

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
STATYBOS INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas
doc. M. Pelikša

2011-06-06

PRIEŠGAISRINĖS TARNYBOS PASTATAS KELMĖJE

Statybos inžinerijos bakalauro darbas

Vadovas

_____ prof. I. Židonis

2011-06-06

Autorius

_____ S-7 gr. stud. **M. Miniotas**

2011-06-06

Recenzentas

2011-06-10

ŠIAULIAI, 2011

Santrauka

Pagal baigiamojo darbo užduotį projektuojamas specialiosios paskirties pastatas Kelmėje, kuriame įsikurs Valstybinė priešgaisrinė tarnyba. Numatoma, kad šioje tarnyboje dirbs 62 žmonės. Pastatą galima suskirstyti į dvi dalis: vienaaukštę ir triaukštę. Vienaaukštėje dalyje bus laikomos tarnybos mašinos, gelbėjimo priemonės, bei atliekama automobilių techninė priežiūra ir nesudėtingi remonto darbai. Kitoje dalyje bus įrengtos patalpos reikalingos ugniagesių - gelbėtojų patogiam poilsiui ir kasdieniniai veiklai, taip pat trečiame aukšte įsikurs tarnybos administracija. Baigiamasis bakalauro darbas susideda iš keturių dalių:

1. Architektūrinė dalis;
2. Laikančiųjų konstrukcijų skaičiavimo;
3. Technologinės ir ekonominės;
4. Pastato šildymo sistemos skaičiavimo.

Architektūrinėje dalyje aprašoma teritorija, kurioje bus statomas pastatas, parenkami konstruktyviniai sprendimai, apskaičiuojami pagrindiniai pastato rodikliai ir aprašoma, kaip atrodys pastatas statybos pabaigoje.

Antroje dalyje apskaičiuojamos dvi laikančiosios konstrukcijos: 16 m metalinė trapecinė santvara ir nepertraukiamo formavimo gelžbetoninė plokštė. Santvaros įrašos nustatomos kompiuterine programa.

Trečioje dalyje apskaičiuojami darbų kiekiai ir sąmata pastato daliai. Sąmatą suskaičiuoti naudojama programa "Sistela". Pagal gautą samatą sudaromi grafikai.

Ketvirtoje dalyje apskaičiuojamos trečio aukšto išorinių atitvarų šiluminės varžos, nustatomi šilumos nuostoliai per ilginčius šiluminius tiltelius, atitvaras ir dėl patalpų vėdinimo. Parenkami radiatoriai ir subalansuojama šildymo sistema.

Prieduose pateikiama svarbi informacija, kuri papildo aiškinamojo rašto dalis ir pagrindžia sprendinius.

Brėžinius galime suskirstyti į tris tipus:

1. Architektūriniai;
2. Konstrukciniai;
3. Technologiniai.

Architektūriniuose brėžiniuose pateikiami pastato konstruktyviniai sprendimai, pastato patalpinimas sklype, jo bendra padėtis mieste.

Konstrukciniuose brėžiniuose detalizuoti laikančiųjų konstrukcijų detalės, parenkamos medžiagos ir reikalingi jų kiekiai.

Technologiniuose brėžiniuose vaizduojamas darbo organizavimas ir medžiagų išdėstymas statybos aikštelėje, taip pat trečio aukšto šildymo sistemos išvedžiojimas.

Skaičiavimai ir parinkimai atlikti pagal galiojančius teisės aktus.

Summary

According to the final work task, the special purpose building in Kelmé was designed, in which the State Fire Service will settle. It is predicted that there will work 62 people. This building can be divided into two parts: one-story and three-story. One-story part will be used for service equipment, rescue tools to be kept in, car maintenance and simple repair will be performed. In the other part facilities necessary for firefighters - rescuers comfortable rest and daily activities will be arranged. On the third floor the Administration Office will be opened. The final Bachelor's work consists of four parts.

1. Architectural part;
2. Calculation of load-bearing structures;
3. Technological and economical part;
4. Calculation of the building heating system.

In the Architectural part the territory, in which the building will be built, the constructive decisions are selected, main characteristics of the building are calculated and also the foreseen exterior is described at the end of construction.

In the second part two load-bearing constructions are calculated: 16m trapezoidal metal truss and reinforced concrete slab forming. Trusses stress is calculated with a computer program

In the third part the volumes of work and the estimate of building part are provided. The estimate is calculated with program "Sistela". Regarding the estimate obtained the schemes have been created.

In the fourth part the third floor outside enclosure thermal resistance, heat set loss through the bridges, walls and ventilation are calculated. The radiators are chosen and the heating system is equilibrated.

In the annexes the important information is revealed, which supplements the explanatory notes' parts and base the solutions.

The schemes can be divided into three types:

1. Architectural;
2. Constructural;
3. Technological.

In the architectural schemes the building constructive solutions, placing a building site, and the overall situation of it, is described.

In the constructive schemes elaborate details of supporting structures, the selected materials and their amount are indicated.

The technological schemes depict the labour organization and material to construction sites, as well as the third-floor heating system routing.

Calculations and selections are made in accordance with current legislation acts.

Turinys

Ivadas	6
1. Architektūrinė dalis	7
1.1. Objekto paskirtis	7
1.2. Objekto sklypas	7
1.3. Planiniai – tūriniai pastato rodikliai bei sprendiniai.....	8
1.4. Pastato patalpos.....	9
1.5 Pastato konstrukcijos	9
1.6 Inžineriniai tinklai	14
2. Laikančių konstrukcijų skaičiavimas.....	16
2.1. Gelžbetoninės nepertraukiamo formavimo kiaurymėtos plokštės skaičiavimas.....	16
2.2. Metalinės trapecinės santvaros SN-1 skaičiavimas.....	38
3. Technologinė ir ekonominė dalis	52
3.1 Atliekami darbai.....	52
3.2 Darbų sauga.....	54
3.3. Darbų kokybės reikalavimai.....	55
3.4. Darbų kiekių skaičiavimas	55
3.5 Sąmatos	58
4. Pastato šildymo sistemos skaičiavimas	59
4.1 Išorinių atitvarų varžos ir šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas.....	59
4.2. Pastatų šildymo nuostoliai ir šildymo sąnaudos.....	61
4.3. Šildymo įrenginių skaičiavimas.....	76
Literatūra.....	78

Brėžinių sąrašas

- S.13.01.AD Generalinis planas; Situacijos schema; Pastato fasadai.
- S.13.02.AD Išilginis ir skersiniai pjūviai.
- S.13.03.AD Pastato pirmo, antro ir trečio aukštų planai.
- S.13.04.AD Pastato pamatų planas; Pastato denginio planas; Pastato stogo planas.
- S.13.05.KD Trapecinės plieninės santvaros SN-1 brėžiniai.
- S.13.06.TD Gelžbetoninės plokštės PKE 20-7-9,3 brėžiniai; Pirmo ir antro aukštų perdangų planai; Statybos planas.
- S.13.07.TD Kalendorinis darbo ir darbininkų pareikalavimo grafikai. Trečio aukšto šildymo sistemos planas.

Ivadas

Projektuojamas priešgaisrinės tarnybos pastatas, kurio pagrindinė paskirtis tinkamo gaisrų gesinimo ir gelbėjimo tarnybos darbo užtikrinimas. Pastatas suprojektuotas taip, kad ugniagesiai - gelbėtojai per trumpą laiką sugebėtų nusigauti iki tarnybinių mašinų. Šio pastato statybos vieta parinkta taip, kad būtų užtikrintas greitas nuvažiavimas į bet kurią miestelio ar rajono dalį. Pastatas suprojektuotas taip, kad vienoje jo dalyje dirbs tarnybos administracija, o likusioje bus patalpos reikalingos normaliam tarnybos darbui.

Pastatas projektuojamas taip, kad tenkintų tokius reikalavimus:

1. Mechaninio patvarumo ir pastovumo;
2. Gaisrinės saugos
3. Energijos suvartojimo
4. Žmonių su negalia judėjimo (tik daliai patalpų);
5. Aplinkos apsaugos;
6. Higienos reikalavimų.

Bakalauro darbą sudaro keturios pagrindinės dalys, kuriose turi būti laikomasi anksčiau paminėtų reikalavimų.

Architektūrinėje dalyje aprašoma teritorija, kurioje bus statomas pastatas, parenkami konstruktyviniai sprendimai, apskaičiuojami pagrindiniai pastato rodikliai ir aprašoma, kaip atrodys pastatas statybos pabaigoje.

Skaičiuojant laikančiąsias konstrukcijas reikia, kad būtų išlaikyti visi ribinių būvių keliami reikalavimai ir konstrukcijos suprojektuotos ekonomiškai.

Technologinėje ir ekonominėje dalyje numatoma darbų atlikimo eiga ir kokių darbo metodų reikia laikytis. Taip pat nustatoma pastato dalies statybos vertė ir kiek sugaištama laiko prie vieno ar kito proceso.

Skaičiuojant šildimo sistemą, ivertinama laukųjų atitvarų šiluminės varžos, apskaičiuojami šilumos nuostoliai per atitvaras ir dėl vėdinimo, parenkami radiatoriai ir subalansuojama sistema, kad cirkuliuotų reikiami šilumnešio debitai.

Kiekviena šio projekto dalis yra svarbi, nes tinkamai parinktos konstrukcijos ir darbo metodai, prailgina pastato tarnavimo laiką ir sumažina statybos sąnaudas ir išlaidas reikalingas tinkamai jo būklei palaikyti.

1. Architektūrinė dalis

1.1. Objekto paskirtis

Pastate įsikurs Valstybinės priešgaisrinės tarnybos Kelmės poskyris. Šios tarnybos paskirtis bus gelbėjimo ir gaisrų gesinimo darbai Kelmės rajone.

Vienoje pastato dalyje bus laikomos mašinos, gesinimo priemonės, gelbėjimui reikalinga įranga, o kitoje pastato dalyje įsikurs tarnybos administracija ir bus įrengtos patalpos, reikalingos gaisrininkų poreikiams ir poilsiui. Numatyta vieta gaisrinės automobilių remontui ir priežiūrai.

Ugniagesių pamainos ilgis 24 valandos. Vienoje pamainoje vidutiniškai dirbs 10 ugniagesių - gelbėtojų. Taip pat pastate dirbs tarnybos viršininkas, jo pavaduotojas, pamainų vadai, buhalteriai, priešgaisrinės saugos inspektorai, automobilių mechanikas, dispečiariai, ukvedys ir valytoja. Iš viso šiame Valstybinės priešgaisrinės tarnybos poskyryje dirbs 62 žmonės. Daugiausiai pamainoje dirbs 23 žmonės.

Tarp pirmo ir antro aukšto numatomas 150 mm skersmens nerūdijančio plieno stulpas skirtas greitam nusileidimui iš antro aukšto į pirmą.

Pastate tilps penkios tarnybos mašinos (autosisterna Iveco ML130 E24D (4x2), kurios ilgis 8669mm, plotis 2320, aukštis 2671mm, Renault Midnum 220.14 (4x4), kurios ilgis 7495mm, plotis 2500, aukštis 3281mm, rezervinė autosisterna Ural 5557 (6x6), kurios ilgis 7703mm, plotis 2500, aukštis 3400mm, greito regavimo automobilis GAZ-33027-1084 (4x4), kurios ilgis 5875 mm, plotis 2100, aukštis 2620mm, autokopėčios Volvo FL6.17, kurios ilgis 9700 mm, plotis 2500, aukštis 2380mm).

1.2. Objekto sklypas

Objekto sklypas yra prietvakinėje Kelmės miestelio dalyje. Sklypas yra šalia Vytauto Didžiojo ir Tyliosios gatvių sankirtos. Sklypas yra maždaug stačiakampio formos. Sklypo ilgosios kraštinės ilgis 83,00m ir ji driekiasi lygiagrečiai Vytauto Didžiojo gatvei. Sklypo trumpesniosios kraštinės ilgis 47,00m ir ji driekiasi lygiagrečiai Tyliajai gatvei. Sklypo plotas 38,57a, perimetras - 255,00m. Vidutinė sklypo altitudė 140,50m. Sklypo vidutinis nuolydis yra nedidelis apie 0,05% į Vytauto Didžiojo gatvę. Įvažiavimas tarnybiniams automobiliams į aikštelę ir taip pat į garažą bus iš Vytauto Didžiojo gatvės, o iš Tiliosios gatvės numatomas įvažiavimas į aikštelę darbuotojų automobiliams.

Sklype yra medžių, kurie bus nukirsti, o kelmai išgręžiami. Sklype nėra pastatų, todėl nereikės papildomų lėšų juos nugriauti. Sklype vyraujantis gruntas yra priesmėlis. Netoli sklypo ribos praeina vandentekio, dujų, kanalizacijos vamzdinai ir elektros linija.

