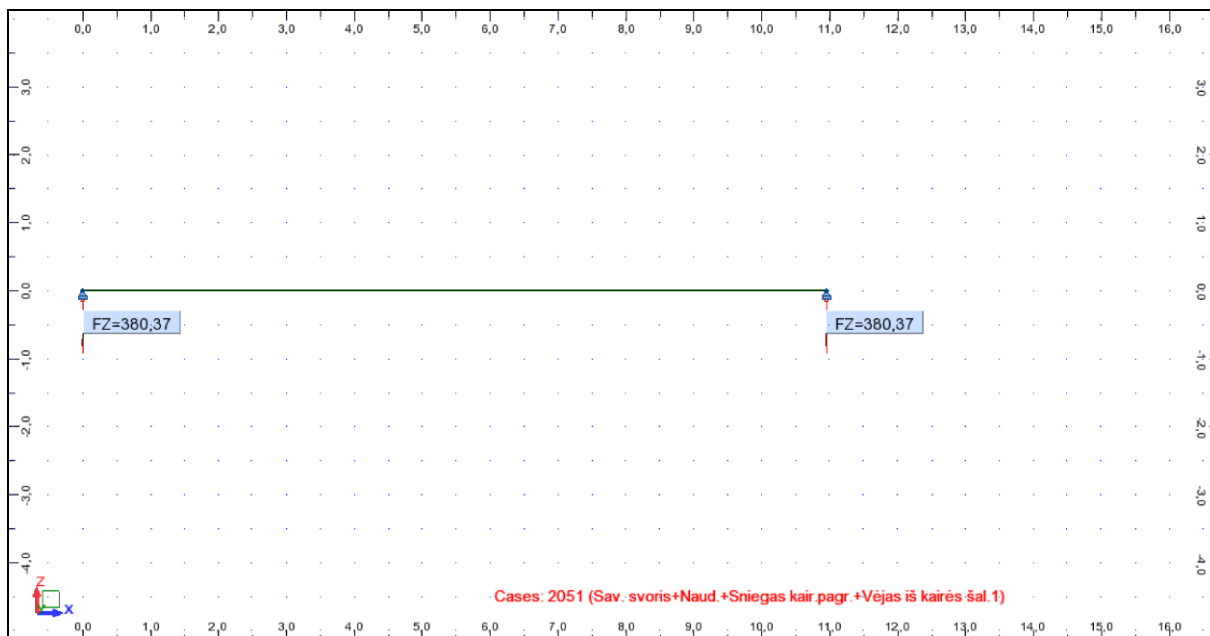
Skačiuojama konstrukcija: 2 dalies rėmsijė SRY2

Vaizdas - MY; Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

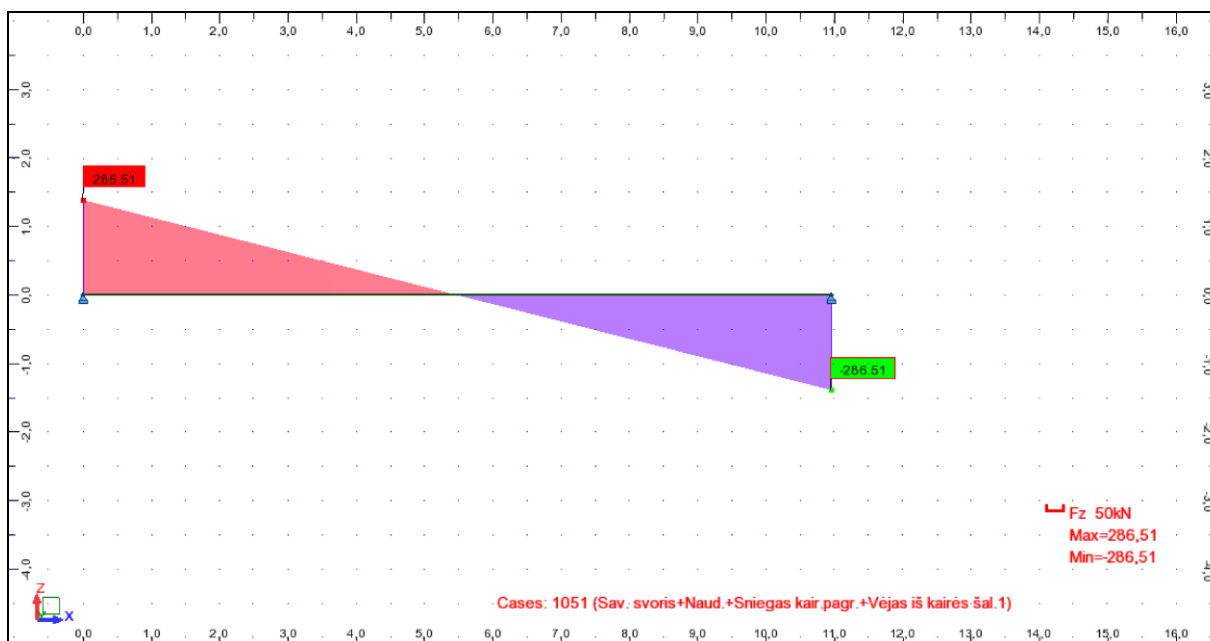


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6
Skačiuojama konstrukcija: 2 dalies rėmsijė SRY3

Vaizdas - Reakcijų jėgos(kN);Reakcijų momentai(kN*m); Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

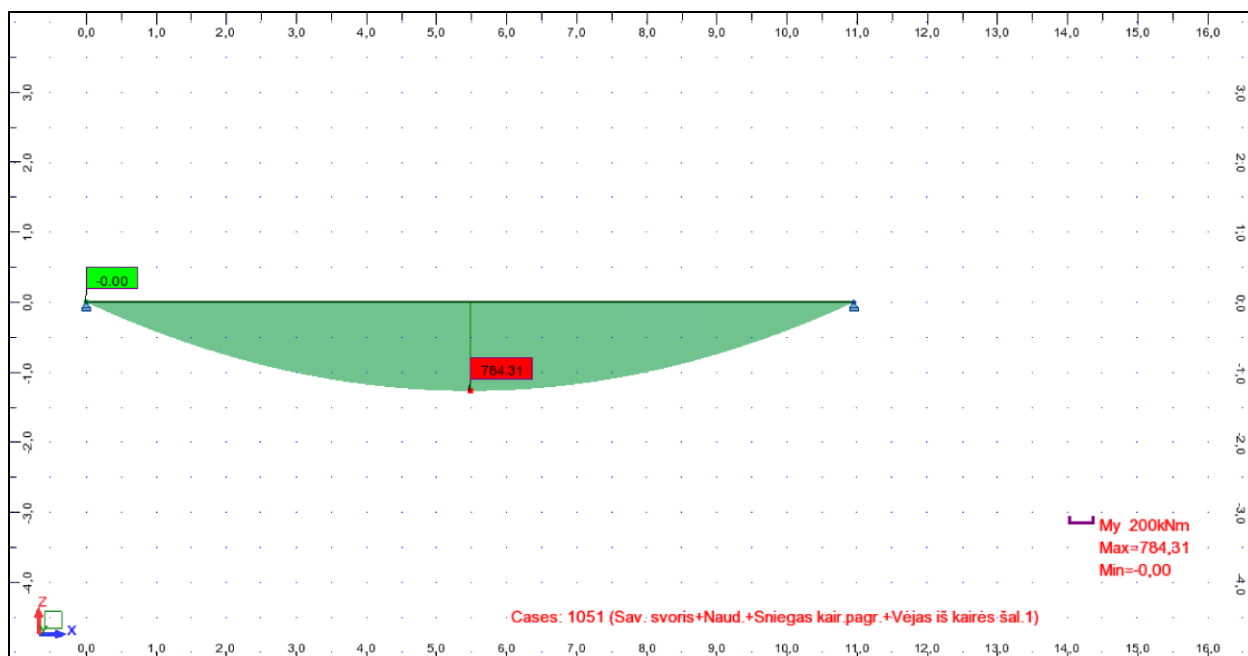


Vaizdas - Fz; Derinys: 1051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

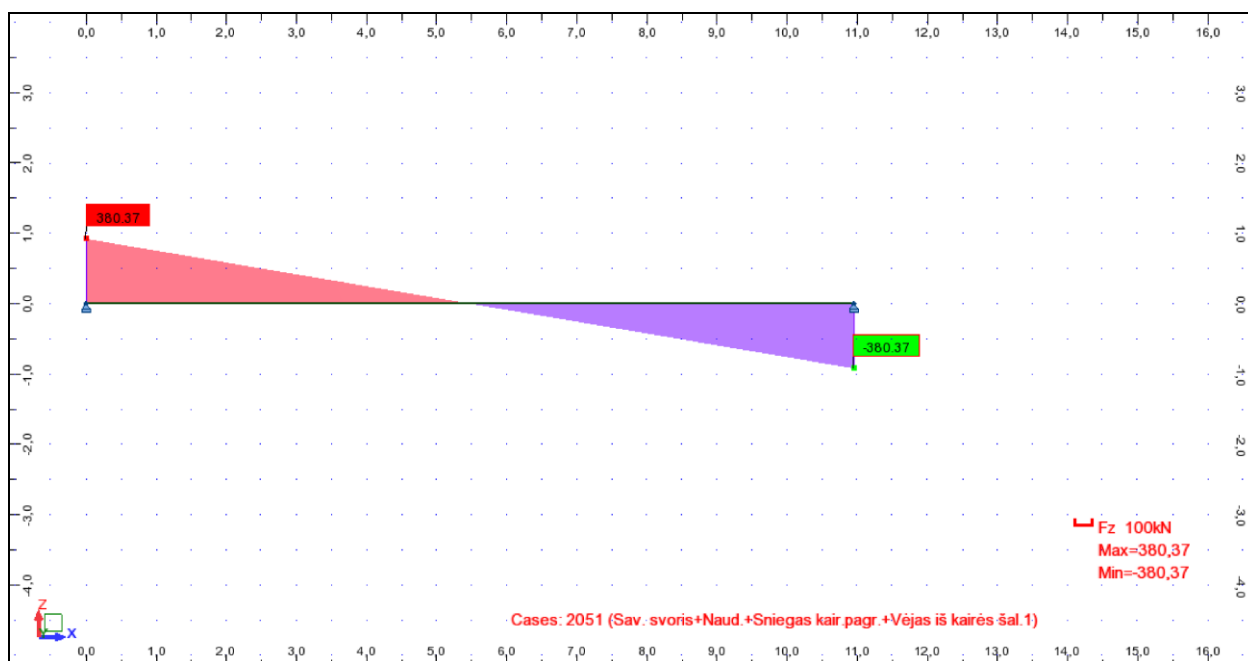


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6
Skačiuojama konstrukcija: 2 dalies rėmsijė SRY3

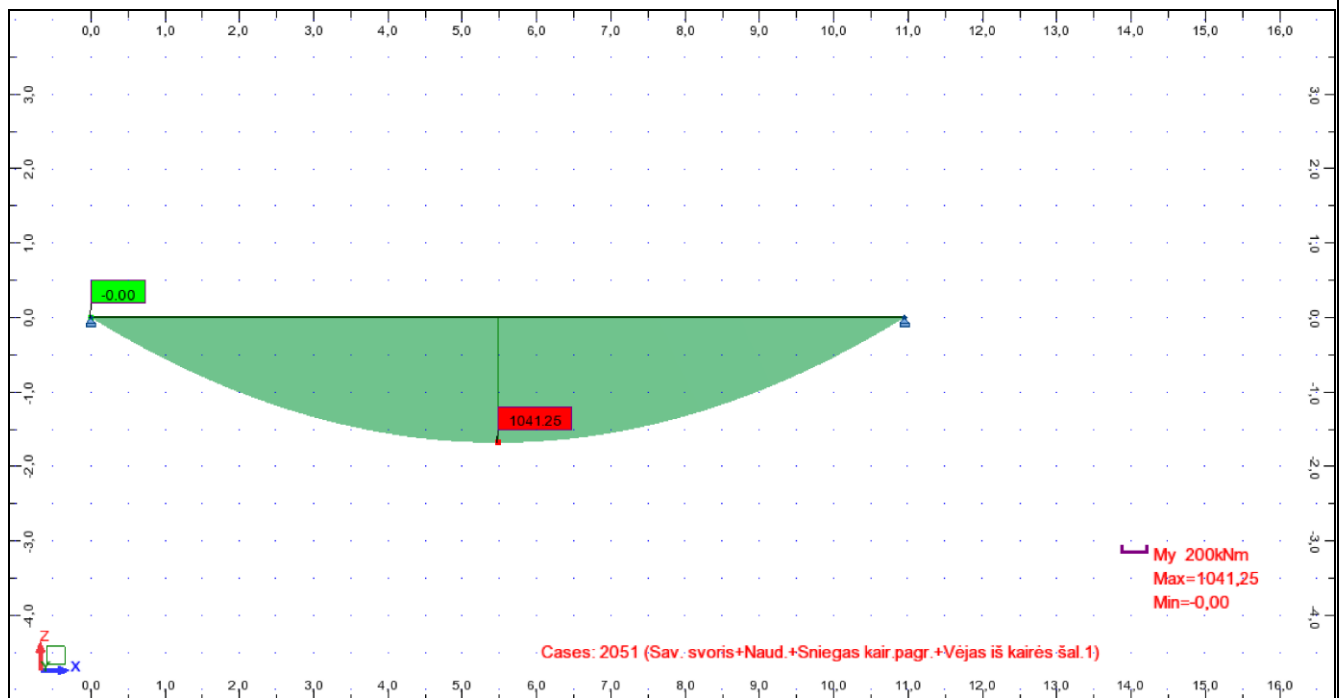
Vaizdas - MY; Derinys: 1051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



Vaizdas - FZ; Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

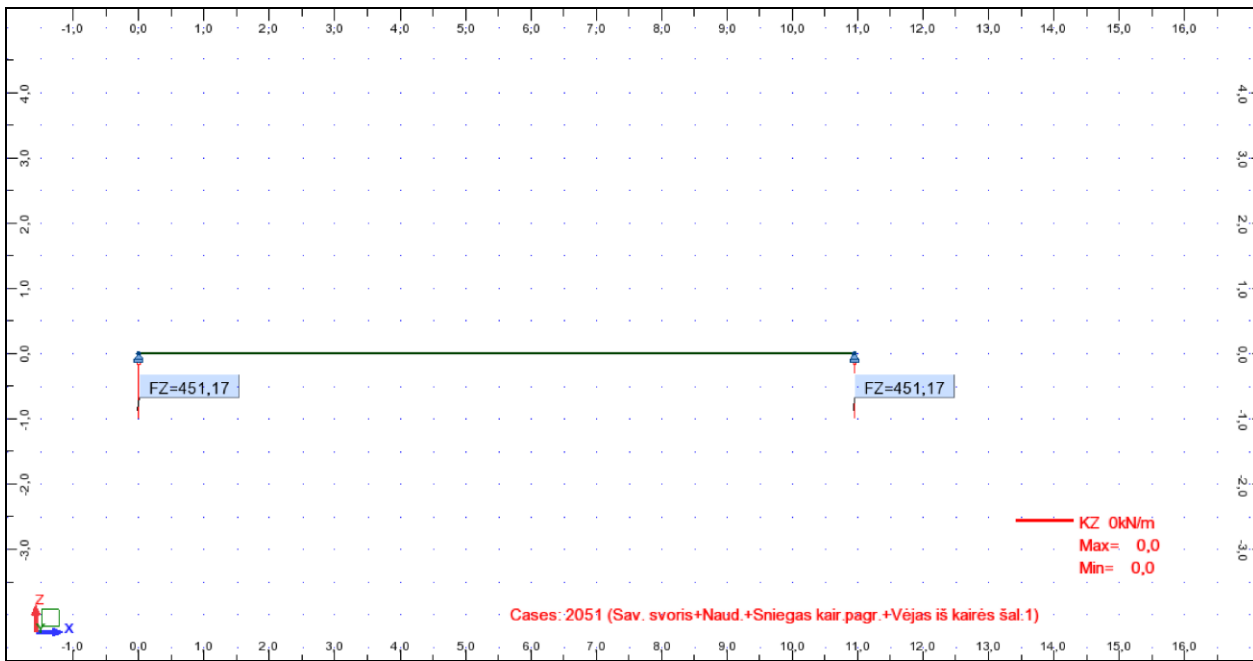


Vaizdas - MY; Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

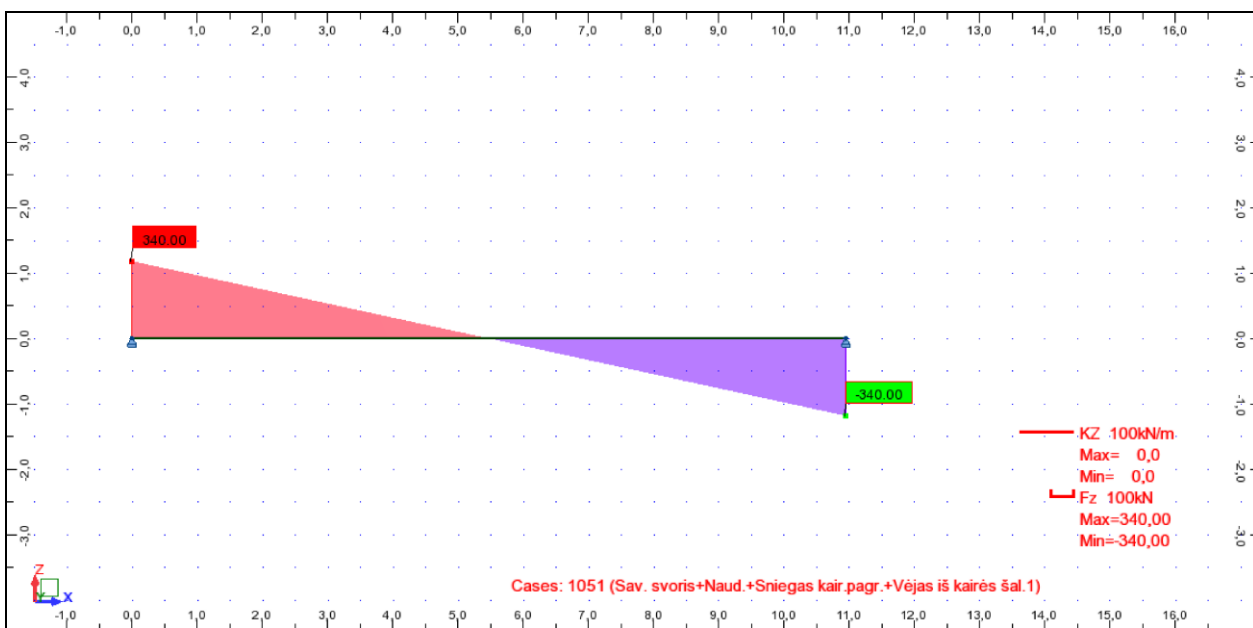


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6
Skaiciuojama konstrukcija: 2 dalies rėmsijė SRY4

Vaizdas - Kz; Reakcijų jėgos (kN); Reakcijų momentai (kN*m); Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

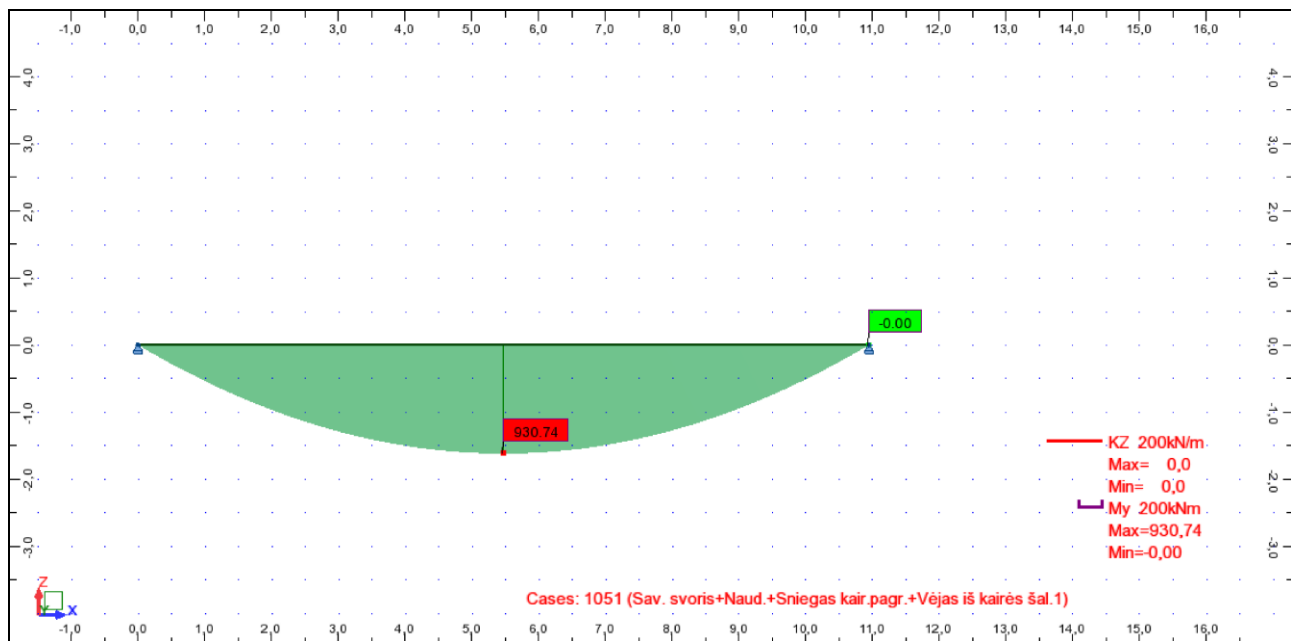


Vaizdas - Fz; Kz; Derinys: 1051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

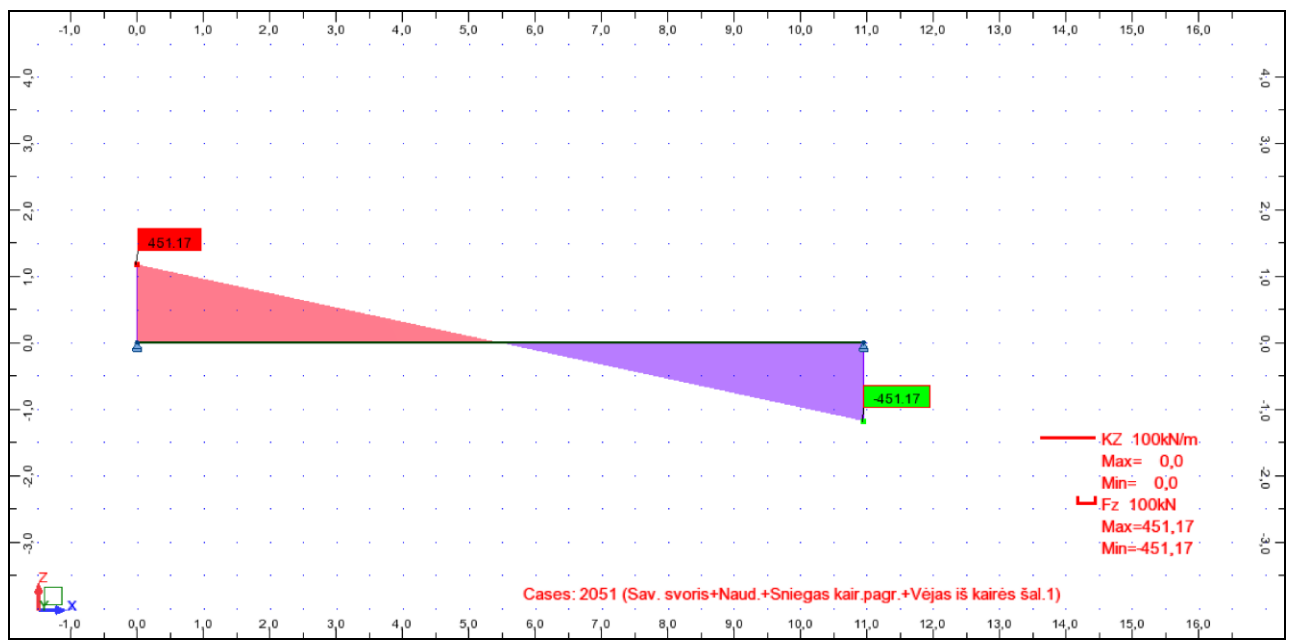


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6
Skačiuojama konstrukcija: 2 dalies rėmsijė SRY4

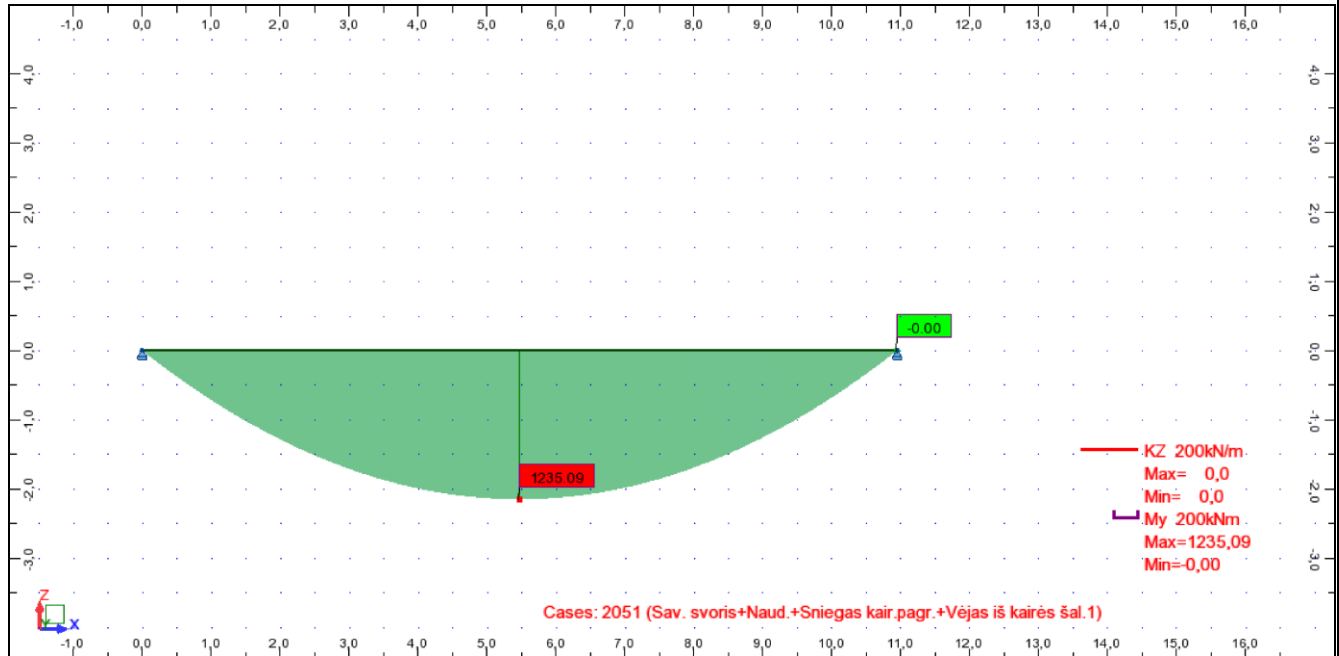
Vaizdas - MY;Kz; Derinys: 1051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



Vaizdas - FZ;Kz; Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

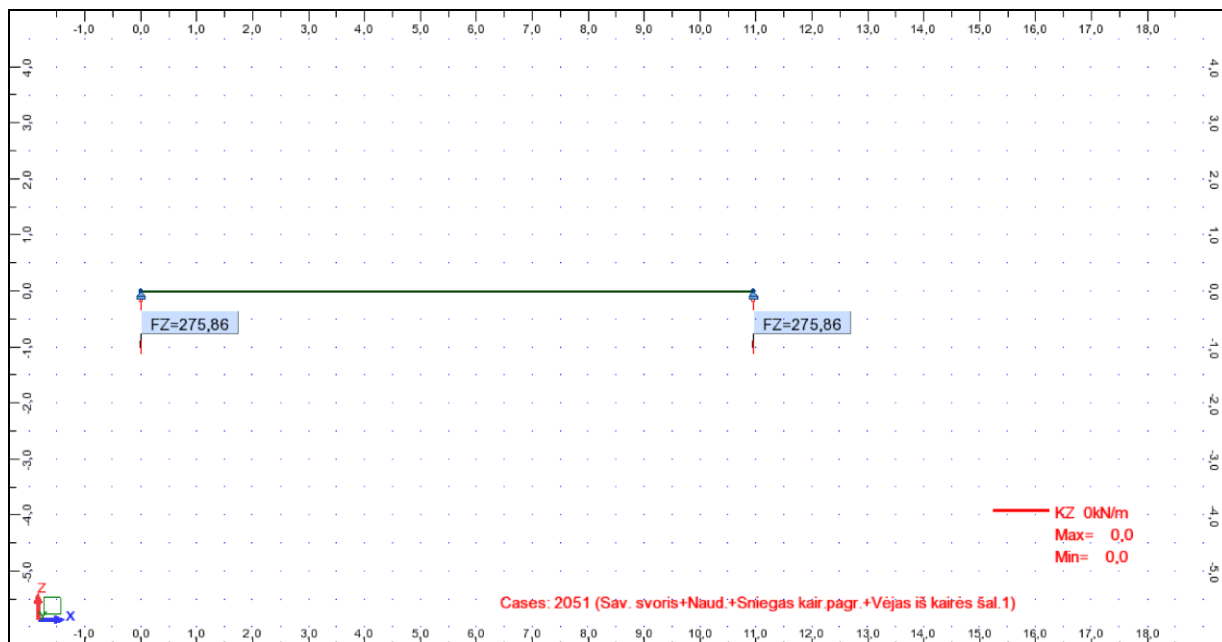


Vaizdas - MY;Kz; Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

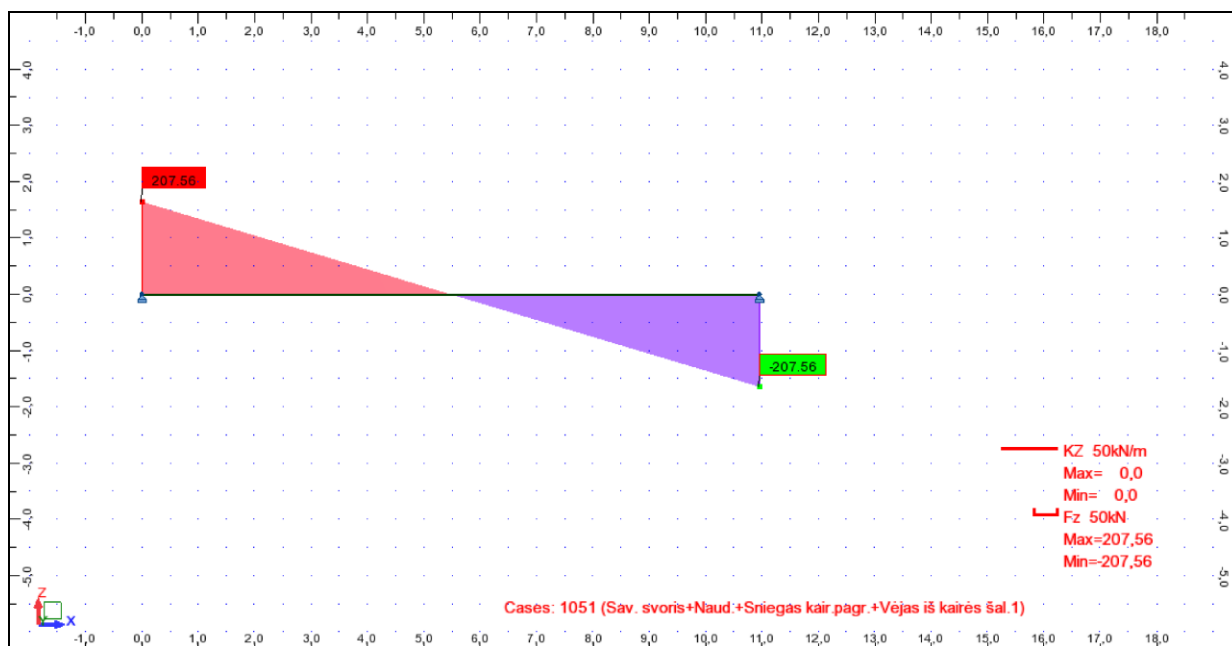


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6
Skaiciuojama konstrukcija: 2 dalies rėmsijė SRY5

Vaizdas - Kz; Reakcijų jėgos (kN); Reakcijų momentai (kN*m); Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

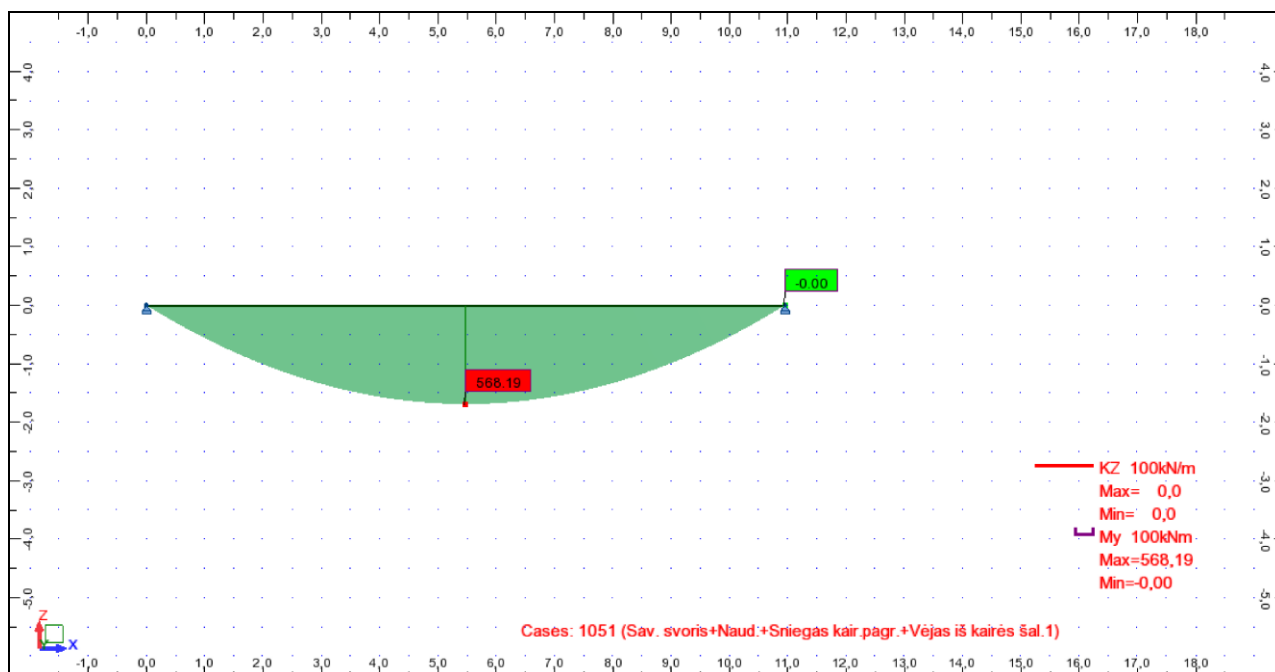


Vaizdas - Fz; Kz; Derinys: 1051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