Nuogrinda aplink pastatą ir takai žmonės išklojami betoninėmis grindinio trinkelėmis GT 2-6, kurių matmenys 200x100x60mm. Automobilių stovėjimo aikštelės įrengiamas iš asfalbetonio. Įvažiavimai į garažus taip pat padaromi iš asfalbetonio su 2,5° nuolydžiu. Taip pat šalia įvažiavimų į

garažą įrengiamos apsauginės monolitinės 200mm storio sienutės, kurios įgilinamos 1,2m žemiau žemės paviršiaus. Aikštelės nuo žaliųjų plotų atskiriamos gatvės bordiūrais, o nuogrindos ir piesčiųjų takai atskiriami vejos bordiūrais. Bendri duomenys apie sklypą 1.1 lentelėje

Bendri duomenys apie sklypą

1.1 lentelė

Sklypo plotas	3857,08m ²
Asfaltbetonio dangos plotas	1123,60m ²
Trinkelių plotas	139,41m ²
Želdinių plotas	1538,53 m ²
Gatvės bordiūrų ilgis	300,24m
Vejos bordiūrų ilgis	183,86m

Prie įvažiavimo į tarnybinių automobilių aikštelę įrengiami stumdomi gembiniai vartai su automatine atidarymo pavara. Slypo teritoriją numatoma aptverti tvora. Stulpų pamatams numatoma naudoti 1,30m ilgio ir 200mm diametro gelžbetoninius polius. Tvoros stulpams bus naudojami plieniniai kvadratinio skerspjūvio 60x60x1,5mm cinkuoti vamzdžiai padengti poliesterio sluoksniu. Stulpuose numatomos tvirtinimo kiaurymės. Stulpai bus montuojami 2440mm atstumu vienas nuo kito. Tvoros panelių ilgis 2500mm, aukštis 2200mm. Pagaminti iš taškiniu būdu suvirintų 5mm skermens plieninių strypų. Panelio akutės stačiakampės 200x50mm (standumo briaunuose 100x50). Panelio strypeliai padengti poliesterio sluoksniu. Panelės prie išorinės stulpų pusės tvirtinamos plastikinėmis jungtimis ir M6 nerūdijančio plieno varžtais. Taip pat tvora atskiriamos automobilių ir tarnybinių mašinų aikštelės.

1.3. Planiniai – tūriniai pastato rodikliai bei sprendiniai

Pastato rodikliai nustatomi pagal [12] reikalvimus. Pastatas priskiriamas prie negyvenamosios paskirties statinių, todėl nustatomi tokie rodikliai:

Pagrindinis pastato plotas (priskiriamos patalpos, kurių numeriai 3, 4, 5, 6, 9, 11, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 26, 27, 28, 34, 36, 37, 38, 39, 42, 44):

$$A_{pagrindinis} = 922,81m^2.$$

Pagalbinių patalpų plotas (priskiriamos patalpos, kurių numeriai 1, 2, 7, 8, 10, 12, 13, 15, 16, 23, 24, 25, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 40, 40, 41,43):

$$A_{pagalbinis} = 413,82m^2.$$

Bendrasis patalpų plotas:

$$A_{bendrasis} = A_{pagalbinis} + A_{pagrindinis} = 413,82 + 922,81 = 1336,63m^2.$$

Pastato užstatymo plotas:

$$A_{užstatymo} = 1055,54m^2.$$

Sklypo užstatymo koeficientas:

$$K_{užst} = \frac{A_{užstatymo}}{A_{sklypo}} = \frac{1055,54}{3707,08} = 0,28.$$

Vienaaukštės pastato dalies tūris:

$$V_1 = 5003m^3.$$

Triaukštės pastato dalies tūris:

$$V_3 = 2276m^3.$$

Bendras pastato tūris:

$$V_1 + V_3 = 5003 + 2276 = 7279m^3.$$

Rūbinės ir dušai projektuotos taip, kad iki 25% ugniagesių - gelbėtojų bus moterys.

1.4. Pastato patalpos

Pastatą galime suskirstyti į dvi dalis:

1. Administracinę - buitinę;
2. Automobilių stovėjimo - įrangos sandėliavimo.

Administracinę - buitinę dalį galime suskirstyti į administracinę, kurioje bus kabinetai ir dispečerinė ir buitinę, kurioje bus poilsio patalpos, dušai, WC, valgykla, rūbinė, sporto salė.

Automobilių stovėjimo - įrangos sandėliavimo dalį galime suskirstyti į garažą, sandėlį ir remonto dirbtuves.

1.5 Pastato konstrukcijos

Projektuojamas pastatas bus karkasinis. Administracinė pastato dalis triaukštė, o kita dalis - vienaaukštė. Priklausomai nuo jame vykstančių procesų vietos skirsis ir konstruktyviniai sprendimai.

1.5.1. Pamatai

Pastato pamatai yra seklieji. Pamatuose įrengimos taurės 400x400mm ir 300x300mm kolonomis įtvirtinti. Pamato taurės gylis 450mm ar 350mm. Pamatai įgilinami 1500mm žemiau grindų paviršiaus. Seklieji pamatai išliejami pakopomis, apatinė pakopa 300mm ir antroji - 450mm aukščio. Po sienomis, kurios bus mūrijamos iš silikatinių blokelių Arko M24, Arko M18 ar Arko M15, ant seklių pamatų bus sumontuojamos cokolinės sijos arba išliejami juostiniai pamatai iš C16/20-S2 betono. Monolitiniams pamatams naudojama A3 klasės A400C 12mm diametro armatūra. Monolitiniai pamatai įgilinami 1500mm žemiau grindų lygio. Automobilių remonto duobei naudojami tokie pat juostiniai pamatai, tik jie įgilinami 1700mm žemiau numatomų nulinės grindų altitudės.

1.5.2. Kolonos

Vienoje pastoto dalyje kolonos gelžbetoninės, stačiakampio skerspjūvio 400x400mm. Kolonos žingsnis išilgine pastato kryptimi 5000mm, o skersine - 16000mm. Kolonos apačioje padarytos įpjovos, kad geriau įsitvirtintų pamatų lizde, kai jis yra užmonolitinamas. Iš kolonos viršaus išleisti inkariniai varžtai, prie kurių yra tvirtinama santvaros atrėmimo plokštelė. Tarp vidurinių laikančio karkaso kolonų yra įrengiami kryžminiai gelžbetoniniai ryšiai. Kolonose įbetonuojamos įdėtinės detalės, prie kurių privirinami įvairūs metaliniai elementai (kryžminiai ryšiai, vartų rėmo karkasas, profiliai prie kurių tvirtinami langų rėmai).

Kitoje pastato dalyje kolonos gelžbetoninės, stačiakampio skerspjūvio 400x400mm su konsolėmis, RL ir RT gelžbetoninių sijų tvirtinimui. Iš konselių išleisti inkariniai varžtai, kurių pagalba priveržiamos sijos. Kolonos apačioje padarytos įpjovos, kad geriau įsitvirtintų pamatų lizde, kai jis yra užmonolitinamas.

1.5.3 Perdengos ir denginiai

Vienaaukštėje pastato dalyje perdenginį laikanti konstrukcija santvarinė. Projektuojama santvara plieninė trapecinė iš S355 plieno. Santvaros viršutinė ir apatinė juosta projektuojama iš uždarų stačiakampio profilio vamzdžių. Santvaros tinklelio elematai projektuojami iš kvadratinio profilio vazdžių. Visi santvaros vamzdžių sujungimai - virintiniai. Santvarų poroms įrengiami vertikalūs ryšiai, o galinėse angose tarp santvarų įrengiami horizontalūs ryšiai. Ant santvaros viršutinės juostos montuojami plieniniai apkrovas laikantieji profiluoti lakštai Ruukki T130 0,7mm storio. Ant jų klojami tolimesni tolimesni stogo sluoksniai. Stogo sluoksniai ir jų storis nurodyti 1.2 lentelėje.

Vienaaukštės dalies sutapdintas stogas

1.2 lentelė

Medžiaga	Storis, mm
Plieniniai laštai Ruukki T130	130
Akmens vatos plokštės Paroc ROB60	20
Garo izoliacija Strotex AL 90	0,2
Akmens vatos plokštės Paroc Ros 30	200
Akmens vatos plokštės Paroc Rob 60	20
Ruloninė danga Mida Balt PSV4s	3
Ruloninė danga Mida Balt PSV4b	4,2

Kad pašalinti stogo šiluminėje izoliacijoje susikaupusią drėgmę 60-80m² stogo plotui įrengiami ventiliacijos kaminėliai.

Kitoje statinio dalyje perdenginys tarp pirmo, antro ir trečio aukštų sudarytas iš RL ir apverstos RT sijų, ant kurių remiasi tuštumėtos perdenginio plokštės. RL ir RL sijų aukštis 400mm, o plotis RL - 500mm, RT - 700mm. Ant sijų montuojamos tuštumėtos nepertraukiamo formavimo gelžbetoninės plokštės plokštės. Tarpai tarp plokščių ir tarp sijų yra užmonolitinami ir papildomai

armuojami, kad užtikrinti pakankamą pastato perdangos standumą. Armuojama išilgai sijos ir taip pat tarpuose tarp plokščių. Ant tarpaukštinių perdangų smūginiam garsui sumažinti įrengiamas birus 35mm smėlio sluoksnis ir 30mm akmens vatos Paroc SSB 1 30mm sluoksnis. Ant šio sluoksnio paklojama polietileno plėvelė, kad betonuojant betonas nesubėgtų į žemiau esančius sluoksnius. Armuoto sluoksnio sustiprinimui naudojama A3 klasės A400C armatūros tinklais (armatūros strypo diametras 4mm, žingsnis išilgine ir skersine kryptimi 150mm). Perdangos sluoksniai ir jų storis nurodyti 1.3 lentelėje.

Perdangos

1.3 lentelė

Medžiaga	Storis, mm
Gelžbetoninė plokštė PKE 20	200
Birus sluoksnis (smėlis)	35
Akmens vatos plokštės Paroc SSB1	30
Polietileno plėvelė	0,2
Armuotas betono sluoksnis	50
Klijai linoleumui Schonos Emiclassic	-
Linoleumas Tarket Veneto XF	2,5

Triaukštės dalies laikanti denginio konstrukcija tokia pat kaip ir tarpaukštinių perdangų. Šiuo atveju formuojamas iš smėlio nuolydis, kad patekęs ant stogo vanduo subėgtų į ląjas. Stogo nuolydis svyruoja nuo 1,0° iki 2,5°. Ant smėlio formuojamas išlyginamasis betono sluoksnis, ant kurio klojama termoizoliacijos sluoksnis ir į kuri įinkaruojasi smeigės. Ant standžios vatos plokščių Paroc ROB 60 prilydoma du sluoksniai ritininės bituminės stogo dangos. Triaukštės dalies denginio sluoksniai ir jų storis nurodyti 1.4 lentelėje.

Triaukštės dalies denginys

1.4 lentelė

Medžiaga	Storis, mm
Gelžbetoninė plokštė PKE 20	200
Nuolydį formuojantis sluoksnis (smėlis)	20-240
Išlyginamasis betono sluoksnis	40
Garų izoliacija Strotex AL 90	0,2
Akmens vatos plokštės Paroc Ros 30	180
Akmens vatos plokštės Paroc Rob 60	20
Ruloninė danga Mida Balt PSV4s	3
Ruloninė danga Mida Balt PSV4b	4,2

Kaip ir ant vienaaukštės pastato dalies, įrengimi ventiliacijos kaminėliai kas 60-80m² stogo ploto.

1.5.4. Grindys

Kadangi dalyje pastato važinėsis gaisrinės automobiliai ir bus sandėliuojamos medžiagos bei gelbėjimui skirti įrenginiai, todėl būtina gerai paruošti pagrindą. Pašalinamas silpnas gruntas ir esamas gruntas sutankinamas volais. Ant esamo grunto užpilama skalda, kurią sutankinus turi

susidaryti ne mažesnis nei 100mm sluosnis. Ant skaldos paklojama 100 mm storio polisterinio putplasčio ESP150 sluosknis 1,5m atstumu nuo pamatinių sijų pagal vienaaukštės statinio dalies perimetrą. Ant termoizoliacijos yra paklojama polietileno plievelė, kuri neleistų betonui subęgti į apatinius sluoksnius. Prieš užliejant betoną yra paklojamas ant specialių laikiklių armatūros tinklas A3 klasės A400C (armatūros strypo diametras 5mm, žingsnis išilgine ir skersine kryptimi 150mm). Armuoto betono sluoksnio storis, kur važinėsis automobiliai - 150 mm, o kitose vienaaukštės dalies patalpuose - 100mm. Betonas į objektą yra atvežamas betonvežėmis. Armuoto betono sluoksnio suformavimui naudojamas C30/37-S3 betonas. Kur važinėsis mašinos ir dirbtuvėse, betonas yra šlifuojamas nes ant jo nebus klojama grindų danga.

Kituose patalpuose nebus tokios didelės apkrovos kaip garaže. Tačiau vistiek butina gerai paruošti pagrindą. Pašalinamas silpnas gruntas ir esamas gruntas sutankinamas volais. Ant esamo grunto užpilama skalda, kurią sutankinus turi susidaryti ne mažesnis negu 100 mm sluosnis. Ant skaldos paklojama 100 mm storio polisterinio putplasčio ESP100 sluosknis. Ant termoizoliacijos yra paklojama plievelė, kuri nepraleidžia garų. Prieš užliejant betoną yra paklojamas ant specialių laikiklių armatūros tinklas A3 klasės A400C (armatūros strypo diametras 4mm, žingsnis išilgine ir skersine kryptimi 150mm). Armuoto betono sluoksnio storis 50 mm. Betonas į objektą yra atvežamas betonvežėmis. Armuoto betono sluoksnio suformavimui naudojamas C16/20-S3 betonas.