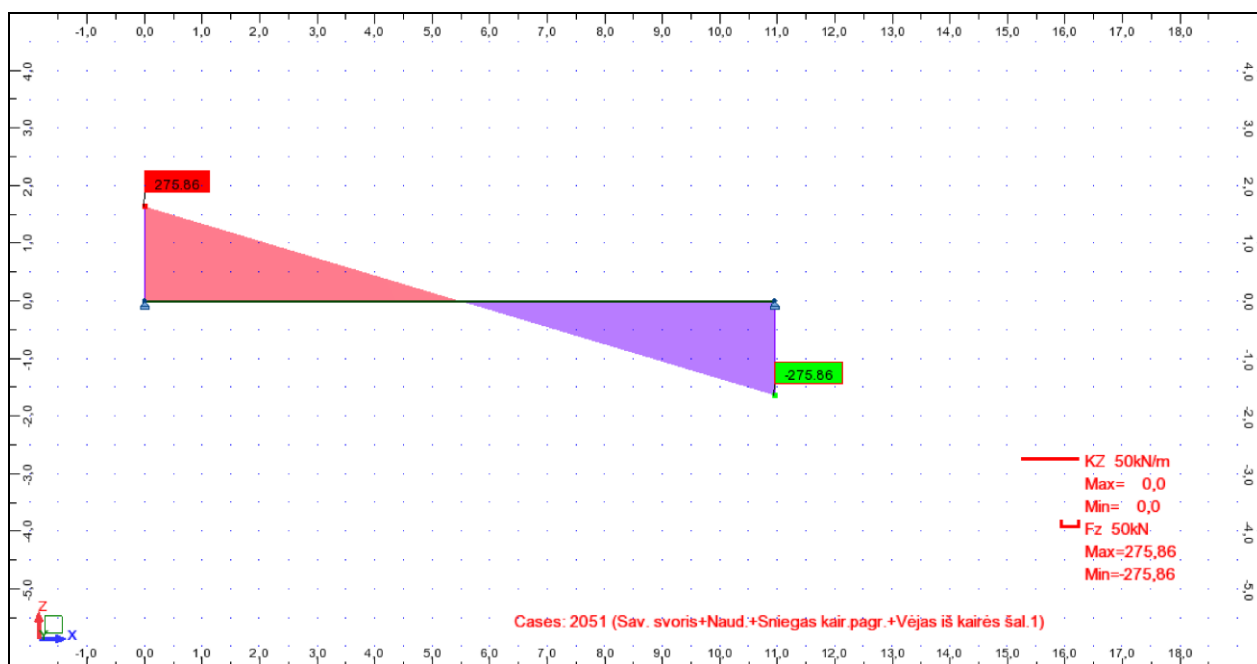


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6
Skačiuojama konstrukcija: 2 dalies rėmsijė SRY5

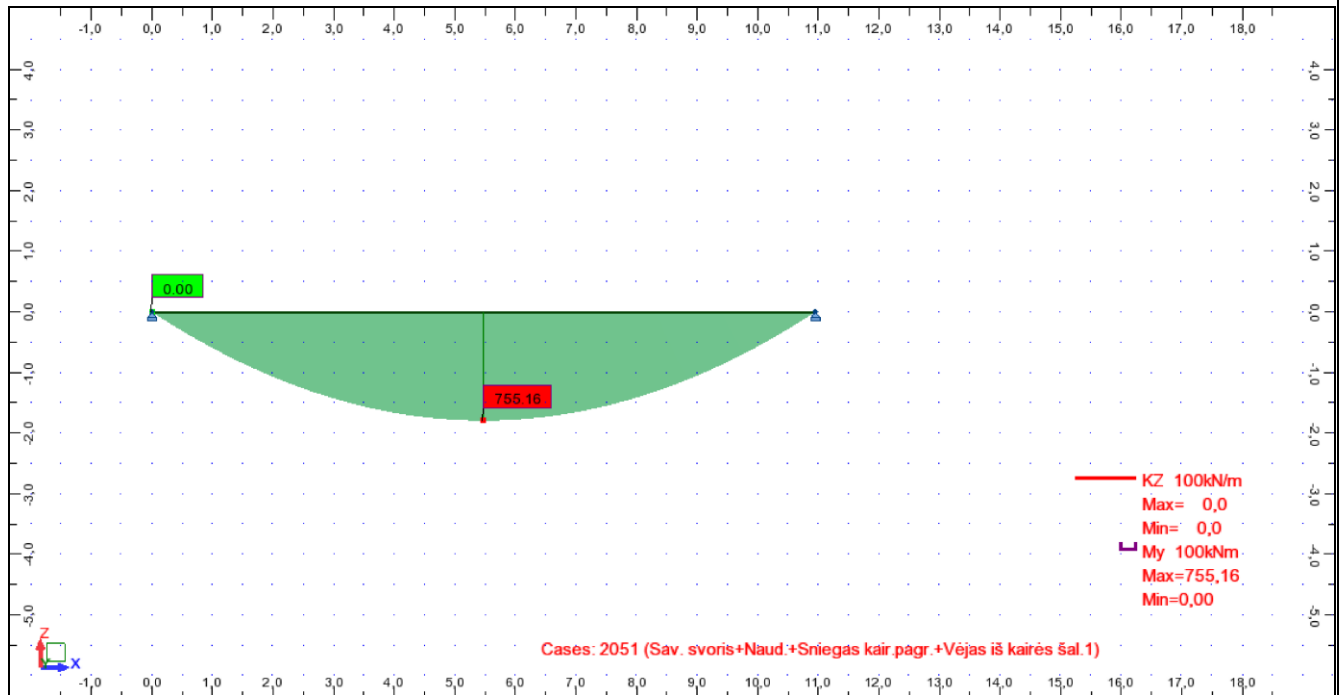
Vaizdas - MY;Kz; Derinys: 1051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



Vaizdas - Fz;Kz; Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

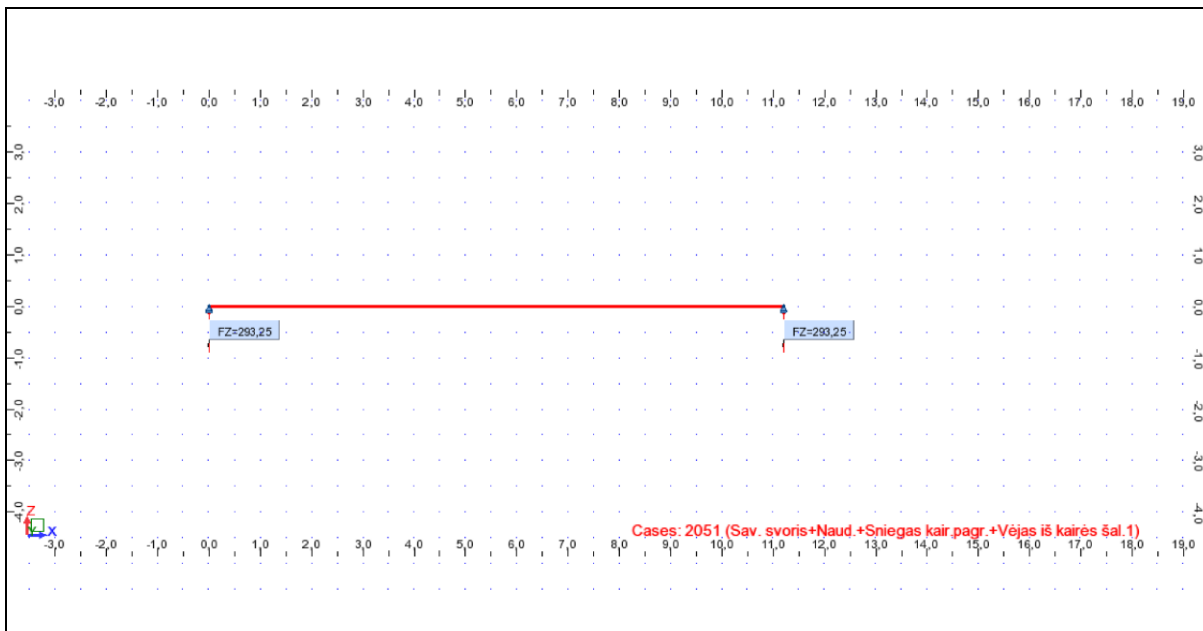


Vaizdas - MY;Kz; Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

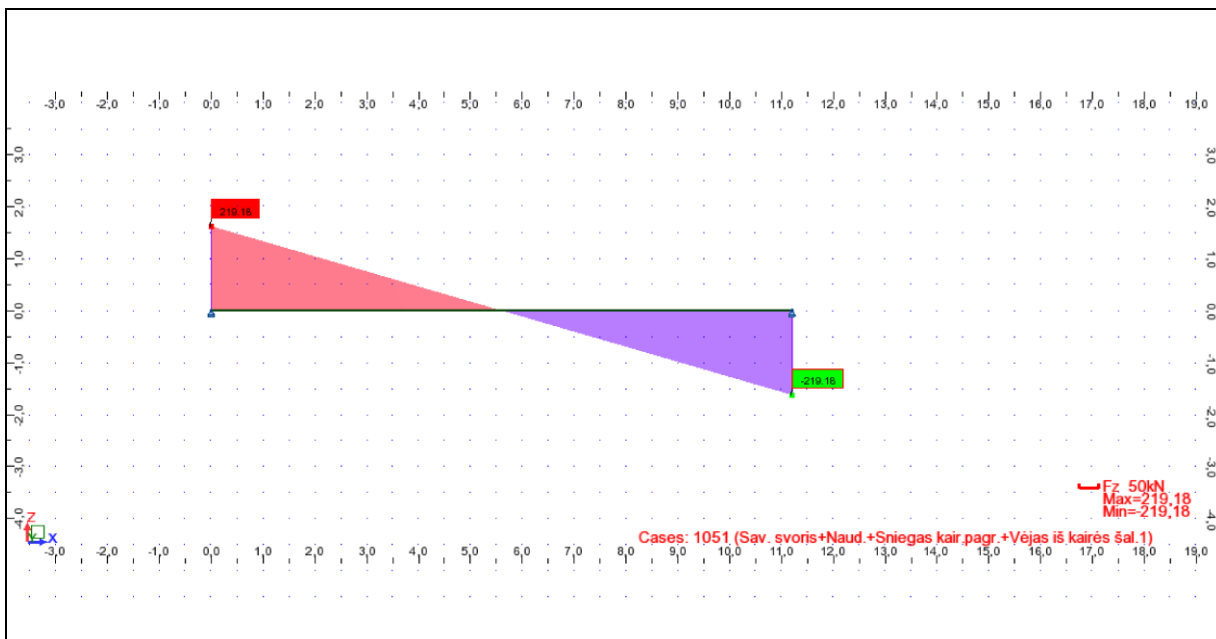


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6
Skačiuojama konstrukcija: 2 dalies rėmsijė SRY6

Vaizdas - Reakcijų jėgos(kN);Reakcijų momentai(kN*m); Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

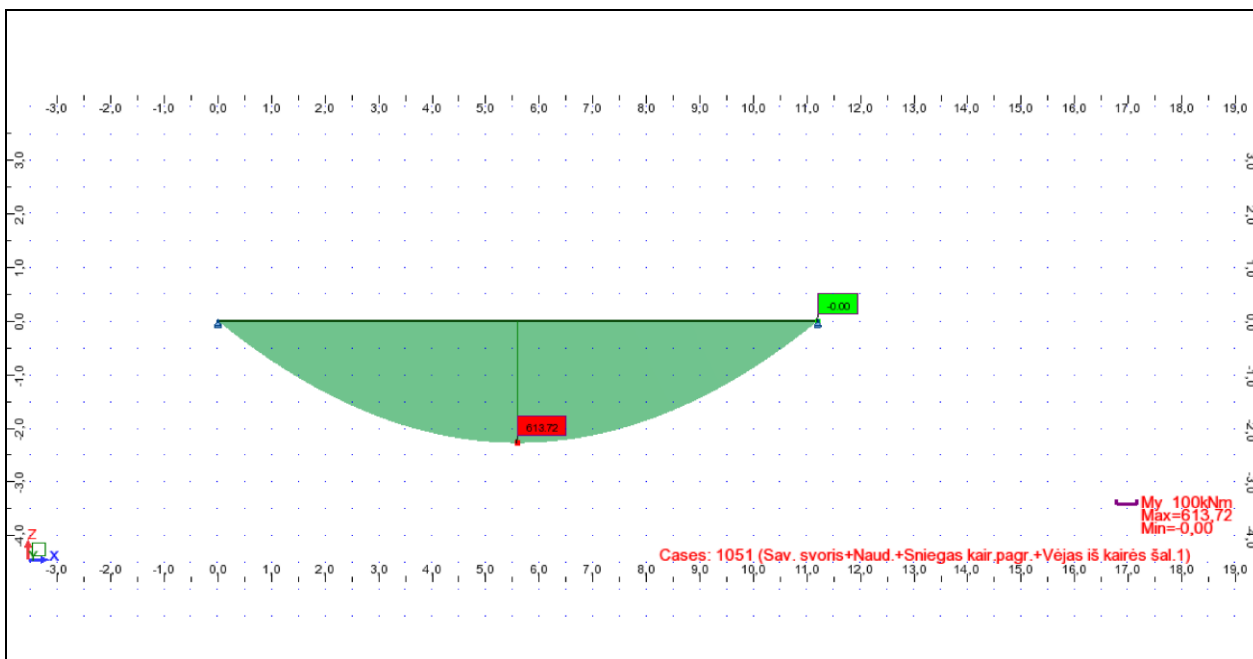


Vaizdas - FZ; Derinys: 1051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

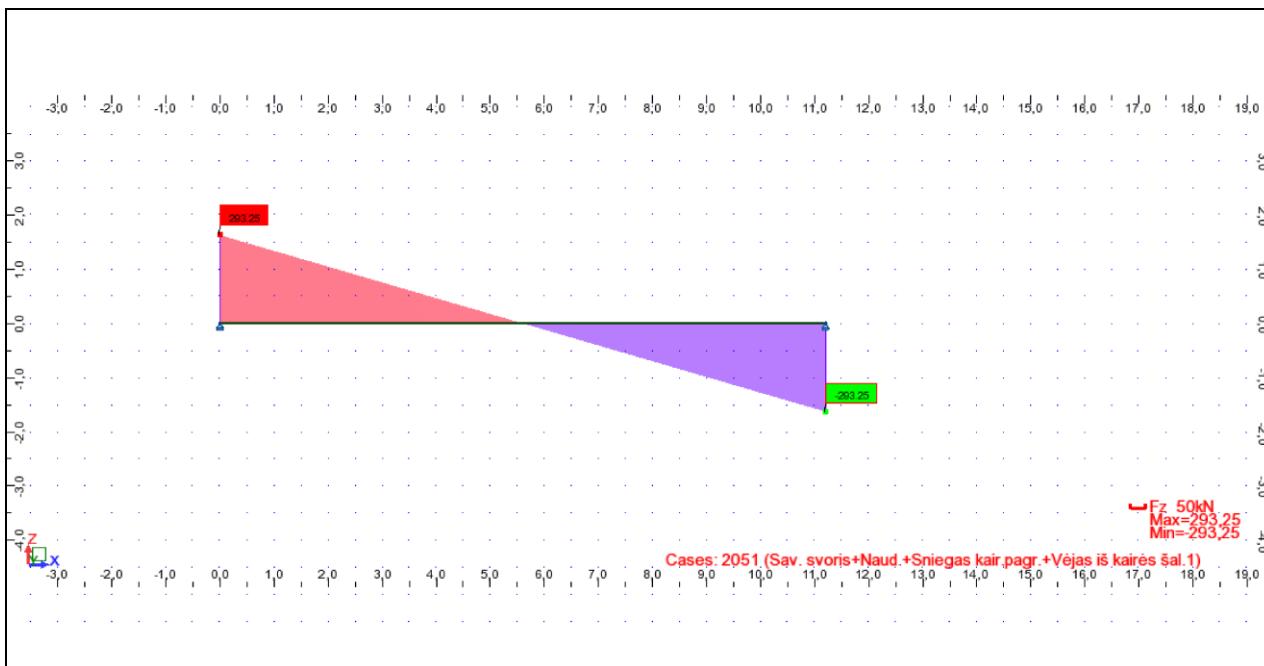


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6
Skačiuojama konstrukcija: 2 dalies rėmsijė SRY6

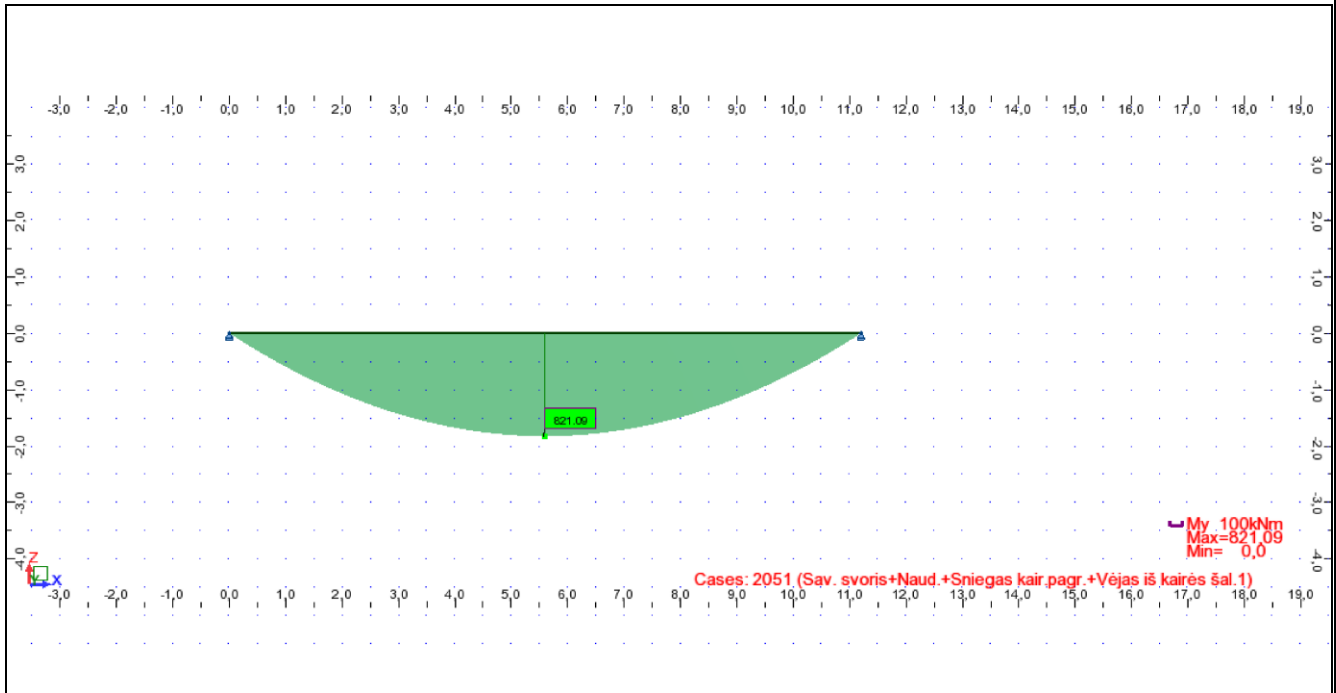
Vaizdas - MY; Derinys: 1051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



Vaizdas - Fz; Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



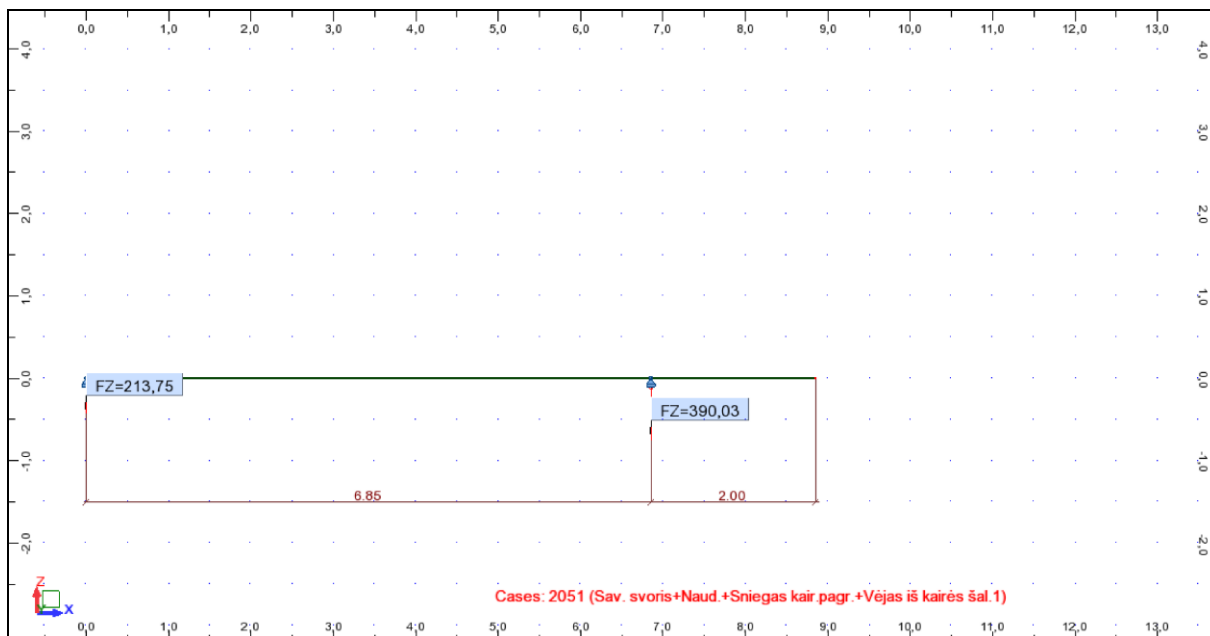
Vaizdas - MY; Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



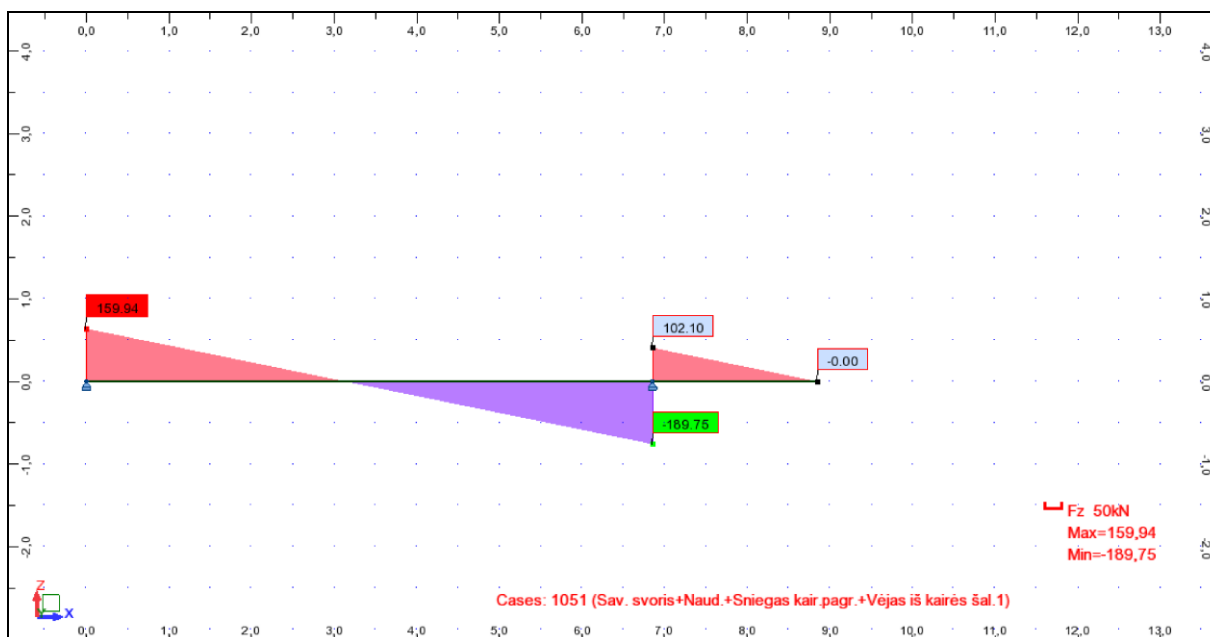
Sandėliavimo paskirties pastato su administracinėmis patalpomis statybinių konstrukcijų dalies projektas

Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6
Skačiuojama konstrukcija: 3 dalies rėmsijė SRY7

Vaizdas - Reakcijų jėgos(kN);Reakcijų momentai(kN*m); Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

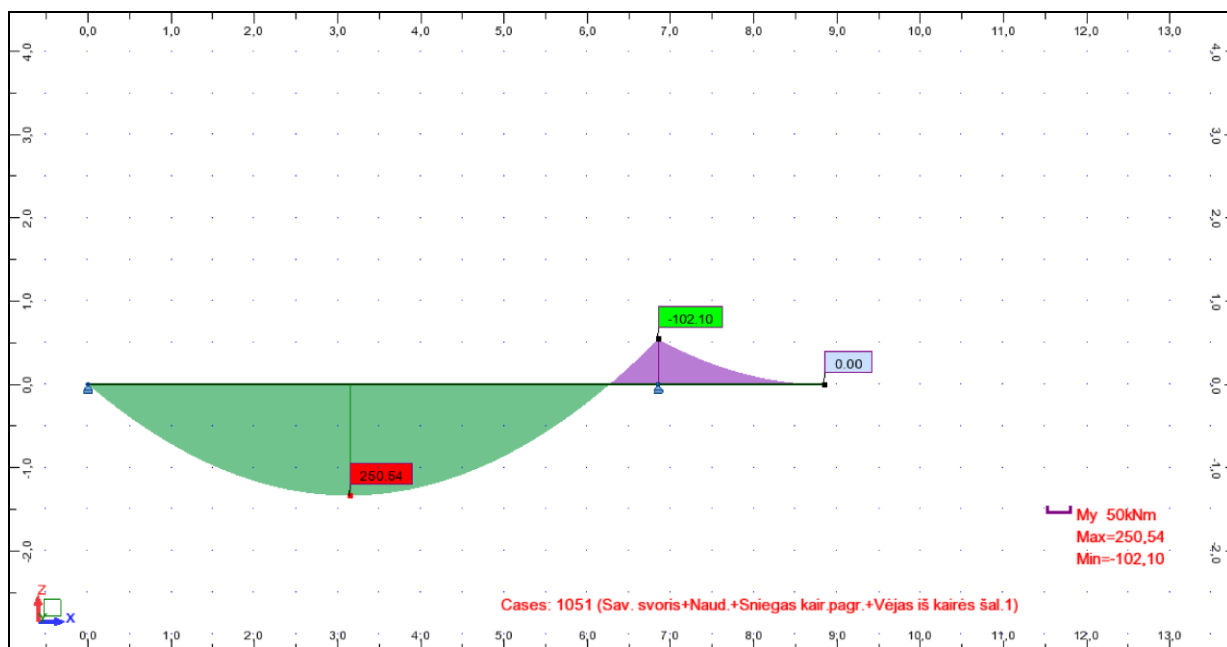


Vaizdas - Fz; Derinys: 1051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

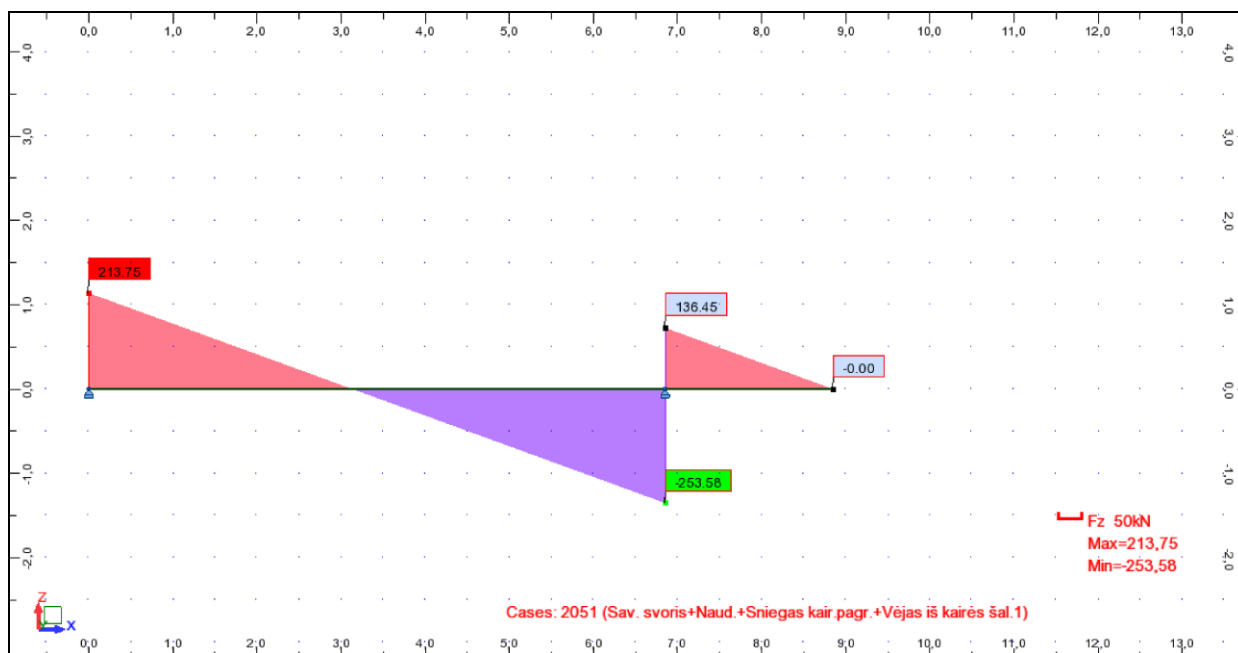


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6
Skačiuojama konstrukcija: 3 dalies rėmsijė SRY7

Vaizdas - MY; Derinys: 1051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



Vaizdas - FZ; Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

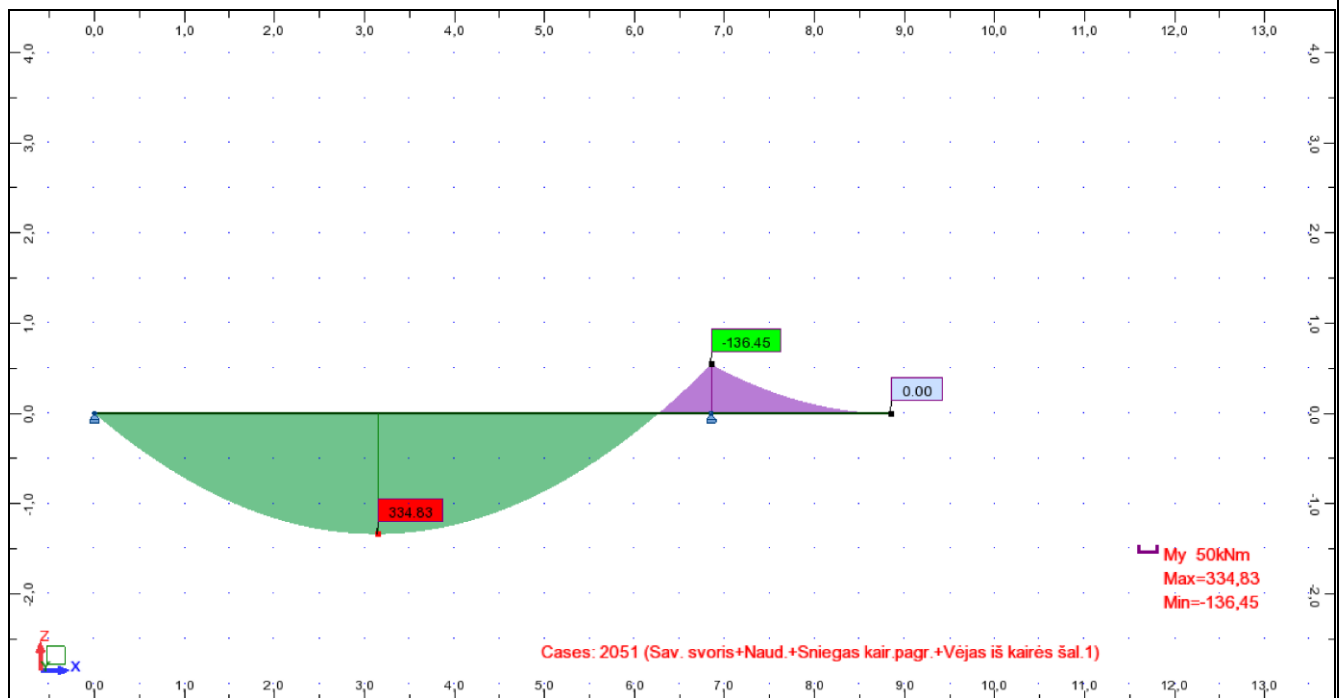


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius

Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6

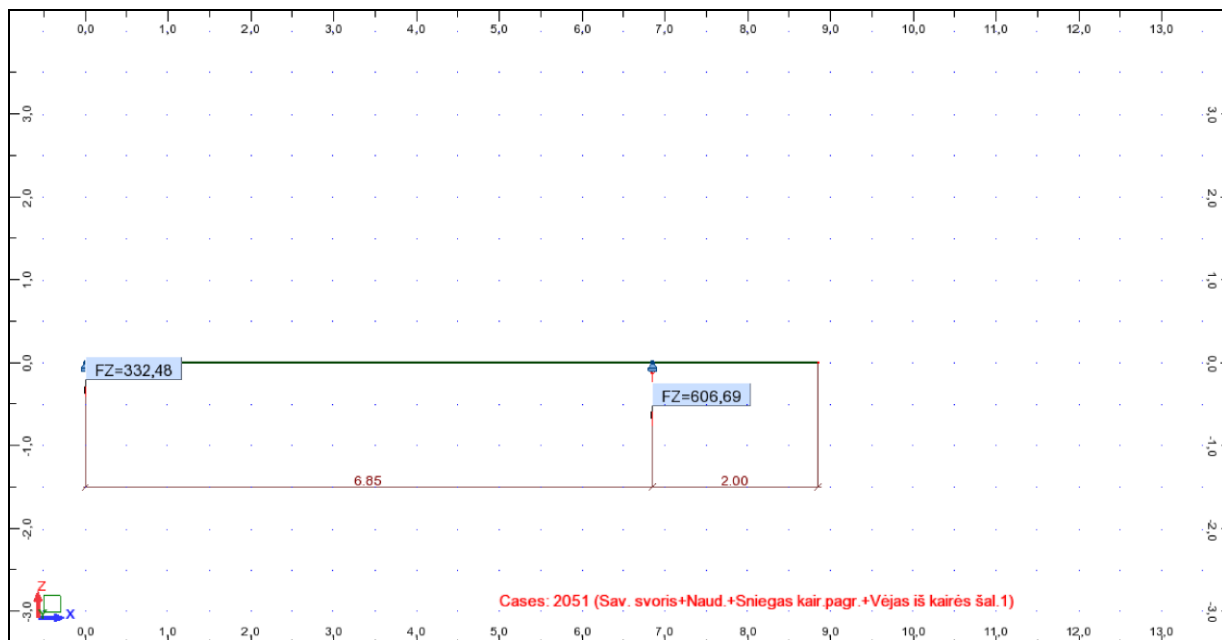
Skačiuojama konstrukcija: 3 dalies rėmsijė SRY7