Priklausomai nuo patalpos paskirties grindys išklojamos linoleumu arba keramikinėmis grindų plytelėmis. Plytelės yra klijuojamos tokiuose patalpuose kaip dušai, WC ir kur padidintas drėgmės lygis. Prieš klojant plyteles ant grindų ir sienos 20cm nuo grindų paviršiaus yra padengiama tepama hidroizoliacija, kurituri užtikrinti kad patekęs ant grindų vanduo neprasiveržtų į žemiau esančius sluoksnius. Taip pat 5cm nuo keramikinių plytelių dangos paviršiaus ant sienos yra klijuojamos plytelės, kurios atlieka grindjuosčių funkciją. Linoleumas pasirinktas todėl, kad nereikalauja daug priežiūros ir yra ilgaamžis. Linoleumas prie paviršių yra klijuojamas prie armuotobetono sluoksnio specialiais linoleumui skirtais klėjais. Kad nesimatytų sienos sandūrų su grindimis, kiekvienoje patalpoje kur linoleumas pritvirtinamos palstikinės grindjuostės.

1.5.5. Išorės sienos

Administracinių - buitinių patalpų išorinės sienos mūrijamos iš silikatinių blokų Arko M15 340x150x198mm, Arko M18 340x180x198mm ir Arko M24 340x240x198mm. Sienas mūrijamos naudojant klėjus. Horizontalios siūlės storis 2-3mm. Vertikalios siūlės nemūrijamos, nes blokai tarpusavyje susineria. Išorinės sienos neperima jokių apkrovų, tik savo nuosavojo svorio. Prie sumūrintų sienų yra klijuojamos akmens vatos plokštės Paroc Fas 3 170mm. Kadangi akmens vatos lamelės, tai plokštės paviršių reikia padengiamas 100% klėjais. Priklijavus plokštes juos padengiamos armavimo sluoksniu ir šiame mišinyje išspaudžiamas armavimo tinklelis. Išdžiuvus armavimo sluoksniui, išorinės sienos nutinkuojamos dekoratyviniu mineraliniu tinku. Atitvaros sloksnių storiai nurodyti 1.5 lentelėje.

Tinkuojamas fasadas

1.5 lentelė

Medžiaga	Storis, mm
Gipsinis tinkas	20
Arko M24 ar M18 ar M15 silikatiniai blokeliai	240 ar 180 ar 150
Akmens vatos plokščių klijai	10
Akmens vatos plokštės Paroc FAS 3	170
Armavimo sluoksnis	min 3
Dekoratyvinis tinkas	5

Garažo išorinės sienos sumontuojamos iš daugiasluosnių panelių Ruukki SP2B PU, kurių išsamesni duomenys pateikti 1.2 lentelėje.

Ruukki SP2B PU

1.2 lentelė

Šerdis	Poliuretano putplastis
Tankis	37(+/-3)kg/m ³
Plokštės storis	100mm
Šilumos laidumo koef.	$\lambda_{dec} = 0,021(W / m \cdot K)$
Šilumos perdavimo koef.	$U = 0,21(W / m^2 \cdot K)$
Garso izoliacija	$\geq 24dB$
Naudingas plokštės plotis	1100mm
Maksimalus ilgis	18,50m
Išorinės skardos storis	0,5mm
Vidinės skardos storis	0,4mm

Paneliai tvirtinami prie kolonų specialiais tvirtinimo elementais. Paneliai montuojami horizontaliai. Viršutiniai paneliai tvirtinami prie antkolonių, kurie privirinti prie santvaros atraminės plokštelės. Visos panelių sandūros yra uždengiamos plieniniais skardos elementais, kurie yra priderinti prie tokio tipo daugiasluoksnių plokščių.

1.5.6. Vidinės pertvaros

Vidinėms triaukštės dalies pertvaroms montuoti naudojami CW 100 pertvariniai profiliai, tarp kurių atstumas horizontalia kryptimi - 600mm. Tarp profilių yra dedama akmens vata Paroc Ekstra, kuri atlieka garso izoliacijos funkcijas. Prie profilių montuojamos 12,5mm paprastos arba drėgmei atsparios gipso kartono plokštės. Iš koridoriaus pusės prisukamas antras gipso kartono plokščių sluoksnis. Gipso kartono plokščių siūlės ir tvirtinimo elementų paliktos žymės yra užglaistomos. Priklausomai nuo patalpos drėgmės lygio sienos yra dažomos lateksiniais dažais arba išklijuojamos 1600mm nuo grindų lygio plytelėmis ir likusi dalis nudažoma.

Vienaaukštėje dalyje pertvaros taip pat montuojamos iš plieninių karkaso profilių, tarp kurių atstumas horizontalia kryptimi 600mm. Profilio plotis 150mm. Tarp karkaso elementų dedama akmens vata Paroc Ekstra. Kad sienos visada liktų švarios, visa ši konstrukcija apdengiama Ruukki

T20-29W-1100 profiliuotais plieninės skardos lakštais, kurie tvirtinami savisrėgiais į bangos apačią. Tokio profilio skardos storis 0,5mm, o tokio profilio bendras aukštis 17mm.

1.5.7. Laiptai, kopėčios ir pandusai

Ant vienaaukštės šiaurės vakarinės pastato sienos, sumontuojamos priešgaisrinės kopėčios, kurios pagamintos iš vamzdinio profilio elementų. Kopečios prasideda nuo 2,0m nuo žemės paviršiaus. Kopečių plotis 650mm. Kad nenukristų žmonės, taip pat montuojamas apsauginis plieninis karkasas.

Pastato viduje įrengiami gelžbetoniniai laiptai, kurių pakopos aukštis 150mm, o ilgis 270mm. Laiptatakio plotis 1500mm. Tarp laiptatakų paliekamas 260mm tarpas. Įrengiami nerūdijančio plieno turėklai, kurie tvirtinami prie laiptatakio pakopų.

Žmonių su negalia judėjimui po triaukštę pastato dalį užtikrinimui įrengiamas liftas Matola 2000.

Lauke įrengiami monolitiniai gelžbetoniniai laiptai. Taip pat ir pandusas, su nerūdijančio plieno turėklais.

1.5.8. Langai, durys ir pertvaros

Langai buitinei - administracinei daliai projektuojami plastikiniai, 6 kamerų, Rehau Geneo profilio. Tokio profilio gylis 86mm. Lango rėmas yra komplektuojamas su 32 mm stiklo paketu. Šis paketas yra dvikamerinis ir sudarytas iš trijų stiklų, iš kurių du yra selektyviniai. Stiklų storis 4 mm. Stiklo paketo kameros yra užpildytos argonu. Langų blokų dydis 1500x1200mm, 1900x1660mm, 1500x1700mm, 1200x1000mm, 1100x1600mm. Langai montuojami vienaaukštėje dalyje yra aliuminiai, kurių bloko dydis 1100x1000mm.

Durys buitinėse - administracinėse patalpuose dedamos faneruotos. Dirbtuvėse ir kituose panašaus pobūdžio patalpuose įstatomos plieninės durys.

Naudojami vartai - segmentiniai pakeliami, kai kuriuose vartuose įrengtos rakinamos durelės.

1.6 Inžineriniai tinklai

1.6.1. Komunikacijos

Norint, kad pastatas tinkamai funkcionuotų reikia prisijungti prie tokių miestelio inžinerinių tinklų:

1. Gamtinių dujų
2. Elektros
3. Šaltojo vandentiekio
4. Kanalizacijos
5. Lietaus kanalizacijos

Prisijungimui prie miestelio inžinerinių tinklų reikia gauti visus reikiamus leidimus.

1.6.2. Šildymas

Pastatas bus šildomas dujiniu katilu (negalime parinkti, nes nėra nustatyti suminiai pastato šiluminiai nuostoliai). Triaukštės pastato dalies patalpos yra šildomos Kermi radiatoriais, išskyrus rūbines, ten įrengiamas grindinis šildymas. Vienaaukštės dalies patalpos šildomos ortakiais paduodamu šiltu oru.

1.6.3 Karštas vanduo

Karštas vanduo ruošiamas momentiniu dujiniu katilu, kuris yra atskirtas nuo šildymo sistemos.

1.6.4. Vėdinimas

Vėdinimo sistema yra subalansuotas su paduodamo ir ištraukiamo oro kiekiu. Kad sumažinti šildymo nuostolius dėl vėdinimo įrengiami rekuperatoriai, kuriuose ištraukiamas į lauką oras sušildo iš lauko paduotą orą. Ypač gerą vėdinimą reikia užtikrinti ten, kur važinėjasi automobiliai.

2. Laikančių konstrukcijų skaičiavimas

2.1. Gelžbetoninės nepertraukiamo formavimo kiaurymėtos plokštės skaičiavimas

2.1.1. Pradiniai duomenys

Projektuojama nepertraukiamo formavimo gelžbetoninė plokštė su kiaurymėmis, skirta perdangai tarp pirmo ir antro, taip pat tarp antro ir trečio aukštų. Plokštės skirtos pastato buitinei - administracinei daliai.

Pastato buitinės administracinės dalies charakteristikos:

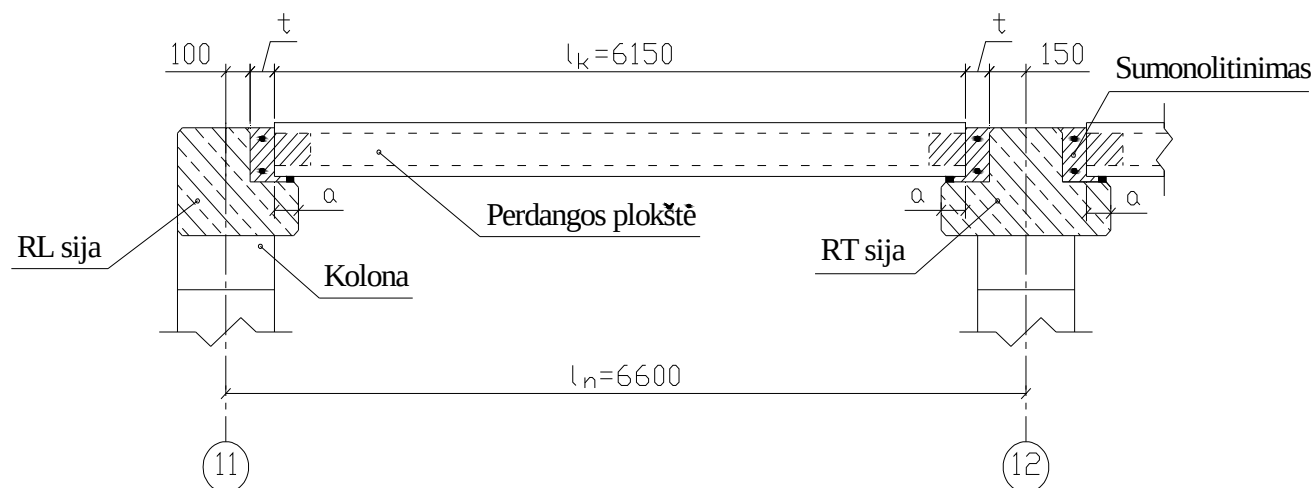
- a) aplinkos sąlygų klasė priskiriama X0 pagal [17] 1 lentelę;
- b) charakteristinė apkrova perdangos plokštei susideda iš naudojimo apkrovos pagal [16] 10.2 lentelę (C3 kategorija) ir pertvarų nuosavojo svorio pagal [16] 141.10.1 punktą. Tuomet visa charakteristinė apkrova tenkanti perdangos plokštei lygi $q_k = 5,0 + 0,5 = 5,5 \text{ kN} / \text{m}^2$;
- c) perdangos plokštės naudojamos pastato viduje, kur santykinis oro drėgnumas neviršija 50%;
- d) plokštės nominalus plotis pagal $b_n = 1,20 \text{ m}$.

Pagal turimus duomenis projektuojame gelžbetoninę plokštę.

2.1.2. Plokštės naudojimo situacijos saugos ribinio būvio skaičiavimas

Veikiančios apkrovos

Kad būtų galima apskaičiuoti veikiančias apkovas užsiduodama gringų konstrukcija. Parenkant gelžbetoninę plokštę atsižvelgiama į jos skaičiuotinį ilgį. Gelžbetoninės plokštės tarpatramio skaičiuotinis ilgis nustatomas pagal 2.1 paveikslėlio schemą.



2.1 pav. Perdangos plokštės fragmentas skersiniame pastato pjūvyje

Pagal pateiktą schemą nustatomas skaičiuotinis plokštės ilgis:

$$l_{eff} = l_n - 0,100 - t - a / 2 - 0,150 - t - a / 2,$$

čia: l_n – atstumas tarp kolonų ašių, m ;

t – tarpelis, skirtas betono užpildymui, $t = 100 \text{ mm}$;

a - atrėmimo ilgis. Šiuo atveju, remiant ant gelžbetoninės sijos $a = 100\text{mm}$;

l_n - atstmas tarp kolonos centrų.

$$l_{eff} = 6,60 - 0,100 - 0,100 - 0,100 / 2 - 0,150 - 0,100 - 0,100 / 2 = 6,05\text{m}.$$

Konstruktinis gelžbetoninės plokštės ilgis $l_k = 6,15\text{m}$.

Apskaičiuojamos skaičiuotinės situacijos apkrovos, kai perdangų plokštę veikia nuolatinės ir kintamos (trumpalaikės ir ilgalaikės) apkrovos.

Veikia tik viena kintamoji apkrova, kuri susideda iš naudojimo ir pertvarų nuosavojo svorio apkrovų $q_k = 5,5\text{kN} / \text{m}^2$.

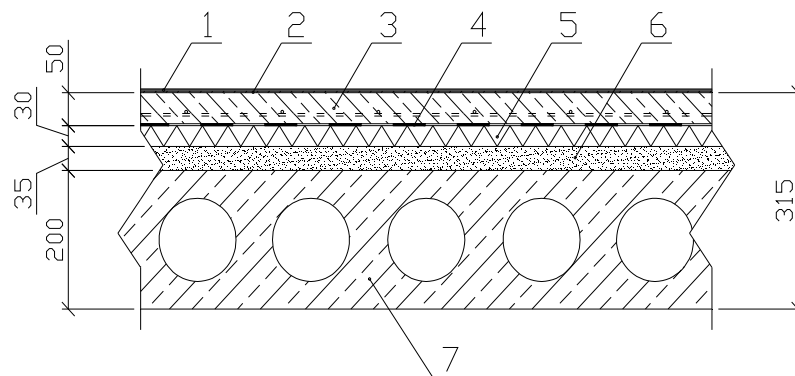
Pastato grindų konstrukcija pavaizduota 2.2 paveikslėlyje. Konstrukcijos i - tojo sluoksnio savojo svorio apkrova apskaičiuojama pagal formulę:

$$g_i = \gamma_i \cdot t_i,$$

čia: γ_i - elemento savojo svorio apkrova;

t_i - elemento storis, m .

Medžiagų vienetiniai svoriai nurodyti reglamento [16] 11 priede arba gamintojo pateikiamose specifikacijuose.



2.2 pav. Grindų konstrukcija: 1 - linoliaumas Tarket Veneto XF $d = 2,5\text{mm}$; 2 - klijai Schonox Emiclassic; 3 - armuotas betono sluoksnis, $d = 50\text{mm}$; 4 - polietileno plevelė $d = 200\mu\text{m}$; 5 - akmens vatos plokštė Paroc SSB1, $d = 30\text{mm}$; 6 - birus sluoksnis (smėlis), $d = 35\text{mm}$, 7 - Gelžbetoninė plokštė, $d = 200\text{mm}$.

Pasirenkame apkrovų poveikių patikimumo koeficientų γ reikšmes pagal [16] 10 priedo 3 lentelę (STR/GEO - B grupė):

$$\gamma_{Gj,sup} = 1,35;$$

$$\gamma_{Gj,inf} = 1,00;$$

$$\gamma_{Q,1} = 1,3, \text{ kai poveikis nepalankus } (\gamma_{Q,1} = 0, \text{ kai poveikis palankus}).$$

Skaičiuotinės poveikių reikšmės pateikiamos 2.1 lentelėje.

Apkrovos ir poveikiai

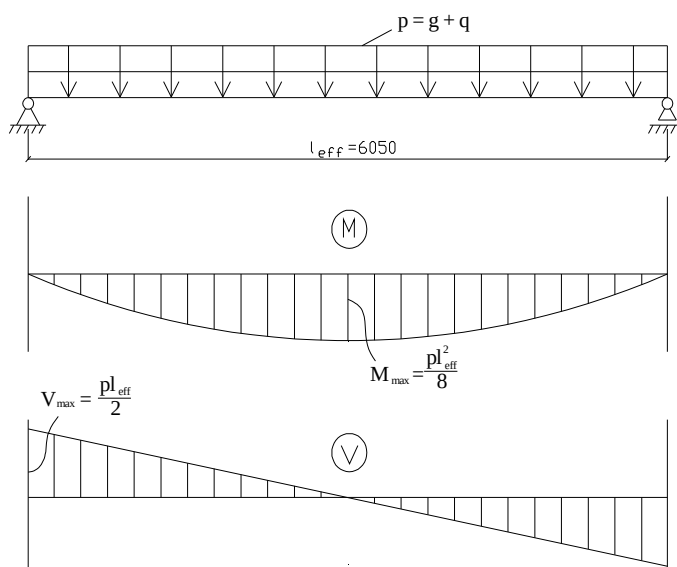
2.1 lentelė

Charakteristinės apkrovos, kN/m^2	Poveikių patikimumo koeficientas (γ)		Skaičiuotinės poveikių reikšmės, kN/m^2	
	Tinkamumo ribiniams būviam	Saugos ribiniams būviam	Tinkamumo ribiniams būviam	Saugos ribiniams būviam
Nuolatinės (G):				
Linoliaumas Tarket Veneto XF 2,5 0,030	$\gamma_{G1} = 1,0$	$\gamma_{G1} = 1,35$	0,030	0,041
Klijai Schonox Emiclassic 0,003	$\gamma_{G2} = 1,0$	$\gamma_{G2} = 1,35$	0,003	0,004
Armotas betono sluoksnis $23 \cdot 0,05 = 1,150$	$\gamma_{G3} = 1,0$	$\gamma_{G3} = 1,35$	1,150	1,553
Polietileno plevėlė 200 μ m 0,018	$\gamma_{G4} = 1,0$	$\gamma_{G4} = 1,35$	0,018	0,024
Akmens vatos plokštė Paroc SSB1 $1,2 \cdot 0,03 = 0,036$	$\gamma_{G5} = 1,0$	$\gamma_{G5} = 1,35$	0,036	0,049
Birus sluoksnis (smėlis) $17 \cdot 0,035 = 0,595$	$\gamma_{G6} = 1,0$	$\gamma_{G6} = 1,35$	0,595	0,803
Gelžbetoninė plokštė 3,320	$\gamma_{G7} = 1,0$	$\gamma_{G7} = 1,35$	3,320	4,482
Suminė skaičiuotinė apkrova (g_d)	-	-	5,15	6,96
Kintamoji (N):				
Naudojimo apkrova $q_k = 5,0 + 0,5 = 5,5$	$\gamma_Q = 1,0$	$\gamma_Q = 1,30$	5,50	7,43

Pagal gautas apkrovas nustatomos plokštėje susidarančios įrašos.

Poveikių efektai

Toliau sudarome plokštės skaičiuotinę schemą ir skersinių jėgų bei lenkimo momentų diagramas.



2.3 pav. Skaičiuotinė schema ir skersinių jėgų bei lenkimo momentų diagramos

Skaičiuotinės saugos ribinio būvio apkrovos tenkančios plokštės 1m ilgio atkarpai, kai jos nominalus plotis $b_n = 1,20m$:

a) nuolatinės apkrovos, įskaitant plokštės nuosavąjį svorį:

$$g_d = g_{d2} \cdot b_n = 6,96 \cdot 1,20 = 8,35 kN / m.$$

b) plokštės svorio:

$$g_{d,kp} = g_{k,kp} \cdot \gamma_{G7} \cdot b_n = 4,482 \cdot 1,20 = 5,37 kN / m.$$

c) kintamos apkrovos:

$$q_d = q_{d2} \cdot b_n = 7,43 \cdot 1,20 = 8,92 kN / m.$$

d) suminė apkrova:

$$p_d = q_d + g_d = 8,92 + 8,35 = 17,27 kN / m.$$

Apskaičiuojame plokštę veikiančias įrašas nuo skaičiuotinių apkrovų.

Maksimali skersinė jėga:

$$V_{Ed} = \frac{p_d \cdot l_{eff}}{2} = \frac{17,27 \cdot 6,05}{2} = 52,24 kN.$$

Maksimalus lenkimo momentas:

$$M_{Ed} = \frac{p_d \cdot l_{eff}^2}{8} = \frac{17,27 \cdot 6,05^2}{8} = 79,02 kNm.$$

Skaičiuotinės tinkamumo ribinio būvio apkrovos tenkančios plokštės 1m ilgio atkarpai, kai jos nominalus plotis $b_n = 1,20m$:

a) plokštės savojo svorio:

$$g_{d,kp} = g_{k,kp} \cdot \gamma_{G7} \cdot b_n = 3,32 \cdot 1,0 \cdot 1,20 = 3,98 kN / m.$$

b) nuolatinių apkrovų:

$$g_d = g_k = g_{d2} \cdot b_n = 5,15 \cdot 1,20 = 6,18 kN / m.$$

c) naudojimo apkrovos ir pertvarų nuosavąjo svorio:

$$q_d = q_k = q_{d2} \cdot b_n = (5,0 + 0,5) \cdot 1,2 = 6,60 kN / m.$$

d) naudojimo apkrovos tariamai nuolatinė dalis pagal [16] 10 pr. 1 lentelę, $\psi_2 = 0,6$:

$$q_{d,lt} = q_{k,lt} = q_{k,lt} = \psi_2 \cdot q_d \cdot b_n = 0,6 \cdot 5,5 \cdot 1,2 = 3,96 kN / m.$$

e) visa apkrova:

$$p_d = q_k + g_k = 6,60 + 6,18 = 12,78 kN / m.$$

f) nuolatinė ir tariamai nuolatinė:

$$p_{gd} = p_{gk} = q_{k,lt} + g_k = 3,96 + 6,18 = 10,14 kN / m.$$

Apskaičiuojame plokštę veikiančias įrašas nuo skaičiuotinių apkrovų:

a) Lenkimo momentai:

$$M_{Ed} = \frac{p_d \cdot l_{eff}^2}{8} = \frac{12,78 \cdot 6,05^2}{8} = 58,47 kNm;$$

$$M_{Egd} = \frac{p_{gd} \cdot l_{eff}^2}{8} = \frac{10,14 \cdot 6,05^2}{8} = 46,39 kNm;$$

$$M_{Egkd} = \frac{g_{d,kp} \cdot l_{eff}^2}{8} = \frac{3,98 \cdot 6,05^2}{8} = 18,21 kNm.$$

b) Skesinės jėgos:

$$V_{Egd} = \frac{p_{gd} \cdot l_{eff}}{2} = \frac{10,14 \cdot 6,05}{2} = 30,67 kN.$$

Pagal gautas maksimalias įrašas atliksime tolimesnius skaičiavimus.

Plukštės skaičiuotiniai skerspjūvio matmenys

Plokštės aukštis apskaičiuojamas $h \approx l_{eff} / 30 \approx 6,05 / 30 \approx 0,202m$. Galutinai priimamas plokštės aukštis $h = 0,2m$.

Plokštė bus naudojama X0 aplinkos sąlygų klasėje, todėl apsauginis betono sluoksnis ne mažesnis kaip $20mm$. Atstamas nuo plokštės apačios iki aramtūros centro priimamas $a_1 = 35mm$. Tada naudingas plokštės skerspjūvio aukštis $d = 165mm$.

Priimame 6 kiaurymes, kurių $\varnothing_h = 120mm$.

Apatinės ir viršutinės lentynų storiai:

$$(h - \varnothing_h) / 2 = (0,20 - 0,12) / 2 = 0,04m.$$

Viršutinės lentynos plotis:

$$b_{eff} = 1,20 - 0,05 = 1,15m.$$

Briaunelės vidutinis storis:

$$(b_{eff} - (6 \cdot \varnothing_h)) / 7 = (1,15 - (6 \cdot 0,12)) / 7 = 0,43 / 7 = 0,062m.$$

Skaičiuotinis kiaurymėjų plokščių skerspjūvis yra dvitėjinis. Viršutinės ir apatinės lentynų pločiai yra tokie pat kaip ir tikrojo skerspjūvio. Tačiau skaičiuojant plokštės stiprį saugos ribiniam būviui, viršutinės lentynos aukštį h_{eff} imame lygų minimaliam viršutinės plokštės storiui, o dvitėjinio skerspjūvio briaunos plotį b_w - vertikalių briaunų minimalių storių sumai. Be to nepaisome apatinės tempiamos lentynos.