Vaizdas - MY; Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

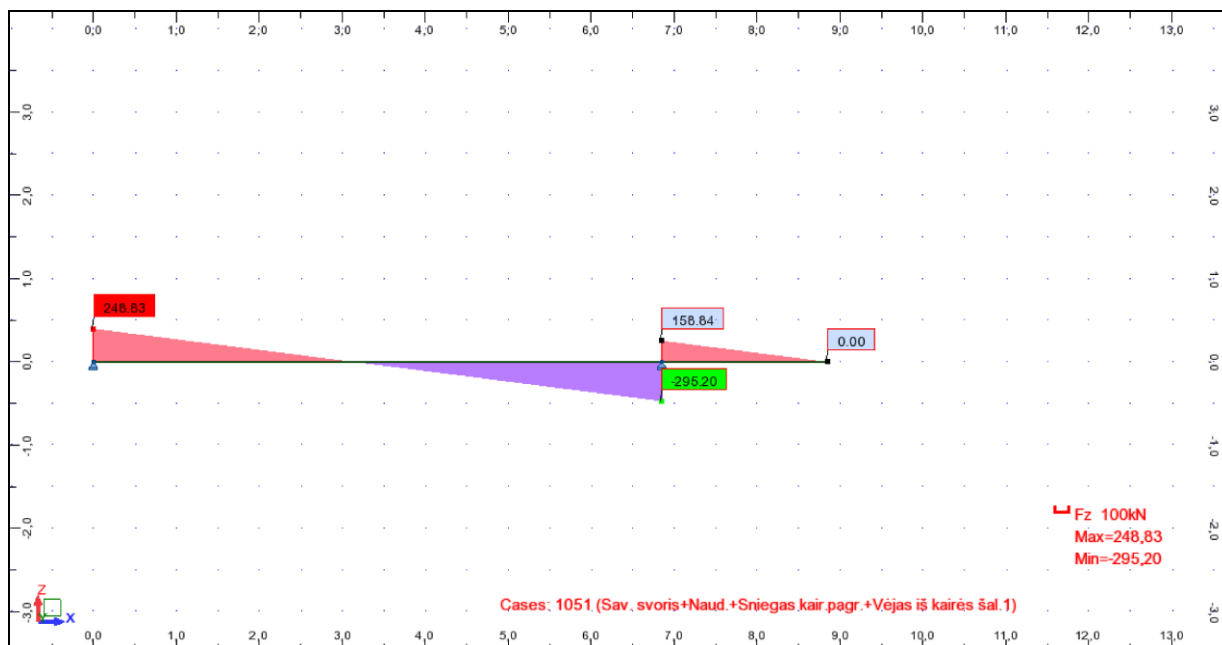


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6
Skačiuojama konstrukcija: 3 dalies rėmsijė SRY8

Vaizdas - Reakcijų jėgos(kN);Reakcijų momentai(kN*m); Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

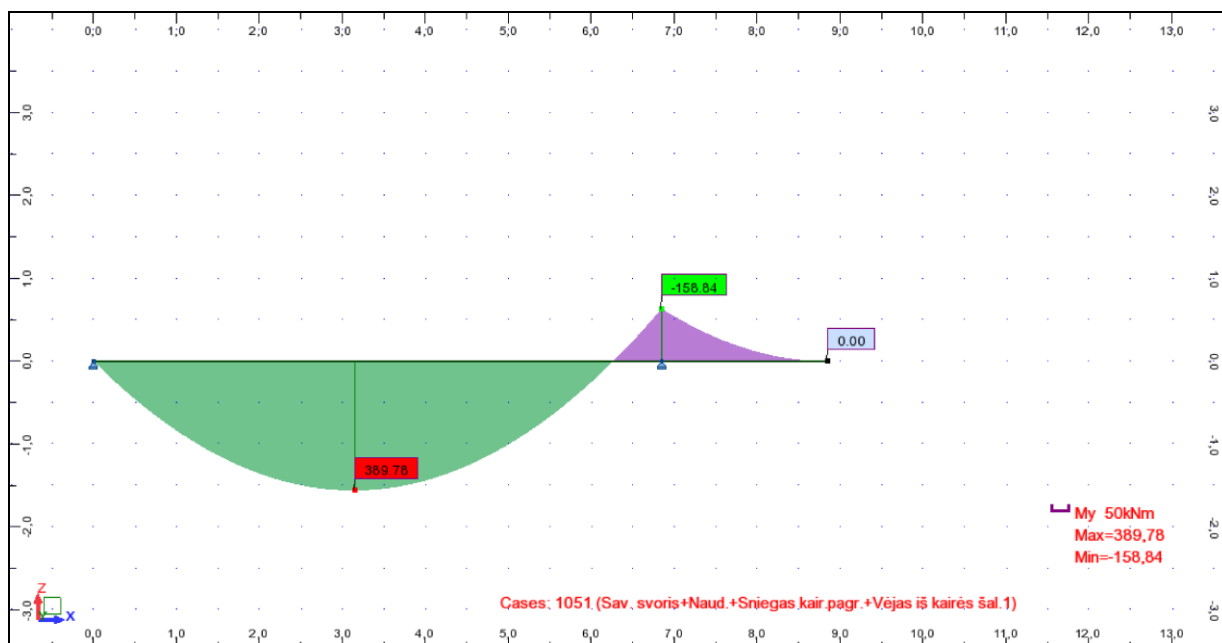


Vaizdas - Fz; Derinys: 1051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

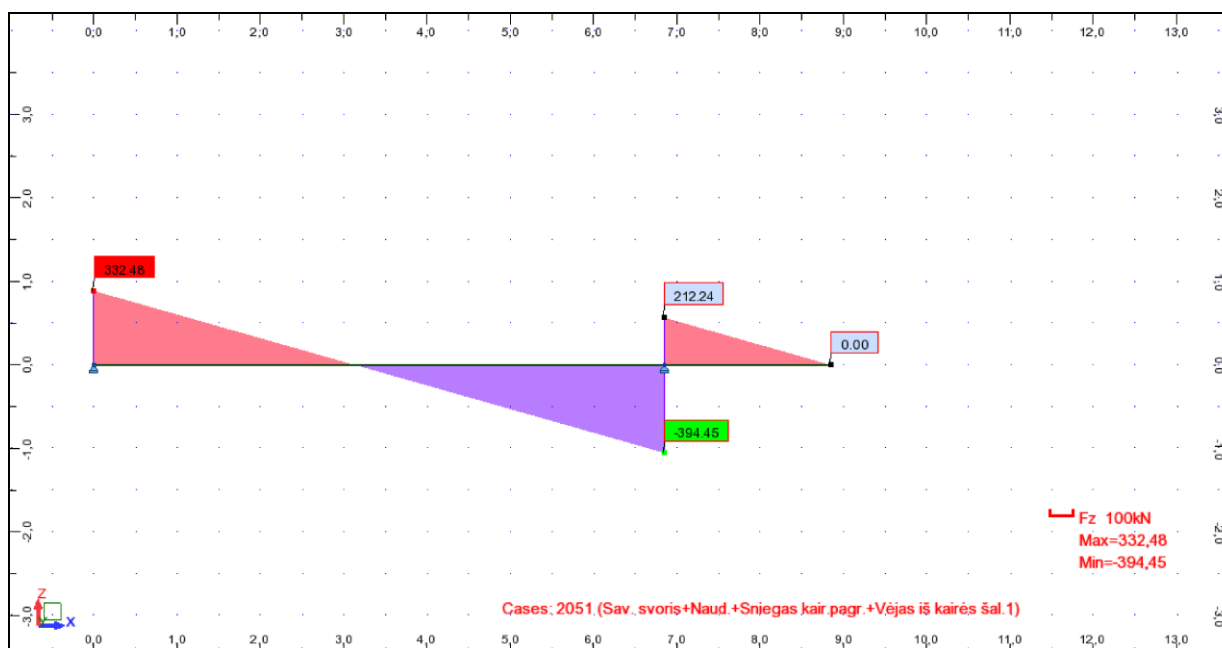


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6
Skačiuojama konstrukcija: 3 dalies rėmsijė SRY8

Vaizdas - MY; Derinys: 1051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

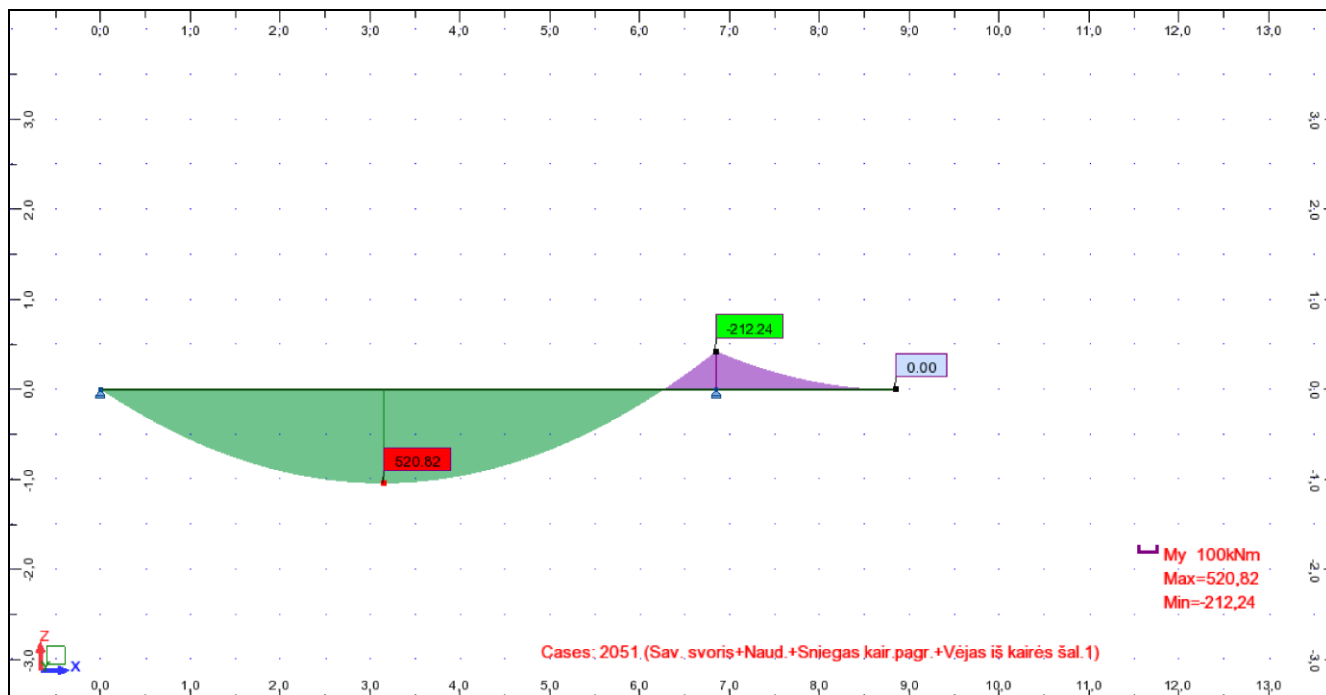


Vaizdas - FZ; Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6
Skačiuojama konstrukcija: 3 dalies rėmsijė SRY8

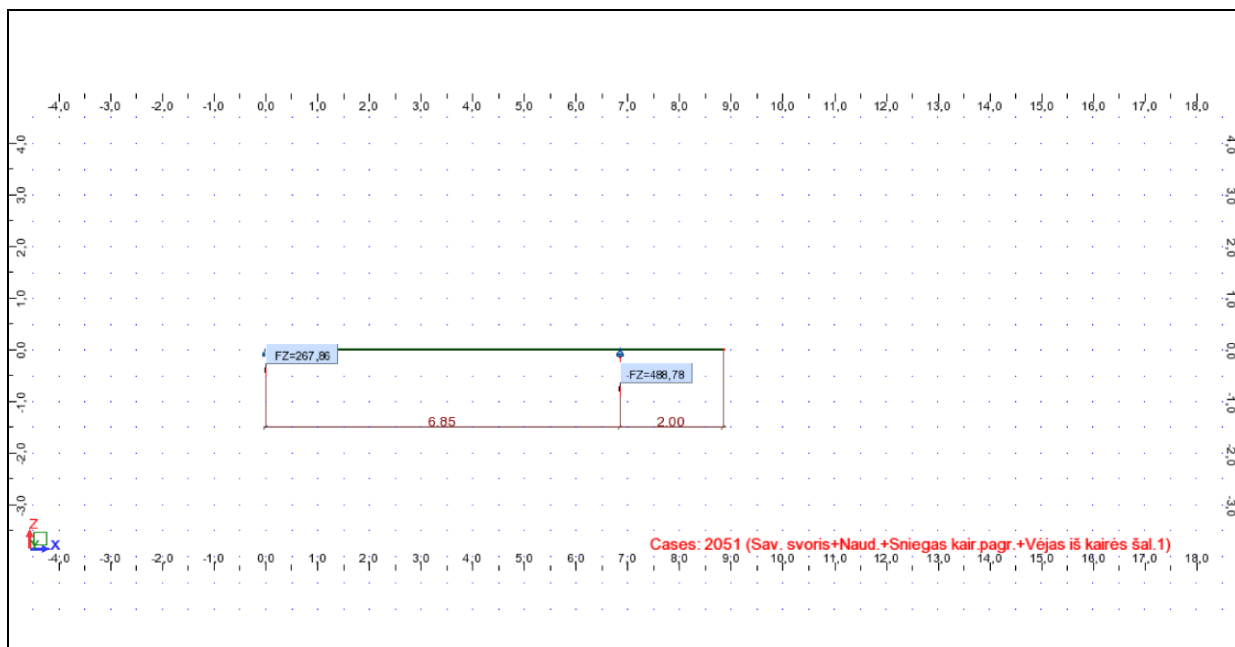
Vaizdas - MY; Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



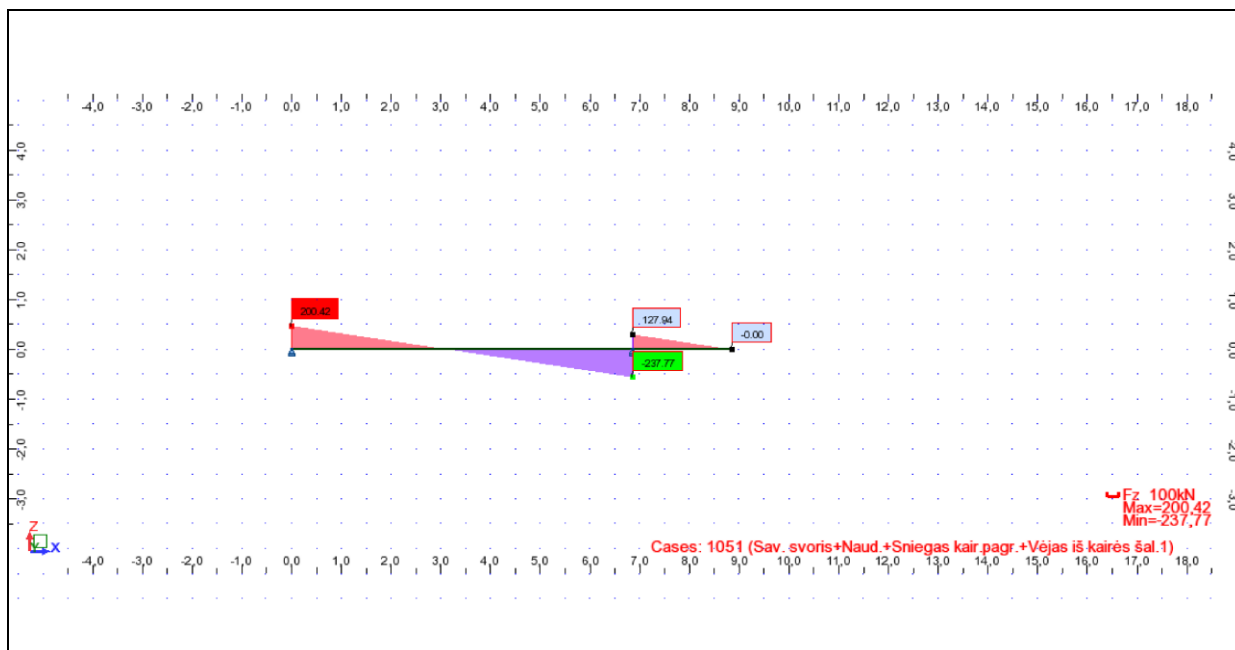
Sandėliavimo paskirties pastato su administracinėmis patalpomis statybinių konstrukcijų dalies projektas

Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6
Skačiuojama konstrukcija: 3 dalies rėmsijė SRY9

Vaizdas - Reakcijų jėgos(kN);Reakcijų momentai(kN*m); Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

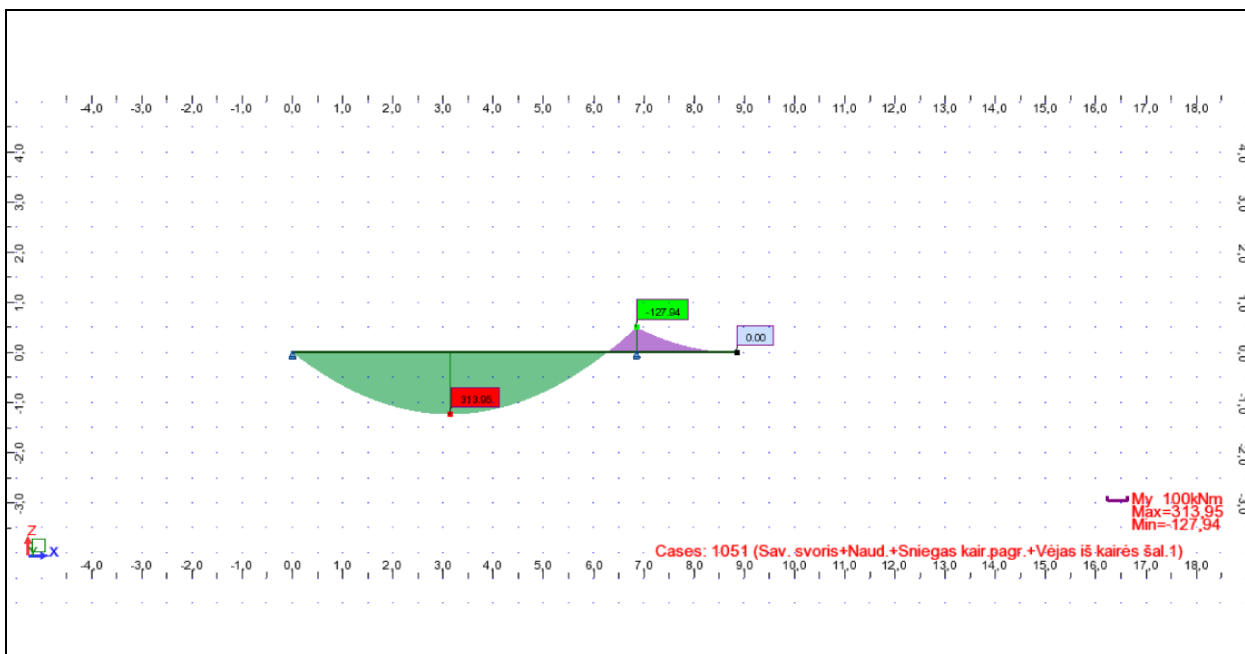


Vaizdas - Fz; Derinys: 1051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

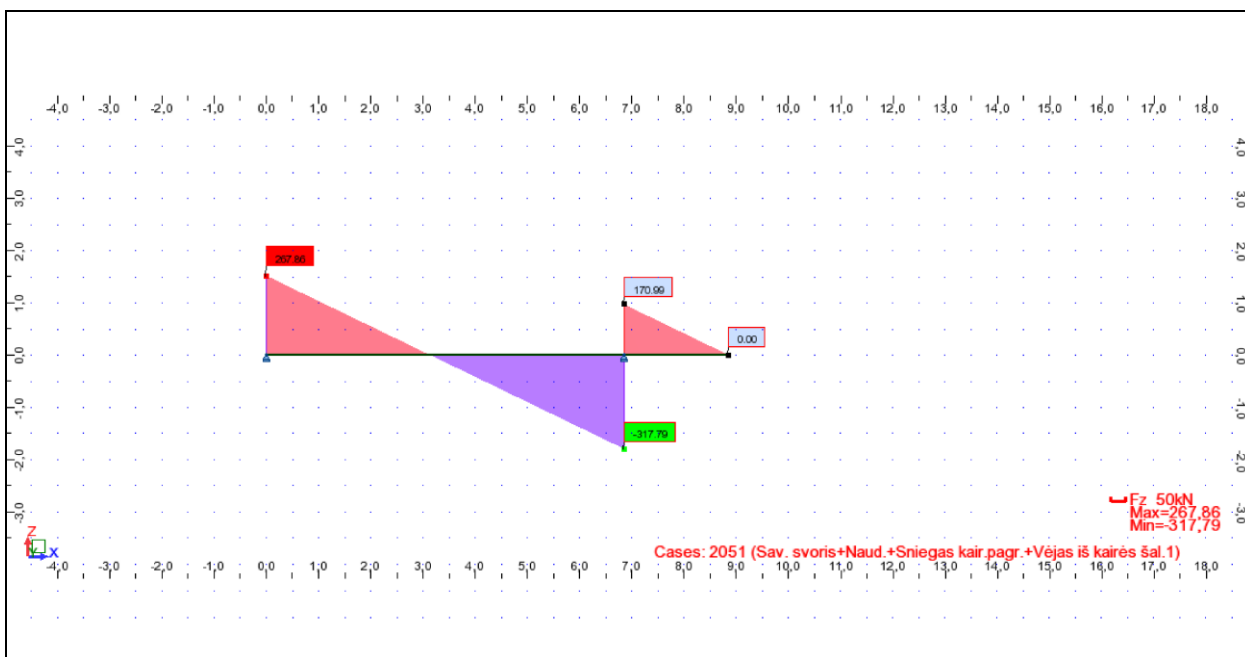


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6
Skačiuojama konstrukcija: 3 dalies rėmsijė SRY9

Vaizdas - MY; Derinys: 1051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



Vaizdas - Fz; Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

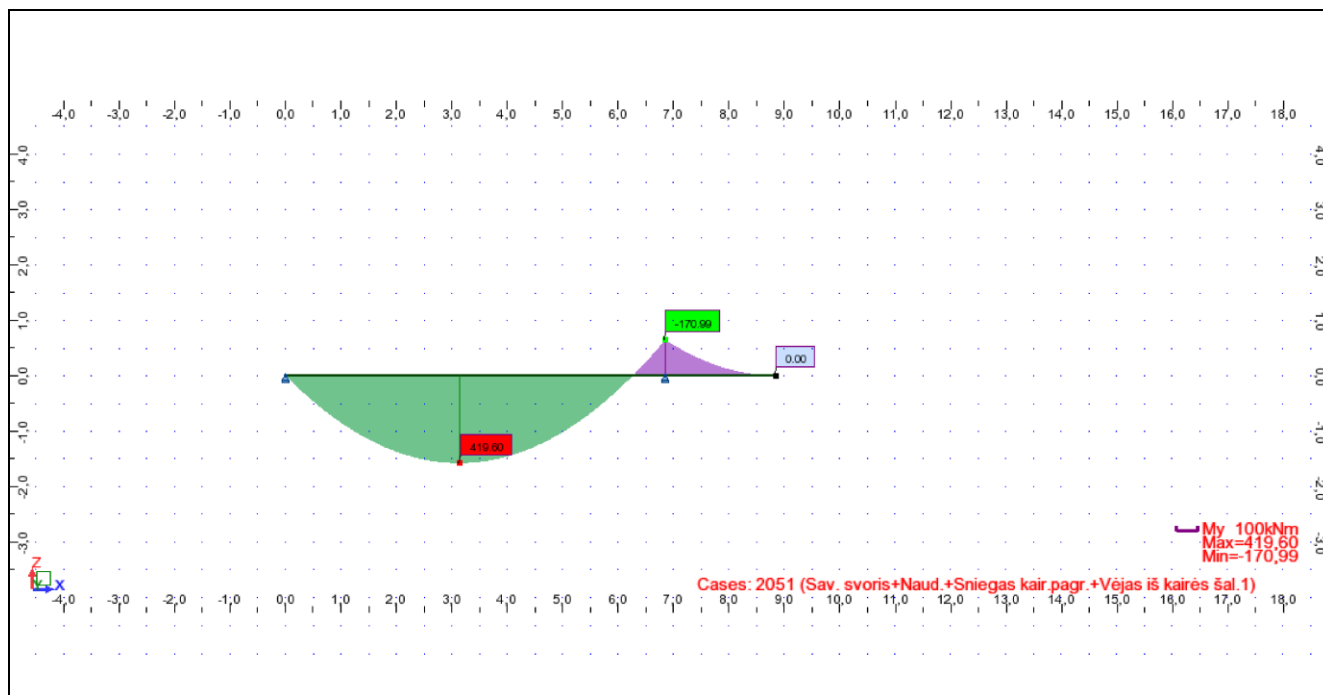


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius

Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6

Skačiuojama konstrukcija: 3 dalies rėmsijė SRY9

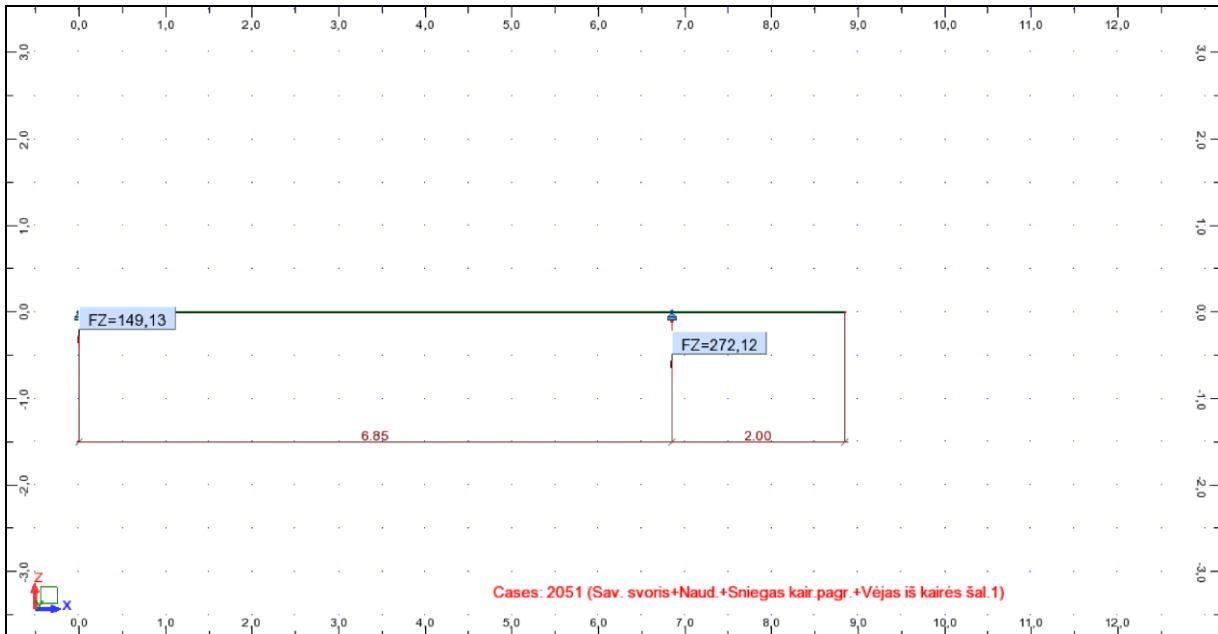
Vaizdas - MY; Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



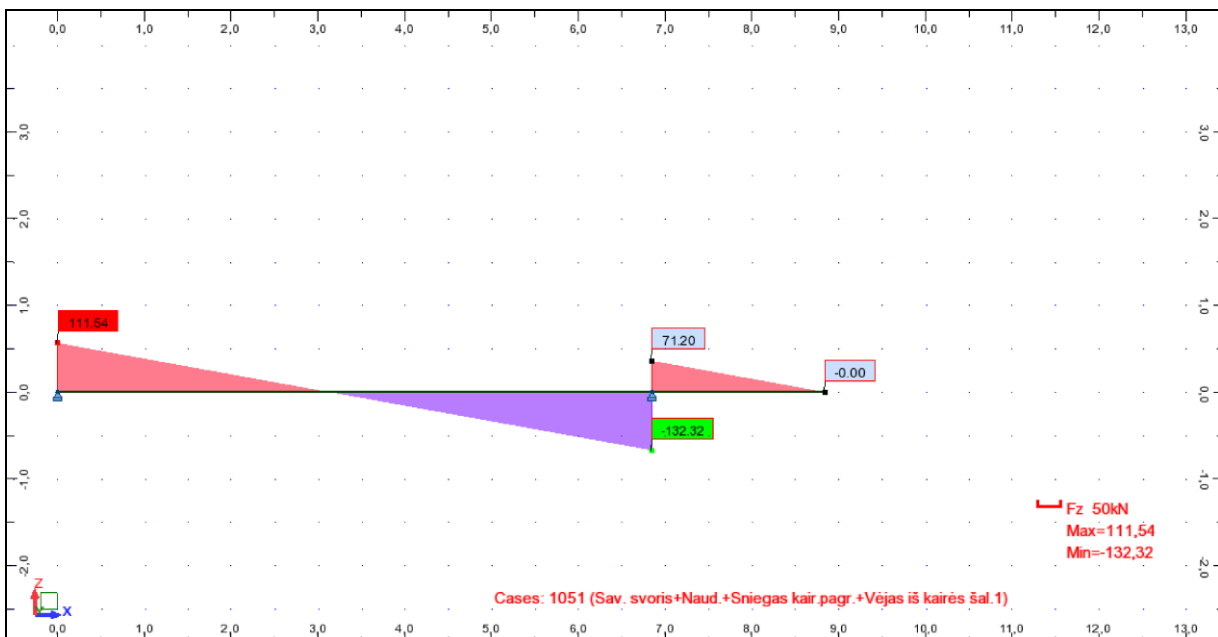
Sandėliavimo paskirties pastato su administracinėmis patalpomis statybinių konstrukcijų dalies projektas

Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6
Skačiuojama konstrukcija: 3 dalies rėmsijė SRY10

Vaizdas - Reakcijų jėgos(kN);Reakcijų momentai(kN*m); Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