Tikrinant plokštės tinkamumą pagal saugos ribinius būvius priimame tokius normalinio skerspjūvio matmenis:

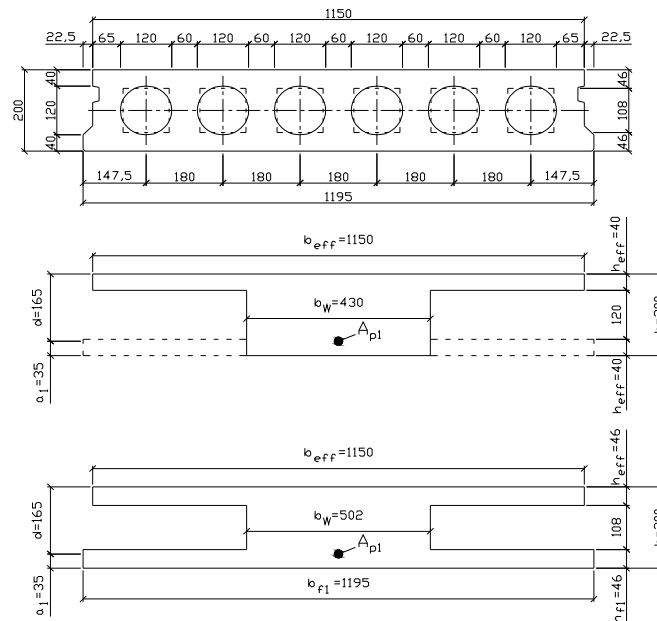
$$h = 0,200m;$$

$$h_{eff} = 0,04m;$$

$$b_{eff} = 1,15m;$$

$$b_w = b_{eff} - n_k \cdot \varnothing_h = 1,15 - 6 \cdot 0,12 = 0,43m.$$

Kiaurymėtos plokštės skerspjūvis ir skaičiuotiniai ekvivalentiški skerspjūviai pavaizduoti 2.4 paveiksle.



2.4 pav. Kiaurymėtos plokštės skaičiuotiniai skerspjūviai

Tikrinant plokštės atitikimą tinkamumo ribinių būvių sąlygoms, kiaurymės priimamos stačiakampėmis. Pakeitimai atliekami taip kad nepakistų skerspjūvio plotas ir inercijos momentas. Šiuo atveju apskritas kiaurymės pakeičiamos kvadratinėmis, kurių $h_1 = b_1 = 0,9 \cdot \varnothing_h$.

Tikrinant plokštės tinkamumą pagal tinkamumo ribinius būvius priimame tokius ekvivalentiško skerspjūvio matmenis:

$$h = 0,200m;$$

$$h_{eff} = h_{f1} = (h - 0,9 \cdot \varnothing_h) / 2 = (0,20 - 0,9 \cdot 0,12) / 2 = 0,046m;$$

$$b_{eff} = 1,15m;$$

$$b_{f1} = 1,195m;$$

$$b_w = b_{eff} - n_k \cdot 0,9 \cdot \varnothing_h = 1,15 - 6 \cdot 0,9 \cdot 0,12 = 0,502m.$$

Priklausomai, nuo ribinio būvio, parenkamas ir skerspjūvis.

Betono ir armatūros savybių rodikliai

Naudojamas normalusis betonas C40/50. Visos betono charakteristikos paimamos iš [17] 1 skyriaus.

$$\text{Charakteristinis stipris gniuždant } f_{ck} = 40MPa;$$

$$\text{Charakteristinis betono tempiamasis stipris } f_{ctk,0,05} = 2,5MPa;$$

$$\text{Betono tamprumo modulis } E_{cm} = 35 \cdot 10^3 MPa;$$

Betono apspaudimo stipris $f_{cp} = 0,8 \cdot f_{ck} = 0,8 \cdot 40 = 32MPa$.

Skaičiuotiniai betono stipriai:

a) saugos ribiniam būviui.

- gniuždomasis stipris:

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_c \cdot f_{ck} / \gamma_c,$$

čia: α - koeficientas įvertinantis stačiakampio formos įtempių pasiskirstymo diagramą pagal 2.05.05:2005 43 punktą, $\alpha = 0,9$;

$\alpha_c = 1,0$, pagal [17] 43 punktą;

γ_c - konstrukcijos darbo sąlygų koeficientas, $\gamma_c = 1,5$ pagal [17] 43.1.2 punktą.

$$f_{cd} = 0,9 \cdot 1,0 \cdot 40 / 1,5 = 24,0MPa.$$

- tempiamasis stipris:

$$f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0,05} / \gamma_c,$$

čia: $\alpha_{ct} = 1,0$, pagal [17] 43 punktą.

$$f_{ctd} = 0,9 \cdot 1,0 \cdot 2,5 / 1,5 = 1,50MPa.$$

b) tinkamumo ribiniams būviams:

- gniuždomasis stipris:

$$f_{cd} = \alpha \cdot \alpha_c \cdot f_{ck} / \gamma_c,$$

čia: γ_c - konstrukcijos darbo sąlygų koeficientas, $\gamma_c = 1,0$ pagal [17] 43.2 punktą.

$$f_{cd} = 0,9 \cdot 1,0 \cdot 40 / 1,0 = 36,0MPa$$

- tempiamasis stipris:

$$f_{ctd} = \alpha \cdot \alpha_{ct} \cdot f_{ctk,0,05} / \gamma_c;$$

$$f_{ctd} = 0,9 \cdot 1,0 \cdot 2,5 / 1,0 = 2,25MPa.$$

Plokštės armavimui naudojama lyninė iš anksto įtempta Y1860S armatūra. Armatūros mechaniniai rodikliai imami iš [18] 5 lentelės.

Charakteristinis armatūros stipris $f_{pk} = 1860MPa$;

Charakteristinis armatūros stipris pagal sąlyginę takumo ribą $f_{p0,1k} = 1600MPa$;

Skaičiuotinis stipris $f_{p0,1d} = 1390MPa$;

Armatūros tamprumo modulis priimamas $E_{sm} = 205 \cdot 10^3 MPa$.

Preliminarus iš anksto įtemptos armatūros skaičiavimas

Skaičiavimus atliekame pagal 2.5 paveikslėlyje pateiktą schemą.

Pagal [17] 139 punktą išankstiniai armatūros įtempiai:

$$\sigma_p = 0,75 \cdot f_{p0,1k} = 0,75 \cdot 1600 = 1200MPa.$$

Patikrinamos [17]12.1 sąlygos:

$$\sigma_p + p \leq f_{p0,1k},$$

čia: p – armatūros įtempių nuokrypis nustatomas pagal [17] 139 punktą, MPa .

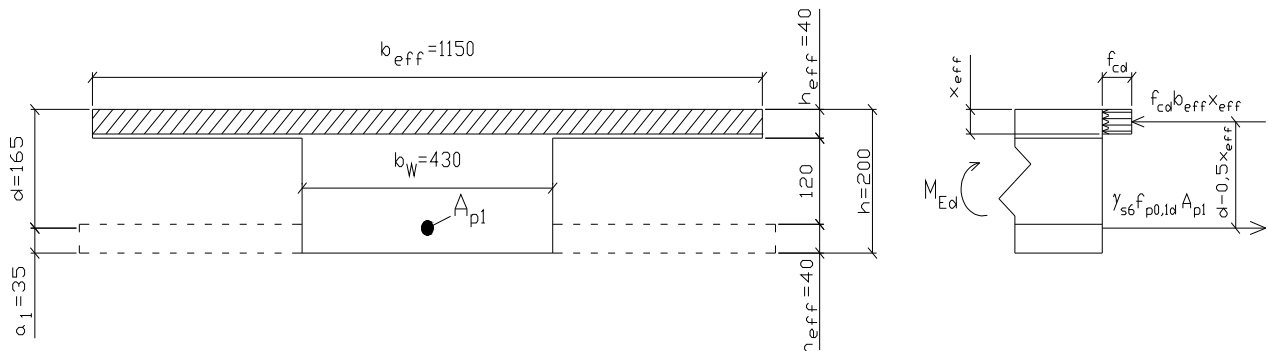
$$p = 0,05 \cdot \sigma_p = 0,05 \cdot 1200 = 60 MPa;$$

$$1200 + 60 = 1260 MPa < 1600 MPa, \text{ sąlyga tenkinama.}$$

Patikrinama ar ne per mažai įtempta armatūra:

$$\sigma_p - p \leq 0,3 \cdot f_{p0,1k};$$

$$1200 - 60 = 1140 MPa > 0,3 \cdot 1600 = 480 MPa, \text{ sąlyga tenkinama.}$$



2.5 pav. Plokštės normalinio pjūvio skaičiuotinė schema

Armatūros įtempimo tikslumo koeficientas nustatomas pagal [17] 143 punktą:

$$\gamma_{sp} = 1 \pm \Delta\gamma_{sp},$$

čia: $\Delta\gamma_{sp}$ – koeficientas priklausantis nuo armatūros įtempimo būdo, įtempiant mechaniškai

$$\Delta\gamma_{sp} = 0,1.$$

$$\gamma_{sp} = 1 - 0,1 = 0,9. \text{ (Minuso ženklas, nes įtempimo įtaka teigiama)}$$

Armatūros išankstiniai įtempiai, įvertinus armatūros įtempimo tikslumo koeficientą:

$$\sigma_p = 1200 \cdot 0,9 = 1080 MPa.$$

Spėjama, kad neutralioji ašis yra tėjinio skerspjūvio lentynoje, t.y. $x_{eff} \leq h_{eff}$. Įtemptos armatūros skerspjūvio plotas randamas iš momentų lygties ($\Sigma M_p = 0$). Veikiantis išorinis momentas $M_{Ed} = 79,02 kNm$.

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot d^2} = \frac{0,07902}{24,0 \cdot 1,15 \cdot 0,165^2} = 0,105.$$

Santykinis gniuždomos zonos aukštis:

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu_{Ed}};$$

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,105} = 0,111.$$

Patikrinamas gniuždomos zonos aukštis pagal formulę:

$x_{eff} = \xi_{eff} \cdot d = 0,111 \cdot 0,165 = 0,018m < 0,040m$, neutralioji ašis yra lentynoje, todėl prielaida buvo padaryta tinkama.

Lenkiamo elemento gniuždomos zonos ribinis santykinis aukštis apskaičiuojamas pagal reglamento [17] 8.14 ir 8.15 formules.

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)},$$

čia: ω - betono gniuždomos zonos charakteristika;

$\sigma_{s,lim}$ - armatūros įtempiai, atsižvelgiant į armatūros takumo riba, *MPa*;

$\sigma_{sc,lim}$ - gniuždomos zonos armatūros ribiniai įtempiai. $\sigma_{sc,lim} = 500MPa$.

$$\omega = \alpha - 0,008 \cdot f_{cd},$$

čia: α - koeficientas įvertinantis betono rūšį, normaliajam betonui $\alpha = 0,85$;

f_{cd} - skaičiuotinis betono gniuždomasis stipris.

$$\omega = 0,85 - 0,008 \cdot 24 = 0,658.$$

Naudojant lynus taikomas [17] 72 punkto formulė:

$$\sigma_{s,lim} = f_{p0,1d} + 400 - \sigma_p,$$

čia: $f_{p0,1d}$ - skaičiuotinis armatūros tempiamasis stipris, *MPa*;

σ_p - išankstiniai įtempiai įvertinant koeficientą γ_p .

$$\sigma_{s,lim} = 1390 + 400 - 1080 = 710MPa.$$

$$\xi_{lim} = \frac{0,658}{1 + \frac{710}{500} \left(1 - \frac{0,658}{1,1}\right)} = 0,419.$$

Armatūros darbo sąlygų koeficientas nustatomas pagal [17] 73 punkto nurodymus:

$$\gamma_{s6} = \eta - (\eta - 1) \cdot \left(\frac{2 \cdot \xi_{eff}}{\xi_{lim}} - 1 \right) \leq \eta,$$

čia: $\eta = 1,15$, koeficientas vielai ir lynams.

$$\gamma_{s6} = 1,15 - (1,15 - 1) \cdot \left(\frac{2 \cdot 0,111}{0,419} - 1 \right) = 1,22 > \eta = 1,15, \text{ sąlyga netenkinama, todėl priimame, kad}$$

$$\gamma_{s6} = \eta = 1,15.$$

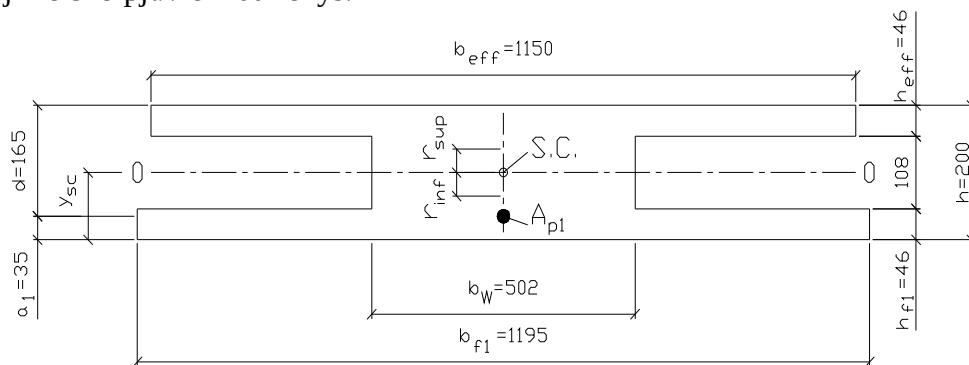
Įtemtojo tempiamojo lino skerspjuvio plotas apskaičiuojamas pagal formulę iš projekcijos lygties ($\Sigma N_y = 0$).

$$A_{p1} = \frac{f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot \xi_{eff} \cdot d}{f_{p0,1d} \cdot \gamma_{s6}} = \frac{24 \cdot 1,15 \cdot 0,111 \cdot 0,165}{1390 \cdot 1,15} = 3,16 \cdot 10^{-4} m^2.$$

Iš sortimento parenkami Y1860S 7xØ9,3 lynai, kurių bendras skerspjūvių plotas $A_{p1} = 3,64 \cdot 10^{-4} m^2$. Vienos lyno skerspjūvio plotas $A_l = 0,52 \cdot 10^{-4} m^2$.

Plokštės ekvivalentiško skerspjūvio geometriniai rodikliai

Gelžbetonės plokštės geometriniai rodikliai apskaičiuojami pagal schemą 2.6 ir naudojami pakeisto dvitėjinio skerspjūvio matmenys.



2.6 Ekvivalentiškas plokštės skerspjūvis

Skerspjūvio plotas:

$$A_{eff} = b_w \cdot h + (b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff} + (b_{f1} - b_w) \cdot h_{f1} + \alpha_e A_{p1},$$

čia: α_e - armatūros ir betono tamprumo modulių santykis.

$$\alpha_e = \frac{E_{sm}}{E_{cm}} = \frac{205 \cdot 10^3}{35 \cdot 10^3} = 5,86;$$

$$A_{eff} = 0,502 \cdot 0,20 + (1,15 - 0,502) \cdot 0,046 + (1,195 - 0,502) \cdot 0,046 + 5,86 \cdot 3,64 \cdot 10^{-4} = 0,1642 m^2.$$

Skerspjūvio statinis momentas plokštės apatinio sluoksnio atžvilgiu:

$$S_{eff} = 0,5 \cdot b_w \cdot h^2 + (b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff} \cdot (h - 0,5 \cdot h_{eff}) + 0,5 \cdot (b_{f1} - b_w) \cdot h_{f1}^2 + \alpha_e A_{s1} a_1;$$

$$S_{eff} = 0,5 \cdot 0,502 \cdot 0,20^2 + (1,15 - 0,502) \cdot 0,046 \cdot (0,20 - 0,5 \cdot 0,046) + 0,5 \cdot (1,195 - 0,502) \cdot 0,046^2 + 5,86 \cdot 0,000364 \cdot 0,035 = 0,01612 m^3.$$

Ekvivalentiško skerspjūvio svorio centro atstumas nuo plokštės apatinio sluoksnio:

$$y_{sc} = \frac{S_{eff}}{A_{eff}} = \frac{0,01612}{0,1642} = 0,098 m.$$

Ekvivalentiško skerspjūvio inercijos momentas centrinės ašies (0-0) atžvilgiu:

$$I_{eff} = \frac{b_w \cdot h^3}{12} + b_w \cdot h \cdot (0,5 \cdot h - y_{sc})^2 + \frac{(b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff}^3}{12} + (b_{eff} - b_w) \cdot h_{eff} \cdot (h - y_{sc} - 0,5 \cdot h_{eff})^2 + \frac{(b_{f1} - b_w) \cdot h_{f1}^3}{12} + (b_{f1} - b_w) \cdot h_{f1} \cdot (y_{sc} - 0,5 \cdot h_{f1})^2 + \alpha_e \cdot A_{p1} \cdot (y_{sc} - a_1)^2;$$

$$I_{eff} = \frac{0,502 \cdot 0,20^3}{12} + 0,502 \cdot 0,20 \cdot (0,5 \cdot 0,20 - 0,098)^2 + \frac{(1,15 - 0,502) \cdot 0,046^3}{12} + (1,15 - 0,502) \cdot 0,046 \cdot (0,20 - 0,098 - 0,5 \cdot 0,046)^2 + \frac{(1,195 - 0,502) \cdot 0,046^3}{12} + (1,195 - 0,502) \cdot 0,046 \cdot (0,098 - 0,5 \cdot 0,046)^2 + 5,86 \cdot 0,000364 \cdot (0,098 - 0,035)^2 = 0,0007198 m^4.$$

Skerspjūvio atsparumo momentas plokštės apatinio sluoksnio atžvilgiu:

$$W_{eff1} = \frac{I_{eff}}{y_{sc}} = \frac{0,0007198}{0,098} = 0,0073 m^3.$$

Skerspjūvio atsparumo momentas plokštės viršutinio sluoksnio atžvilgiu:

$$W_{eff2} = \frac{I_{eff}}{h - y_{sc}} = \frac{0,0007198}{0,20 - 0,098} = 0,0071 m^3.$$

Skerspjūvio atsparumo momentas, įvertinant betono plastines deformacijas, aptinio plokštės sluoksnio atžvilgiu:

$$W_{pl1} = \gamma \cdot W_{eff1},$$

čia: γ - koeficientas įvertinantis betono plastinį darbą. $\gamma = 1,5$, kadangi

$$b_{eff} / b_w = 1,15 / 0,502 = 2,29 < 6.$$

$$W_{pl1} = 1,5 \cdot 0,0073 = 0,0110 m^3.$$

Skerspjūvio atsparumo momentas, įvertinant betono plastines deformacijas, viršutinio plokštės sluoksnio atžvilgiu:

$$W_{pl2} = \gamma \cdot W_{eff2} = 1,5 \cdot 0,0071 = 0,0107 m^3.$$

Skaičiavimais nustatyti ekvivalentiško skerspjūvio svarbiausi rodikliai reikalingi tolimesniems skaičiavimams.

Armatūros išankstinių įtempių nuostoliai

Pradiniai armatūros įtempiai neįvertinant nuostolių ($\gamma_{sp} = 1$):

$$\sigma_p = \gamma_{sp} \cdot \sigma_p = 1,0 \cdot 1200 = 1200 MPa.$$

Armatūros svorio centras yra nutolęs nuo plokštės svorio cento, todėl susidaro ekcentricitetas, kuris nustatomas pagal 2.6 paveikslėlį:

$$e_p = y_{sc} - a_1 = 0,098 - 0,035 = 0,063 m.$$

Pirmieji įtempių nuostoliai apskaičiuojami pagal [17] 9 lentelės nurodymus:

a) lynų armatūros įtempių relaksacija, tempiant juos mechaniniu būdu:

$$\Delta \sigma_{pr} = \left(0,22 \cdot \frac{\sigma_p}{f_{p0,1k}} - 0,1 \right) \cdot \sigma_p = \left(0,22 \cdot \frac{1200}{1600} - 0,1 \right) \cdot 1200 = 78 MPa.$$

b) temperatūrų skirtumo betone ir atsparose:

$$\Delta \sigma_T = 1,0 \cdot \Delta t,$$

čia: ΔT – temperatūrų skirtumas betone ir atsparose, $\Delta T = 65^\circ\text{C}$.

$$\Delta\sigma_T = 1,0 \cdot 65 = 65\text{MPa}$$

c) inkarų deformacijos

$$\sigma_l = \left(\frac{\Delta l}{l} \right) \cdot E_{sm};$$

$$\Delta l = 1,25 + 0,15\varnothing,$$

čia: Δl - įvairių inkaro dalių deformacija, mm;

l - įtempiamo lyno ilgis, $l = 95500\text{mm}$;

$\varnothing$ - lyno skersmuo, mm.

$$\Delta l = 1,25 + 0,15 \cdot 9,3 = 2,645\text{mm};$$

$$\sigma_l = \left(\frac{2,645}{95500} \right) \cdot 205 \cdot 10^3 = 5,68\text{MPa}.$$

Betono apspaudimo jėga atleidus armatūrą iš atsparų:

$$P_{m0} = (\sigma_p - \Delta\sigma_p - \Delta\sigma_T - \Delta\sigma_l) \cdot A_{p1} = (1200 - 78 - 65 - 5,68) \cdot 3,64 \cdot 10^{-4} = 0,3826\text{MN} = 382,6\text{kN}$$

Betono gniuždymo įtempiai ties armatūros svorio centru nuo apspaudimo jėgos ir plokštės savojo svorio sukeliama lenkimo momento:

$$\sigma_{cp1} = \frac{P_{m0}}{A_{eff}} + P_{m0} \cdot e_p \cdot \frac{y_{sc} - a_1}{I_{eff}} - M_{Eggsd} \cdot \frac{y_{sc} - a_1}{I_{eff}} = \frac{0,3826}{0,1642} + 0,3826 \cdot 0,063 \cdot \frac{0,098 - 0,035}{0,0007198} - 0,01821 \cdot \frac{0,098 - 0,035}{0,0007198} = 2,85\text{MPa}.$$

d) dėl greitai pasireiškiančio betono valkšnumo pagal [17] 9 lentelės 6 punktą:

$$\Delta\sigma_{pc1,1} = \chi \cdot 40 \cdot \frac{\sigma_{cp1}}{f_{cp}}, \text{ kai } \frac{\sigma_{cp1}}{f_{cp}} \leq \alpha,$$

čia: χ - koeficientas, įvertinantis betono kietėjimo aplinką. Šildyto betono $\chi = 0,85$;

f_{cp} - betono apspaudimo stipris, MPa;

α - koeficientas.

$$\alpha = 0,25 + 0,025 \cdot f_{cp} \leq 0,8;$$

$$\alpha = 0,25 + 0,025 \cdot 32 = 1,05 > 0,8, \text{ sąlyga netenkinama, todėl priimamas } \alpha = 0,8.$$

$$\frac{2,85}{32} = 0,089 < \alpha = 0,8, \text{ sąlyga tenkinama.}$$

$$\Delta\sigma_{pc1,1} = 0,85 \cdot 40 \cdot \frac{2,85}{32} = 3,03\text{MPa}.$$

Betono įtempiai kraštiniame gniuždomos zonos sluoksnyje:

$$\sigma_{cp1,2} = \frac{P_{m0}}{A_{eff}} - P_{m0} \cdot e_p \cdot \frac{h - y_{sc}}{I_{eff}} + M_{Eggsd} \cdot \frac{h - y_{sc}}{I_{eff}} = \frac{0,3826}{0,1642} - 0,3826 \cdot 0,063 \cdot \frac{0,2 - 0,098}{0,0007198} + 0,01821 \cdot \frac{0,2 - 0,098}{0,0007198} = 1,49\text{MPa}.$$

- e) Įtempių nuostoliai tariamai esančioje gniuždomos zonos armatūroje dėl greitai pasireiškiančio valkšnumo pagal [17] 9 lentelės 6 punktą:

$$\Delta\sigma_{pc1,2} = \chi \cdot 40 \cdot \frac{\sigma_{cp1,2}}{f_{cp}}, \text{ kai } \frac{\sigma_{cp1,2}}{f_{cp}} \leq \alpha;$$

$$\frac{1,49}{32} = 0,047 < \alpha = 0,8, \text{ sąlyga tenkinama.}$$

$$\Delta\sigma_{pc1,2} = 0,85 \cdot 40 \cdot \frac{1,49}{32} = 1,58 \text{ MPa.}$$

Suminiai pirmieji armatūros įtempių nuostoliai:

$$\Sigma\Delta\sigma_{p1} = \Delta\sigma_{pr} + \Delta\sigma_T + \Delta\sigma_l + \Delta\sigma_{pc1,1} = 78 + 65 + 5,68 + 3,03 = 151,71 \text{ MPa.}$$

Antrieji įtempių nuostoliai apskaičiuojami pagal [17] 9 lentelės nurodymus:

- a) Kadangi betonas aukštesnės nei C35/45 klasės, gaminiai kietinami šildant, tai įtempių nuostoliai dėl betono susitraukimo $\Delta\sigma_{pc} = 50 \text{ MPa}$.

Betono apspaudimo jėga, įvertinus pirmuosius įtempių nuostolius:

$$P_{m1} = (\sigma_p - \Sigma\Delta\sigma_{p1}) \cdot A_{p1} = (1200 - 151,71) \cdot 3,64 \cdot 10^{-4} = 0,3816 \text{ MN} = 381,6 \text{ kN.}$$

Betono gniuždymo įtempiai ties armatūros svorio centru, nuo betono apspaudimo jėgos P_{m1} :

$$\sigma_{cp2} = \frac{P_{m1}}{A_{eff}} + P_{m1} \cdot e_p \cdot \frac{y_{sc} - a_1}{I_{eff}} = \frac{0,3816}{0,1642} + 0,3816 \cdot 0,063 \cdot \frac{0,098 - 0,035}{0,0007198} = 4,43 \text{ MPa.}$$

- b) dėl ilgalaikio betono valkšnumo pagal [17] 9 lentelės 9 punktą:

$$\Delta\sigma_{pc2,1} = \chi \cdot 150 \cdot \frac{\sigma_{cp3}}{f_{cp}}, \text{ kai } \frac{\sigma_{cp2}}{f_{cp}} \leq 0,75,$$

čia: χ - koeficientas, įvertinantis betono kietėjimo aplinką. Šildyto betono $\chi = 0,85$;

f_{cp} - betono apspaudimo stipris, MPa;

$$\frac{4,43}{32} = 0,138 < 0,75 \text{ sąlyga tenkinama.}$$

$$\Delta\sigma_{pc2,1} = 0,85 \cdot 150 \cdot \frac{4,43}{32} = 17,65 \text{ MPa.}$$

Betono įtempiai kraštiniame gniuždomos zonos sluoksnyje:

$$\sigma_{cp2,2} = \frac{P_{m1}}{A_{eff}} - P_{m1} \cdot e_p \cdot \frac{h - y_{sc}}{I_{eff}} = \frac{0,3816}{0,1642} - 0,3816 \cdot 0,063 \cdot \frac{0,2 - 0,098}{0,0007198} = -1,08 \text{ MPa.}$$

Betono įtempiai kraštiniame gniuždomos zonos sluoksnyje:

$$\sigma_{cp2,2} = \frac{P_{m0}}{A_{eff}} - P_{m0} \cdot e_p \cdot \frac{h - y_{sc}}{I_{eff}} + M_{Eggd} \cdot \frac{h - y_{sc}}{I_{eff}} = \frac{0,3826}{0,1642} - 0,3826 \cdot 0,063 \cdot \frac{0,2 - 0,098}{0,0007198} + 0,01821 \cdot \frac{0,2 - 0,098}{0,0007198} = 1,49 \text{ MPa.}$$

c) Įtempių nuostoliai tariamai esančioje gniuždomos zonos armatūroje dėl ilgalaikio betono valkšnumo $\Delta\sigma_{pc2,2} = 0MPa$.