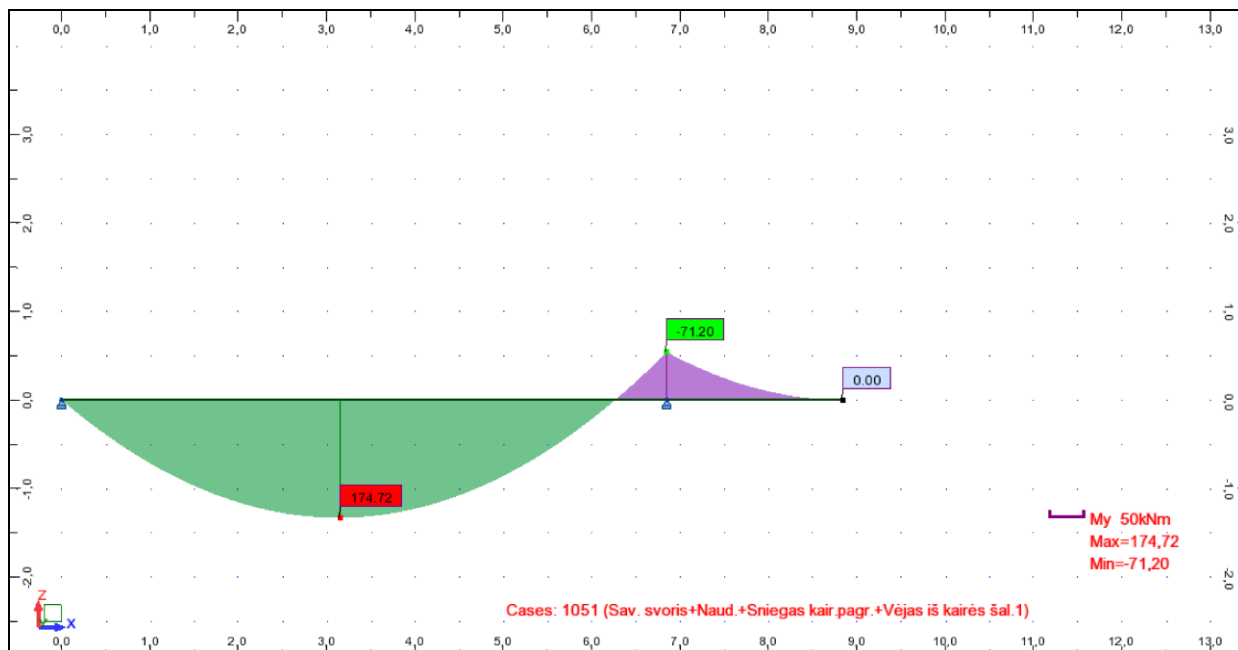


Vaizdas - Fz; Derinys: 1051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

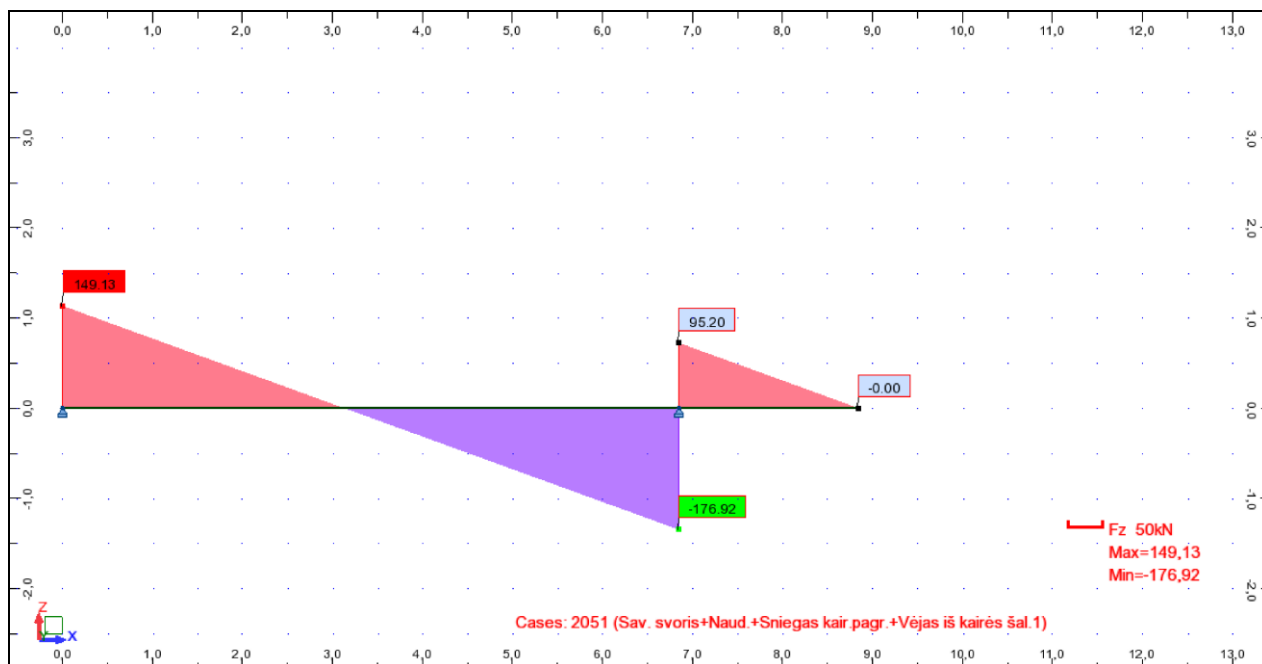


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6
Skačiuojama konstrukcija: 3 dalies rėmsijė SRY10

Vaizdas - MY; Derinys: 1051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)



Vaizdas - FZ; Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

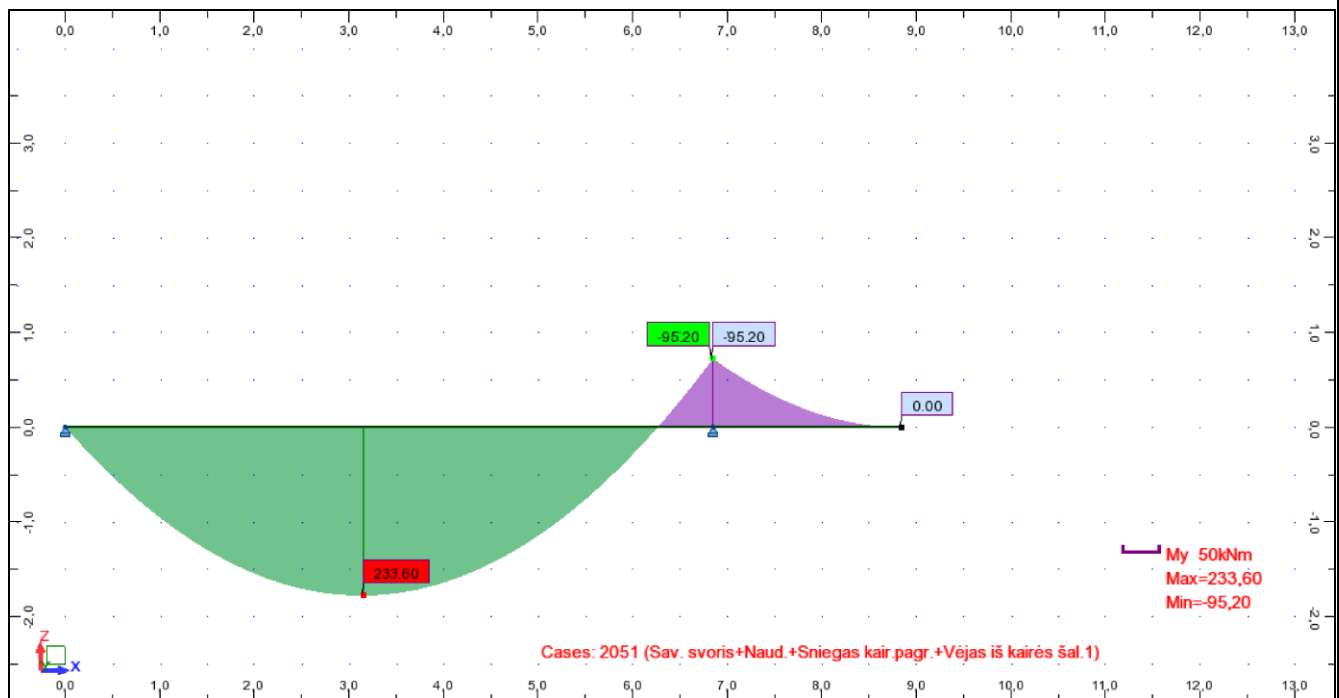


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius

Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6

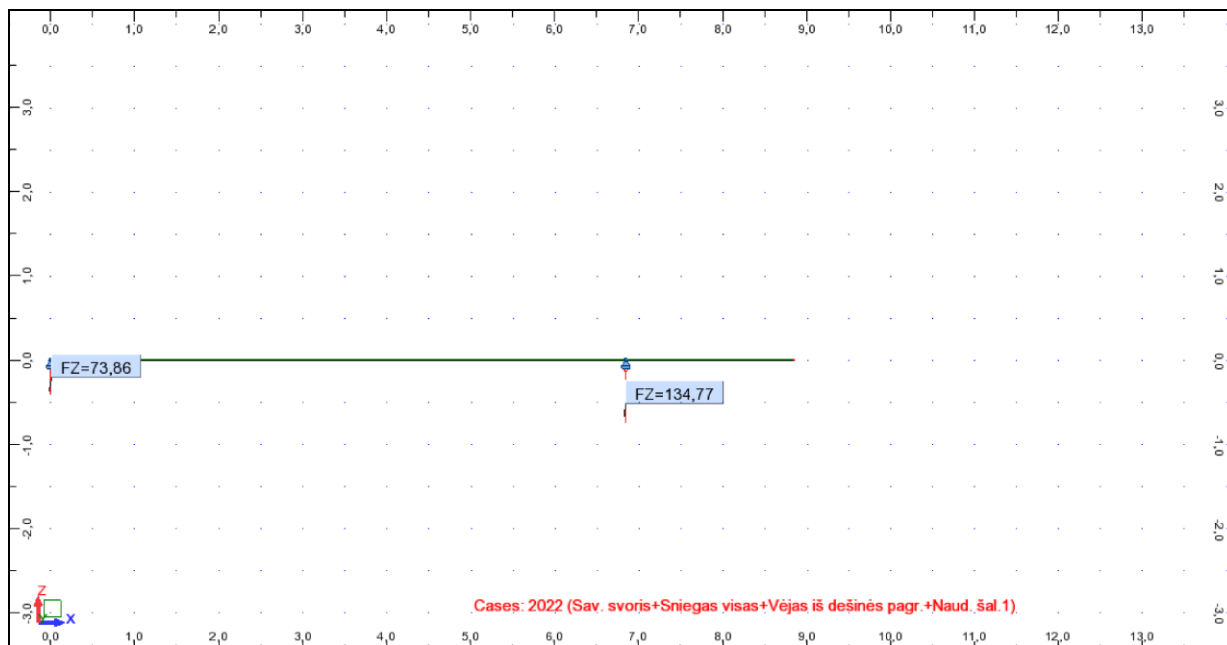
Skačiuojama konstrukcija: 3 dalies rėmsijė SRY10

Vaizdas - MY; Derinys: 2051 (Sav. svoris+Naud.+Sniegas kair.pagr.+Vėjas iš kairės šal.1)

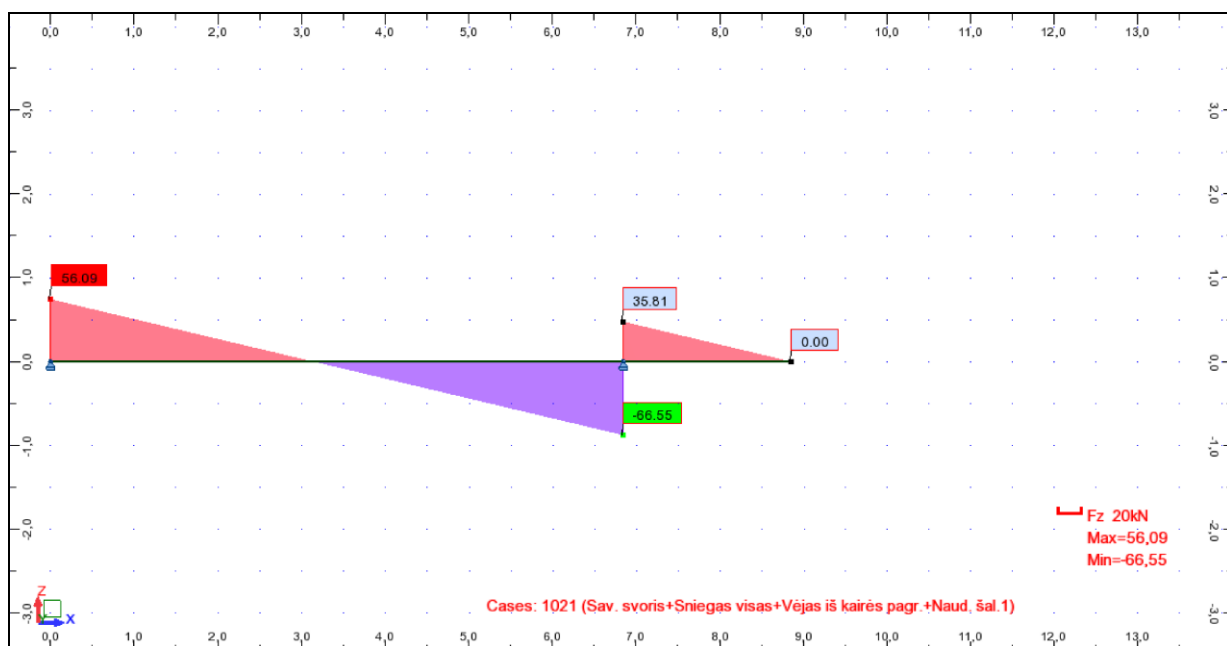


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6
Skačiuojama konstrukcija: 3 dalies denginio rėmsijė SRD1

Vaizdas - Reakcijų jėgos(kN);Reakcijų momentai(kN*m); Derinys: 2022 (Sav. svoris+Sniegas visas+Vėjas iš dešinės pagr.+Naud. šal.1)



Vaizdas - Fz; Derinys: 1021 (Sav. svoris+Sniegas visas+Vėjas iš kairės pagr.+Naud. šal.1)

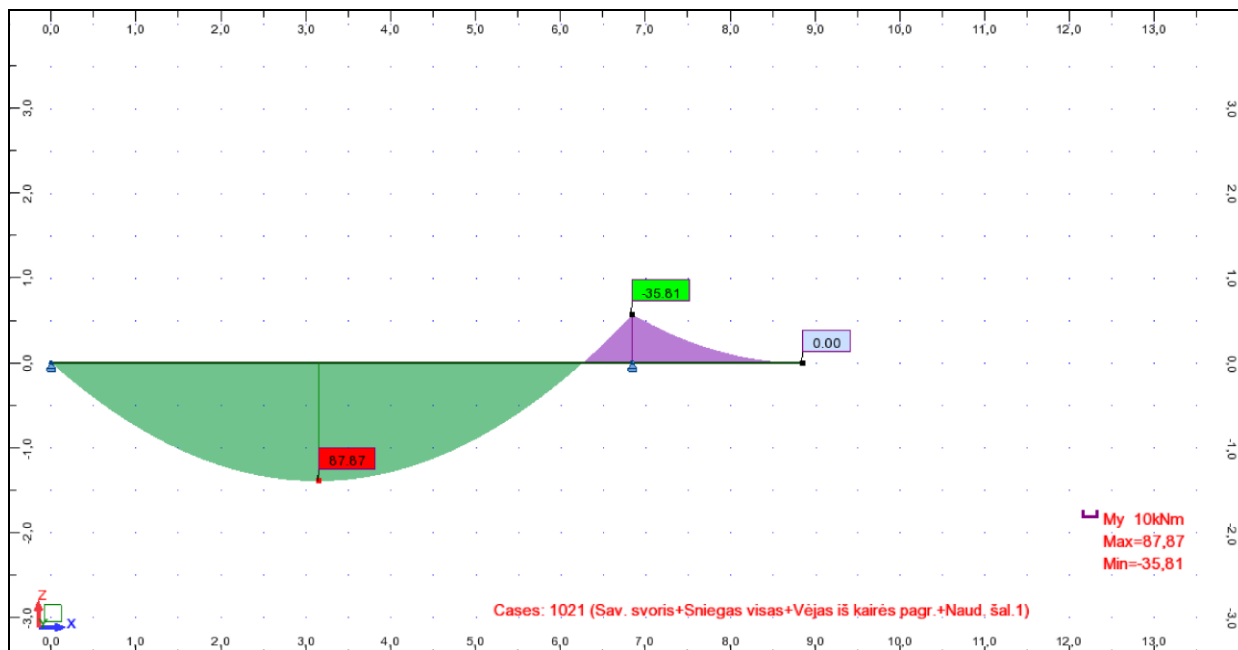


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius

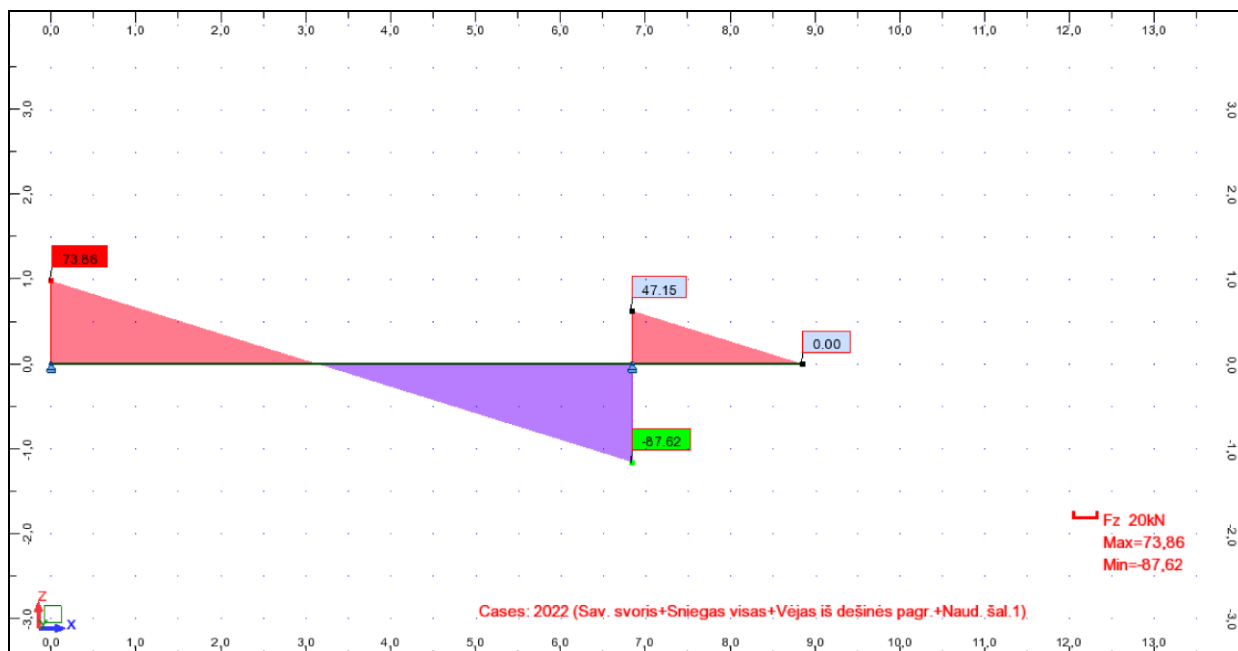
Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6