Artrieji suminiai armatūros įtempių nuostoliai:

$$\Sigma\Delta\sigma_{p2} = \Delta\sigma_{pc} + \Delta\sigma_{pc2,1} = 50 + 17,65 = 67,65MPa.$$

Suminiai (pirmieji ir antrieji) armatūros išankstinių įtempių nuostoliai:

$$\Delta\sigma_{p,com} = \Sigma\Delta\sigma_{p1} + \Sigma\Delta\sigma_{p2} = 151,71 + 67,65 = 219,36MPa > 100MPa.$$

Armatūros išankstinis įtempimas įvertinus nuostolius:

$$\sigma_{pm} = \sigma_p - \Delta\sigma_{p,com} = 1200 - 219,36 = 980,64MPa.$$

Vidutinė betono apspaudimo jėga, įvertinus visus įtempių nuostolius:

$$P_{m,0} = \sigma_{pm} \cdot A_{p1} = 980,64 \cdot 3,64 \cdot 10^{-4} = 0,3570MN = 357,0kN.$$

Pagal apskaičiavimus nustatėm faktiškus armatūros įtempius.

Plokštės normalinio pjūvio stiprumo įvertinimas

Skaičiuojant plokštės normalinio pjūvio stiprumą įvertinami faktiškus armatūros įtempius. Naudojama tokia pat skaičiuotinė schema kaip ir 2.5 paveiksle. Lenkiamo elemento gniuždomos zonos ribinis santykinis aukštis apskaičiuojamas pagal reglamento [17] 8.14 ir 8.15 formules:

$$\xi_{lim} = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{s,lim}}{\sigma_{sc,lim}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)};$$

$$\sigma_{s,lim} = f_{p0,1d} + 400 - (\sigma_p - \Delta\sigma_{p,com});$$

$$\sigma_{s,lim} = 1390 + 400 - (1200 - 219,36) = 809,36;$$

$$\xi_{lim} = \frac{0,658}{1 + \frac{809,36}{500} \left(1 - \frac{0,658}{1,1}\right)} = 0,399.$$

Armatūros darbo sąlygų koeficientas lieka toks pat $\gamma_{s6} = 1,15$. Gniuždomos zonos aukštis nustatomas iš projekcijos lygties ($\Sigma N_y = 0$).

$$x_{eff} = \frac{\gamma_{s6} \cdot f_{p0,1d} \cdot A_{p1}}{f_{cd} \cdot b_{eff}} = \frac{1,15 \cdot 1390 \cdot 3,64 \cdot 10^{-4}}{24 \cdot 1,15} = 0,021m < h_{eff} = 0,04m.$$

Gniuždomos zonos santykinis:

$$\xi_{eff} = \frac{x_{eff}}{d} = \frac{0,021}{0,165} = 0,127.$$

$\xi_{eff} = 0,127 < \xi_{lim} = 0,399$ iš šios neligybės matome, kad gniuždomos zonos stiprumas yra pakankamas.

Tikrinama ar armatūra atlaikys plokštę veikiantį lenkimo momentą:

$$M_{Rd} = \gamma_{s6} \cdot f_{p0,1d} \cdot A_{p1} \cdot (d - 0,5 \cdot x_{eff});$$

$$M_{Rd} = 1,15 \cdot 1390 \cdot 3,64 \cdot 10^{-4} \cdot (0,165 - 0,5 \cdot 0,021) = 0,0899 MNn = 89,9 kNm.$$

$M_{Rd} = 89,90 kNm > M_{Ed} = 79,02 kNm$, sąlyga tenkinama, plokštės normalinio pjūvio stiprumas pakankamas.

$$\frac{89,90 - 79,02}{79,02} \cdot 100\% = 13,76\%.$$

Patikrinamas minimalus tokio skerspjūvio armatūros skerspjūvio plotas:

$$A_{eff} = 0,1642 m^2;$$

$$A_{p1,min} = 0,005 \cdot A_{eff} = 0,0005 \cdot 0,1642 = 0,82 \cdot 10^{-4} m^2;$$

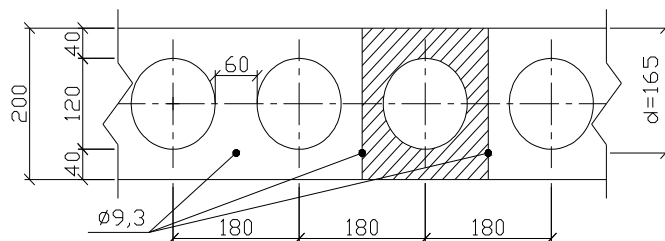
$$A_{p1,min} = 0,82 \cdot 10^{-4} m^2 < A_{p1} = 3,64 \cdot 10^{-4} m^2.$$

Armatūros kiekis pakankamas.

Išvada: plokštės normalinio pjūvio stiprumas yra pakankamas.

Plokštės įstrižo pjūvių skaičiavimas

Plokštės įstrižo pjūvio stiprumas tikrinamas ekvivalentiško skerspjūvio fragmentui. Plokštės ekvivalentiško skerspjūvio fragmento schema 2.7 paveiksle



2.7 pav. Plokštės skerspjūvio fragmentas įstrižo pjūvio stiprumo skaičiavimui.

Ekvivalentiško skerspjūvio fragmento charakteristikos:

$$\text{Plotis } b_{eff} = 180 mm = 0,18 m;$$

$$\text{Plotas } A_{eff} = 0,0243 m^2;$$

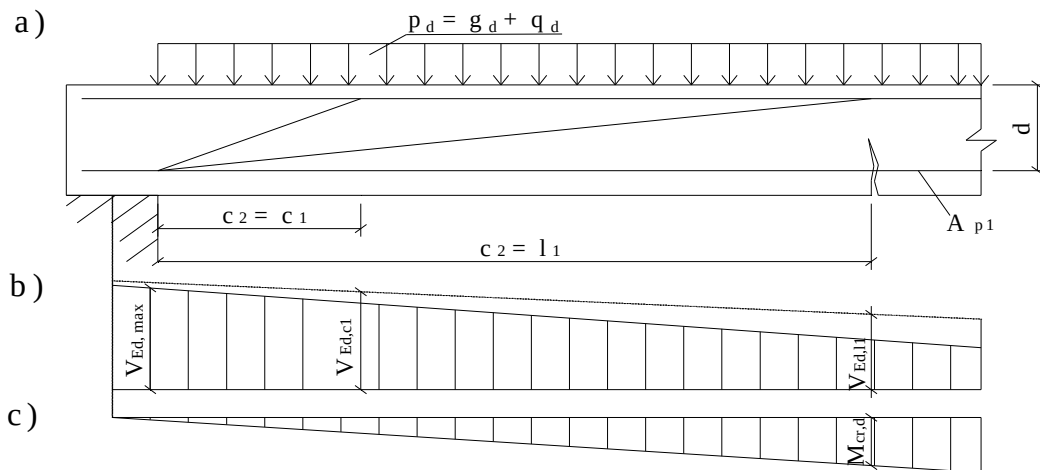
$$\text{Ekvivalentiško skerspjūvio svorio centro atstumas nuo plokštės apatinio sluoksnio } y_{sc} = 0,098 m;$$

$$\text{Ekvivalentiško skerspjūvio inercijos momentas centrinių ašies atžvilgiu } I_{eff} = 0,000113 m^4;$$

Vieno lyno išankstinė įtempimo jėga, įvertinus visus įtempių nuostolius:

$$P_{pm1} = \frac{\sigma_{pm} \cdot A_{p1}}{n} = \frac{980,64 \cdot 3,64 \cdot 10^{-4}}{7} = 0,051 MN.$$

Pagal 2.8 paveikslėlyje pavaizduota apkrovimo schemą atliekami tolimesni skaičiavimai.



2.8 pav. Įstrižo pjūvio skaičiuotinė schema

Apkrovų poveikiai plokštės fragmento plotyje $b_{eff} = 0,18m$:

a) visų apkrovų:

$$p_d = (g_d + p_d) \cdot b_{eff} = (6,96 + 7,43) \cdot 0,18 = 2,59kN / m.$$

b) nuolatinių ir tariamai nuolatinių:

$$p_{eff,d} = (g_d + \Psi_2 \cdot q_d) \cdot b_{eff} = (6,96 + 0,6 \cdot 7,43) \cdot 0,18 = 2,06kN / m.$$

c) didžiausia skersinė jėga ties atramos kraštu:

$$V_{Ed,max} = \frac{p_d \cdot l_{eff}}{2} = \frac{2,59 \cdot 6,05}{2} = 7,83kN = 0,0078MN.$$

Tikrinama, ar plokštė gali būti be skersinės armatūros pagal [18] 6.4 sąlygą:

$$2,5 \cdot f_{ctd} \cdot b_{eff} \cdot d \geq V_{Ed,max};$$

$$2,5 \cdot 1,50 \cdot 0,18 \cdot 0,165 = 0,111MN > 0,0078MN, \text{ sąlyga tenkinama.}$$

Tikrinama STR 2.05.05:2005 3 priedo 6.12 sąlyga:

$$\sigma_c = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} > 0,5 \cdot f_{cd},$$

čia: A_{eff} - elemento skerspjūvio ekvivalentinis plotas.

Apskaičiuojami normaliniai betono įtempiai ties skerspjūvio svorio centru:

$$\sigma_x = \sigma_c = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} = \frac{P_{pm1}}{A_{eff}} = \frac{0,051}{0,0243} = 2,10MPa < 0,5 \cdot 24 = 12MPa, \text{ vadinasi [18] 6.2 sąlygos tikrinti}$$

nereikia. Sąlyga tikrinama, kai dideli gniuždymo įtempiai, kurie gali sumažinti plokštės stiprumą įstrižų plyšių atžvilgiu.

Apskaičiuojamas plokštės ruožo ilgis nuo atramos krašto l_1 , kuriame saugos ribiniame būvyje neatsiranda normalinių plyšių, vadovaujamasi [18] 6.16 formule:

$$M_{Ed} = 0,5 \cdot ((g_d + q_d) \cdot l_{eff} \cdot l_1 - (g_d + q_d) \cdot l_1^2) = M_{cr,d}.$$

Skaiciavimams palengvinti priimami $W_{pl} = 1,5 \cdot W_{eff}$ ir $\varphi = 0,9$:

$$W_{eff} = \frac{I_{eff}}{y_{sc}} = \frac{0,000113}{0,098} = 0,00115m^3;$$

$$W_{pl} = 1,5 \cdot 0,00115 = 0,00173m^3.$$

Atstumas r tarp ekvivalentiško skerspjūvio sunkio centro ir branduolio viršūnės, labiausiai nutolusios nuo tempiamos zonos, kurio plyšių atsiradimas tikrinamas yra nustatomas pagal [17] 14.10 formulę.

$$r = \varphi \cdot \frac{W_{eff}}{A_{eff}} = 0,9 \cdot \frac{0,00173}{0,0243} = 0,064m;$$

$$e_p = y_{sc} - a_1 = 0,098 - 0,035 = 0,063m;$$

$$M_{cr,d} = f_{ctd} \cdot W_{pl} + P_{pm1} \cdot (e_p + r) = 1,50 \cdot 0,00173 + 0,051 \cdot (0,063 + 0,064) = 0,0091MNm.$$

Apskaičiuojamas l_1 :

$$l_1 = \frac{l_{eff}}{2} - \sqrt{\left(\frac{l_{eff}}{2}\right)^2 - \frac{2 \cdot M_{cr,d}}{g_d + q_d}};$$

$$l_1 = \frac{6,05}{2} - \sqrt{\left(\frac{6,05}{2}\right)^2 - \frac{2 \cdot 0,0091}{0,00259}} = 1,568m > c_{max} = 2 \cdot d = 2 \cdot 0,165 = 0,33m.$$

Normaliniai plyšiai neatsiranda gan ilgame plokštės ruože, todėl reikia į tai atsižvelgti.