Skačiuojama konstrukcija: 3 dalies denginio rėmsijė SRD1

Vaizdas - MY; Derinys: 1021 (Sav. svoris+Sniegas visas+Vėjas iš kairės pagr.+Naud. šal.1)



Vaizdas - FZ; Derinys: 2022 (Sav. svoris+Sniegas visas+Vėjas iš dešinės pagr.+Naud. šal.1)

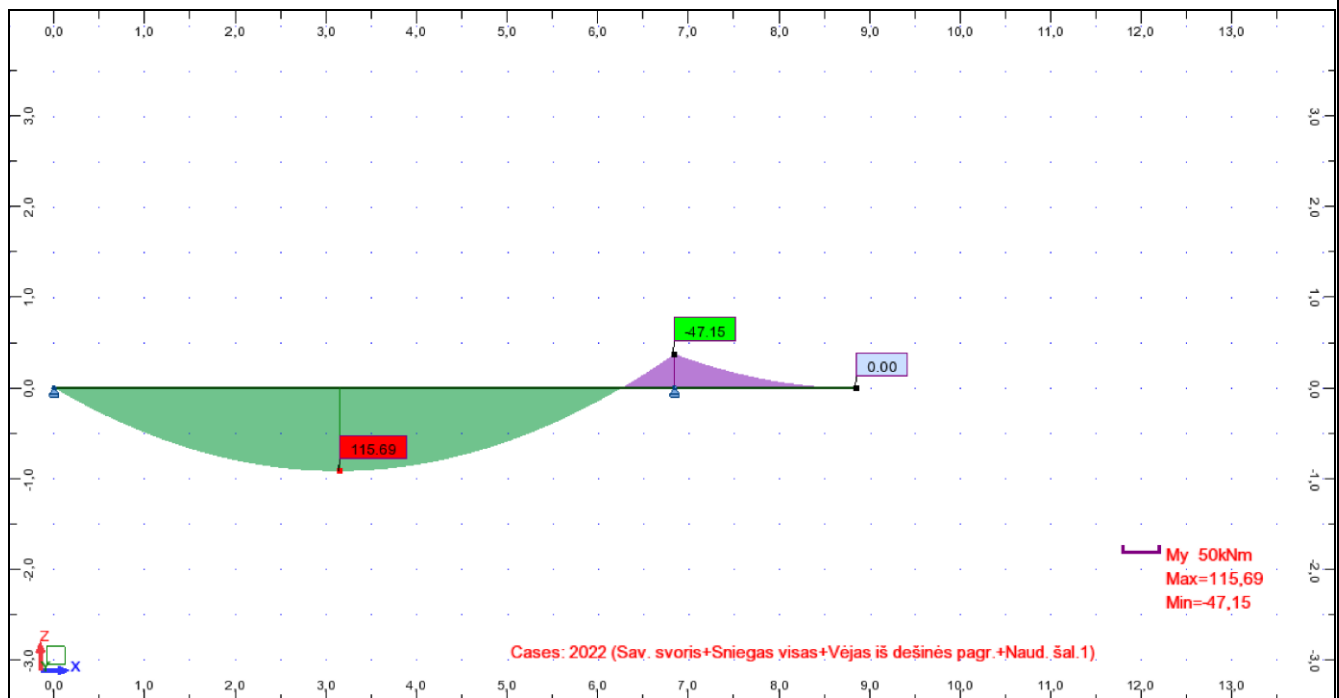


Vadovas: Mindaugas Kasiulevičius

Studentas: Ovidijus Rumšas SSM-6

Skačiuojama konstrukcija: 3 dalies denginio rėmsijė SRD1

Vaizdas - MY; Derinys: 2022 (Sav. svoris+Sniegas visas+Vėjas iš dešinės pagr.+Naud. šal.1)



SUDERINTA: _____ TŪKST.LT.

TVIRTINU: _____ TŪKST.LT.

ATSAKINGAS ATSTOVAS _____

ATSAKINGAS ATSTOVAS _____

2012 M. MĖN. D.

2012 M. MĖN. D.

LOKALINĖ SĄMATA

Sudaryta pagal 2017.03 kainas

**Statinių grupė Sandėliavimo paskirties pastato su administracinėmis patalpomis
statybinių konstrukcijų dalies projektas****Statynys 1 pastato dalis****Žiniaraštis Gelžbetoninė kolona KO1**

2018.01.07

Suma žiniaraščiui **56030.26 EUR**

Sąm. eil.	Darbo, resursų pavadinimas	Mato vienetas	Norma	Kiekis	Kaina EUR	Iš viso EUR
1						
1	N7P-0202	vnt		28,0		
	Gelžbetoninių kolonų montavimas, tvirtinant varžtais, kai kolonos masė daugiau 4t iki 6t					
	Darbo sąn. kateg. 4.0	žm.val.	6,8	190,4	5,62	1070,05
261157-1	Gelžbetoninės kolonos su varžtinėmis jungtimis	m3	2,16	60,48	600,0	36288,0
489131	Kranas	maš.val	2,3	64,4	24,45	1574,58
N7P-0202	Darbo užm. 1070.05	Medžiagos	36288,0	Mechanizmai	1574.58	Iš viso 38932.63
Iš viso skyriuje	1 Darbo užm. 1070	Medžiagos	36288	Mechanizmai	1575	Iš viso 38933
Viso žiniaraštyje	1 Darbo užm. 1070	Medžiagos	36288	Mechanizmai	1575	Iš viso 38933
	Papildomų medžiagų vertė	3.00%		1089		
	Papildomų mechanizmų vertė	3.00%			47	
	Sezoniniai darbai	15.00% (0)				
	Specifiniai darbai	17.00%				
	Papildomas darbo užmokestis 8.00%(1070)		86			
	Viso:		1156	37377	1622	40155
	Soc.draudimo išlaidos	31.00%(1070+86)		358		
	Statinio statybos išlaidos	Viso:	1514	37377	1622	40513
	Statyb vietės išlaidos	8.00%				3241
	Iš viso tiesioginės išlaidos					43754
	Pridėtinės išlaidos	30.00%(1070+86)				347
	Pelnas	5.00%(43754+347)				2205
	Iš viso netiesioginės išlaidos					2552
	Bendra vertė be PVM					46306
	Pridėtinės vertės mokestis	21.00%				9724,26
	Bendra vertė su PVM					56030,26

Sudarė :

/Pavardė/

MEDŽIAGŲ POREIKIO ŽINIARAŠTIS

Sudaryta pagal 2017.03 kainas

Statinių grupė Sandėliavimo paskirties pastato su administracinėmis patalpomis
statybinių konstrukcijų dalies projektas

Statinys 1 pastato dalis

Žiniaraštis Gelžbetoninė kolona KO1

2018-01-11

Resurso kodas	Pavadinimas	Mato vnt	Kaina EUR	Kiekis	Vertė EUR
10	BETONO IR GELŽBETONIO GAMINIAI				
261157-1	Gelžbetoninės kolonos su varžtinėmis jungtimis	m3	600,0	60,48	36288,0
	Iš viso				36288,0
	Iš viso				36288,0

MECHANIZMŲ POREIKIO ŽINIARAŠTIS

Sudaryta pagal 2017.03 kainas

Statinių grupė Sandėliavimo paskirties pastato su administracinėmis patalpomis
statybinių konstrukcijų dalies projektas

Statinys 1 pastato dalis

Žiniaraštis Gelžbetoninė kolona KO1

2018-01-11

Resurso kodas	Pavadinimas	Darbo val. kaina EUR	Darbo valandų skaičius	Vertė EUR
489131	Kranas	24,45	64,4	1574,58
Iš viso				1574,58

DARBO UŽMOKESČIO ŽINIARAŠTIS

Sudaryta pagal 2017.03 kainas

Statinių grupė Sandėliavimo paskirties pastato su administracinėmis patalpomis
statybinių konstrukcijų dalies projektas

Statinys 1 pastato dalis

Žiniaraštis Gelžbetoninė kolona KO1

2018-01-11

Sąm. eil.	Darbo kodas	Darbų ir išlaidų aprašymai	Mato vnt	Kiekis	Darbo sąnaudos žm./val.	Kategorija	Tarifinis atlygis	Darbo užmok. EUR
1								
1	N7P-0202	Gelžbetoninių kolonų montavimas, tvirtinant varžtais , kai kolonos masė daugiau 4t iki 6t	vnt	28,0	190,4	4,0	5,62	1070,05
Iš viso skyriuje 1					190,4			1070,0
Iš viso žiniaraštyje 1					190,4			1070,0

SUDERINTA: _____ TŪKST.LT.

TVIRTINU: _____ TŪKST.LT.

ATSAKINGAS ATSTOVAS _____

ATSAKINGAS ATSTOVAS _____

2012 M. MĖN. D.

2012 M. MĖN. D.

LOKALINĖ ŠAMATA

Sudaryta pagal 2017.03 kainas

**Statinių grupė Sandėliavimo paskirties pastato su administracinėmis patalpomis
statybinių konstrukcijų dalies projektas****Statiny 1 pastato dalis****Žiniaraštis Kompozitinė kolona**

2018.01.07

Suma žiniaraščiui 89152.80 EUR

Sąm. eil.	Darbų ir išlaidų aprašymai	Mato vnt	Norma	Kiekis	Kaina EUR	Iš viso EUR
2						
1 N9P-0101		t		34,16		
	Metaliųjų kolonų montavimas, kai kolonų masė daugiau 1,0 t iki 2,0t k8=1.03					
	Darbo sąn. kateg. 4.6	žm.val.	14,0	478,24	5,84	2792,92
120038	Suvirinimo elektrodai	kg	0,5	17,08	1,94	33,14
120051	Tvirtinimo varžtai (įvairūs)	kg	2,0	68,32	1,93	131,86
520003	Plieninės statybinės konstrukcijos	t	1,0	34,16	1511,3	51626,01
520349	Pagalbinės plieninės montažinės konstrukcijos	kg	0,6	20,496	1,51	30,95
534013	Apipjauta mediena (spygliuočių, 1-3 rūš.)	m3	0,004	0,13664	197,74	27,02
380004	Suvirinimo transformatorius	maš.val	0,75	25,62	2,88	73,79
489051	Kranas ant automob. važiuoklės 16 t keliam. galios	maš.val	1,5	51,24	28,86	1478,79
N9P-0101	Darbo užm. 2792.92	Medžiagos 51848.98		Mechanizmai 1552.58		Iš viso 56194.48
2 N6P-0406		t		1,2933		
	Monolitinių gelžbetoninių kolonų armavimas karkasais, kai karkaso masė daugiau 20kg iki 50kg k8=1.17, k9=1.15					
	Darbo sąn. kateg. 3.0	žm.val.	14,0	18,1062	4,98	90,17
93390	Armatūrinis karkasas	t	1,0	1,2933	969,23	1253,51
120341	Plieninė viela	kg	1,2	1,55196	0,9	1,4
489131	Kranas	maš.val	0,4	0,51732	24,45	12,65
N6P-0406	Darbo užm. 90.17	Medžiagos 1254.91		Mechanizmai 12.65		Iš viso 1357.73
3 N6P-0401		m3		31,6798		
	Monolitinių gelžbetoninių kolonų betonavimas, kai kolonų aukštis daugiau kaip 3,5m, perimetras daugiau kaip 1200mm, naudojant siurbį k8=1.04, k9=1.15					
	Darbo sąn. kateg. 3.5	žm.val.	2,7	85,53546	5,25	449,06
600043	Betono mišiniai	m3	1,015	32,155	72,82	2341,53
489092	Betono siurblys	maš.val	0,14	4,43517	40,87	181,27
489192	Vibratorius	maš.val	0,8	25,34384	0,5	12,67
N6P-0401	Darbo užm. 449.06	Medžiagos 2341.53		Mechanizmai 193.94		Iš viso 2984.53
Iš viso skyriuje 2	Darbo užm. 3332	Medžiagos 55445		Mechanizmai 1759		Iš viso 60536
Viso žiniaraštyje 2	Darbo užm. 3332	Medžiagos 55445		Mechanizmai 1759		Iš viso 60536
	Papildomų medžiagų vertė 3.00%			1663		
	Papildomų mechanizmų vertė 3.00%				53	
	Sezoniniai darbai 15.00% (539)		81			
	Specifiniai darbai 17.00%		117			

Sąm. eil.	Darbų ir išlaidų aprašymai	Mato vnt	Norma	Kiekis	Kaina EUR	Iš viso EUR
	Papildomas darbo užmokestis 8.00%(3332+81+117)			282		
		Viso:	3812	57108	1812	62732
	Soc.draudimo išlaidos 31.00%(3332+81+117+282)		1182			
	Statinio statybos išlaidos	Viso:	4994	57108	1812	63914
	Statybvietės išlaidos 8.00%					5113
	Iš viso tiesioginės išlaidos					69027
	Pridėtinės išlaidos 30.00%(3332+81+117+282)					1144
	Pelnas 5.00%(69027+1144)					3509
	Iš viso netiesioginės išlaidos					4653
					Bendra vertė be PVM	73680
	Pridėtinės vertės mokestis 21.00%					15472,8
					Bendra vertė su PVM	89152,8

Sudarė :

/Pavardė/

MEDŽIAGŲ POREIKIO ŽINIARAŠTIS

Sudaryta pagal 2017.03 kainas

Statinių grupė Sandėliavimo paskirties pastato su administracinėmis patalpomis
statybinių konstrukcijų dalies projektas

Statinys 1 pastato dalis

Žiniaraštis Kompozitinė kolona

2018-01-11

Resurso kodas	Pavadinimas	Mato vnt	Kaina EUR	Kiekis	Vertė EUR
1	METALAS				
93390	Armatūrinis karkasas	t	969,23	1,2933	1253,51
120038	Suvirinimo elektrodai	kg	1,94	17,08	33,14
120051	Tvirtinimo varžtai (įvairūs)	kg	1,93	68,32	131,86
120341	Plieninė viela	kg	0,9	1,55196	1,4
520003	Plieninės statybinės konstrukcijos	t	1511,3	34,16	51626,01
520349	Pagalbinės plieninės montažinės konstrukcijos	kg	1,51	20,496	30,95
	Iš viso				53076,87
8	MEDŽIO GAMINIAI				
534013	Apipjauta mediena (spygliuočių, 1-3 rūš.)	m3	197,74	0,13664	27,02
	Iš viso				27,02
11	PUSFABRIKAČIAI				
600043	Betono mišiniai	m3	72,82	32,155	2341,53
	Iš viso				2341,53
	Iš viso				55445,42

MECHANIZMŲ POREIKIO ŽINIARAŠTIS

Sudaryta pagal 2017.03 kainas

Statinių grupė Sandėliavimo paskirties pastato su administracinėmis patalpomis
statybinių konstrukcijų dalies projektas

Statinys 1 pastato dalis

Žiniaraštis Kompozitinė kolona

2018-01-11

Resurso kodas	Pavadinimas	Darbo val. kaina EUR	Darbo valandų skaičius	Vertė EUR
380004	Suvirinimo transformatorius	2,88	25,62	73,79
489051	Kranas ant automob. važiuoklės 16 t keliam. galios	28,86	51,24	1478,79
489092	Betono siurblys	40,87	4,43517	181,27
489131	Kranas	24,45	0,51732	12,65
489192	Vibratorius	0,5	25,34384	12,67
Iš viso				1759,17

DARBO UŽMOKESČIO ŽINIARAŠTIS

Sudaryta pagal 2017.03 kainas

Statinių grupė Sandėliavimo paskirties pastato su administracinėmis patalpomis
statybinių konstrukcijų dalies projektas

Statinys 1 pastato dalis

Žiniaraštis Kompozitinė kolona

2018-01-11

Sąm. eil.	Darbo kodas	Darbų ir išlaidų aprašymai	Mato vnt	Kiekis	Darbo sąnaudos žm./val.	Kategorija	Tarifinis atlygis	Darbo užmok. EUR
2								
1	N9P-0101	Metalinų kolonų montavimas , kai kolonų masė daugiau 1,0 t iki 2,0t k8=1.03	t	34,16	478,24	4,6	5,84	2792,92
2	N6P-0406	Monolitinių gelžbetoninių kolonų armavimas karkasais , kai karkaso masė daugiau 20kg iki 50kg k8=1.17, k9=1.15	t	1,2933	18,11	3,0	4,98	90,17
3	N6P-0401	Monolitinių gelžbetoninių kolonų betonavimas, kai kolonų aukštis daugiau kaip 3,5m , perimetras daugiau kaip 1200mm, naudojant siurbį k8=1.04, k9=1.15	m3	31,6798	85,54	3,5	5,25	449,06
Iš viso skyriuje 2					581,88			3332,0
Iš viso žiniaraštyje 2					581,88			3332,0