Plokštės įstrižo pjūvio stiprumas tikrinamas pagal [18] 6.5 sąlygą. Priimama, kad $c = l_1 = 1,568m$.

$$V_{Ed} \leq \frac{\varphi_{c4}(1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b_{eff} \cdot d^2}{c} = \frac{M_{c4}}{c} \geq V_{Rcd,min}.$$

Koeficientai φ_{ci} ir β nurodyti [17] 15 lentelėje (normaliajam betonui):

$$\varphi_{c2} = 2,0;$$

$$\varphi_{c3} = 0,6;$$

$$\varphi_{c4} = 1,5;$$

$$\beta = 0,01.$$

Nustatomas dydis M_{c4} :

$$M_{c4} = \varphi_{c4}(1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d^2.$$

Koeficientas pagal [18] 6.9 formulę:

$$\varphi_n = 0,1 \cdot \frac{N_{Ed}}{f_{ctd} \cdot b_{eff} \cdot d} \leq 0,5,$$

$$\text{čia: } N_{Ed} = P_{pm1}.$$

$$\varphi_n = 0,1 \cdot \frac{0,051}{1,50 \cdot 0,18 \cdot 0,165} = 0,114 \leq 0,5;$$

$$M_{c4} = 1,5 \cdot (1 + 0,114) \cdot 1,5 \cdot 0,18 \cdot 0,165^2 = 0,0123MNm;$$

$$V_{Rcd,min} = \varphi_{c3} \cdot (1 + \varphi_n) \cdot f_{ctd} \cdot b_{eff} \cdot d;$$

$$V_{Rcd,min} = 0,6 \cdot (1 + 0,114) \cdot 1,5 \cdot 0,18 \cdot 0,165 = 0,0298 MN.$$

Ekvivalentiško skerspjūvio dalies, esančios virš neutraliosios ašies, statinis momentas apie šią ašį:

$$S_{eff} = 0,5 \cdot b_{eff} \cdot (h - y_{sc})^2 - \frac{\varnothing_h^3}{12} = 0,5 \cdot 0,18 \cdot (0,2 - 0,098)^2 - \frac{0,12^3}{12} = 0,000792 m^3.$$

Dydis $V_{cr,d}$ apskaičiuojamas pagal [18] 6.18 formulę, nepaisant svarbiausių gniuždymo įtempių.

Laikant, kad svarbiausi gniuždymo įtempiai neturi įtakos tempiamajam betono stipriui, tada [18] 6.19 formulę kerpamasis stipris būtų nustatomas:

$$\tau_{xy,Rd} = f_{ctd} \cdot \sqrt{1 + \sigma_x / f_{ctd}} = 1,50 \cdot \sqrt{1 + 2,10 / 1,50} = 2,32 MPa.$$

Tikrinama, ar galime taikyti [18] 6.19 formulę, tam naudojama [18] 6.25 formulė:

$$\gamma_{mc,lim} = 1 - 0,2 - \alpha \cdot f_{ck,cube},$$

čia: $\alpha = 0,01$, normaliajam betonui.

$f_{ck,cube}$ - gniuždomo kubo charakteristinė stiprio vertė.

$$\gamma_{mc,lim} = 1 - 0,2 - 0,01 \cdot 50 = 0,3.$$

Pagal [18] 6.26 formulę nustatome ribinę kerpimo įtempių reikšmę:

$$\tau_{xy,lim} = f_{cd} \cdot \sqrt{\gamma_{mc,lim} \cdot (\gamma_{mc,lim} - \sigma_x / f_{cd})} = 24,0 \cdot \sqrt{0,3 \cdot (0,3 - 2,10 / 24,0)} = 6,06 MPa > \tau_{xy,Rd} = 2,32 MPa.$$

Įtempiai pagal [17] 3 priedo 6.19 formulę apskaičiuoti teisingai.

Pagal [18] 6.18 formulę skaičiuojama istrižus plyšius sukeliančią jėgą:

$$V_{cr,d} = b_w \cdot \frac{I_{eff}}{S_{eff}} \cdot \tau_{xy,Rd} = 0,06 \cdot \frac{0,000113}{0,000792} \cdot 2,32 = 0,01986 MN.$$

Pagal [18] 6.27 formulę skaičiuojamas istrižo pjūvio projekcijos ilgis:

$$c = \frac{M_{c4}}{V_{cr,d}} = \frac{0,0123}{0,01986} = 0,619 m.$$

$$c_{max} = \frac{\varphi_{c4}}{\varphi_{c3}} \cdot d = \frac{1,5}{0,6} \cdot 0,165 = 0,413 m.$$

Kadangi c_{max} daugiau už c , priimama, kad istrižo pjūvio projekcijos ilgis lygus c_{max} . Todėl $c = c_{max} = 0,413 m$. Be to $c = 0,413 m < l_1 = 1,568 m$, todėl ruože $c = 0,413 m$ normalinių plyšių neatsiras.

Tikrinama istrižų pjūvių stiprumo sąlyga, esant pjūvio projekcijos ilgiui $c = 0,413 m$:

$$V_{Ed} = V_{Ed,max} - c \cdot p_{eff,d} = 7,83 - 0,413 \cdot 2,06 = 6,98 kN < V_{Rd,c,min} = 29,8 kN.$$

Tikrinama istrižų pjūvių stiprumo sąlyga ruožo be normalinių plyšių ilgio gale $l_1 = 1,568 m$:

$$V_{Ed} = V_{Ed,max} - l_1 \cdot p_{eff,d} = 7,83 - 1,568 \cdot 2,06 = 4,60 kN < V_{Rd,c,min} = 29,8 kN.$$

Abi sąlygos tenkinamos, todėl gelžbetoninės plokštės nereikia armuoti skersine armatūra.

Patikrinama, ar nereiks armuoti skersine armatūra, jei nevertinamas normalinių plyšių nebuvimas ties atrama. Tikrinama pagal [18] 6.13 formulę:

$$V_{Ed,max} = \sqrt{M_{c4} \cdot p_{eff,d}} = \sqrt{12,3 \cdot 2,06} = 5,03 kN < V_{Rd,c,min} = 29,8 kN;$$

$$V_{Ed,max} = 7,83 kN < V_{Rd,c,min} = 29,8 kN.$$

Sąlygos tenkinamos $V_{Ed,max} < V_{Rd,c,min}$, todėl plokštės nereikia armuoti skersine armatūra, nes skerspįūvio įstrižų pjūvių stiprumas pakankamas.

Išvada: gelžbetoninė kiaurymėta perdangos plokštė atitinka visus saugos ribinio būvio keliamus reikalavimus.

2.1.3. Plokštės gamybos, transportavimo ir montavimo situacijos ribinių būvių skaičiavimas

Tikriname trumpalaikės situacijos, susidarančias gamybos, montavimo ir transportavimo metu, kurios gali būti pavojingos plokštei.

Tokio tipo plokštės yra keliamos specialia kelimo priemone – sija (traversa). Atstumas nuo traversos iki plokštės galo 0,8m.

Viršutinio krašto pleišėtumas apspaudžiant plokštę

Nustatomas plokštės savojo svorio sukeltas lenkimo momentas atleidus armatūrą nuo atsparų:

$$M_{Eggd} = \frac{g_{kp,d} \cdot b_n \cdot l_k^2}{8} = \frac{3,16 \cdot 1,2 \cdot 6,15^2}{8} = 17,93 kNm,$$

čia: l_k - konstrukcinis plokštės ilgio matmuo, m.

Nustatomas apspaudimo jėgos ir plokštės savojo svorio sukeltas lenkimo momentas atleidus armatūrą nuo atsparų:

$$M_{Egd} = P_{d,sup} \cdot (e_p - r_{inf}) - M_{Eggd},$$

čia: r_{inf} - atstumas tarp ekvivalentiško skerspįūvio svorio centro ir branduolio viršūnės, m;

$P_{d,sup}$ - betono apspaudimo jėga.

$$P_{d,sup} = \gamma_{sp} \cdot P_{cm} = 1,1 \cdot 357 = 392,70 kN;$$

$$r_{inf} = \varphi \cdot \frac{W_{eff}^2}{A_{eff}}, \text{ priimame } \varphi = 1;$$

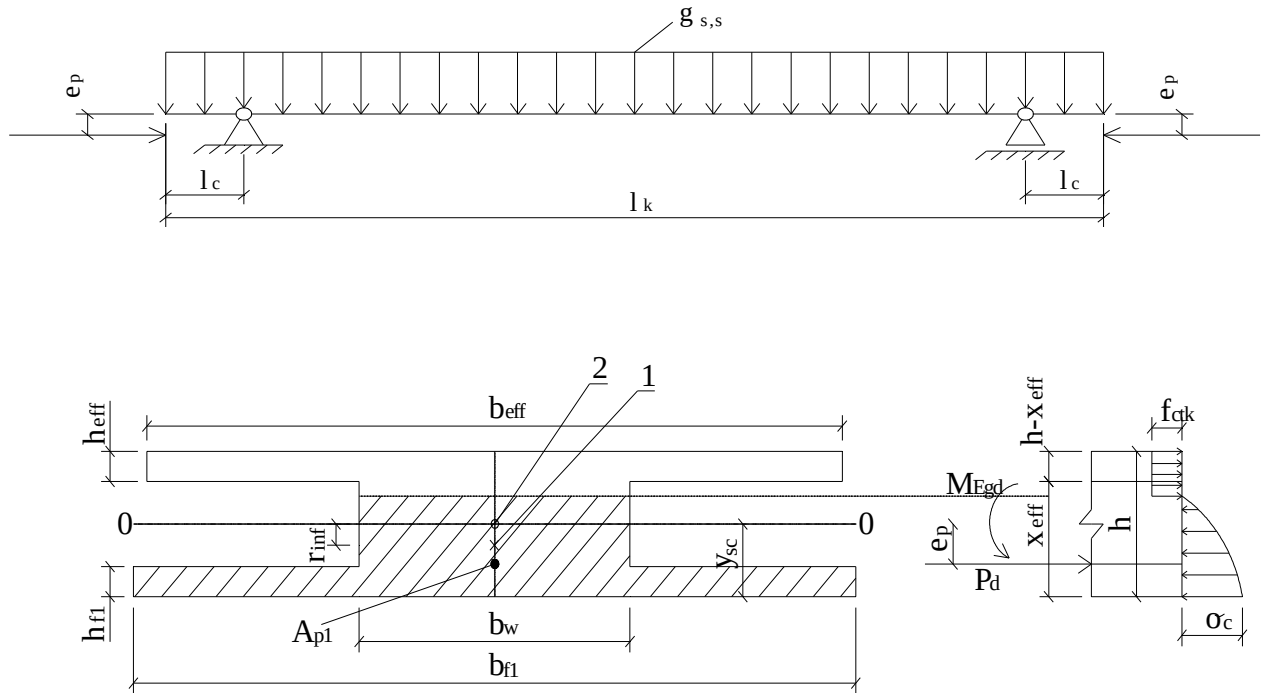
$$r_{inf} = 1 \cdot \frac{0,0071}{0,1642} = 0,043 m.$$

$$M_{Egd} = 392,70 \cdot (0,063 - 0,043) - 17,93 = -11,08 kNm.$$

Kadangi momentas, veikiantis plokštę, gautas su neigiamu ženklu, tai gamybos metu viršutiniame krašte nebus plyšių, nes nėra tempimo.

Pleišėtumas transportuojant ir montuojant

Skaičiuojamos situacijos schemas pavaizduotos 2.9 pav. Kadangi pakėlimo įranga tvirtinama 0,8m atstumu nuo krašto, tada gembės ilgis $l_c = 0,8m$. Skaičiavimuose naudojamos skaičiuotinės tinkamumo ribinio būvio reikšmės.



2.9 pav. Apkrovimo schema ir įtempių pasiskirstymas plokštėje: 1 - skerspjūvio branduolio viršūnė; 2 - ekvivalentiško skerspjūvio branduolio viršūnė.

Nustatome lenkimo momentą, kuris susidaro konsolėje dėl tokio pakėlimo traversos prikabinimo nuo savojo plokštės svorio, kuris įvertinamas papildomu dinamiškumo koeficientu $\gamma_d = 1,6$:

$$M_{Egd} = \frac{g_{kp,d} \cdot l_c^2}{2} \cdot \gamma_d = \frac{3,16 \cdot 1,20 \cdot 0,8^2}{2} \cdot 1,6 = 1,94 kNm.$$

Didžiausi betono gniuždymo įtempiai:

$$\sigma_{c,max} = \frac{P_{d,sup}}{A_{eff}} + \frac{P_{d,sup} \cdot e_p + M_{Egd}}{W_{eff1}} = \frac{0,3927}{0,1642} + \frac{0,3927 \cdot 0,063 + 0,00194}{0,0073} = 6,09 MPa.$$

Atstumas nuo svorio centro iki branduolio viršūnės, labiausiai nutolusios nuo tempiamo krašto:

$$r_{inf} = \varphi \cdot \frac{W_{eff2}}{A_{eff}};$$

$$\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{c,max}}{f_{cp}} = 1,6 - \frac{6,09}{32} = 1,41 > 1, \text{ todėl priimamas koeficientas } \varphi = 1.$$

$$r_{inf} = 1 \cdot \frac{0,0071}{0,1642} = 0,043m.$$

Patikrinama [18] 2.26 sąlyga, priimant $M_r = M_{Egd} = 0,00194MNm$:

$$f_{cptk} \cdot W_{pl2} = 2,0 \cdot 0,0107 = 0,0214MNm,$$

$$\text{čia: } f_{cptk} = 0,8 \cdot f_{ctk} = 0,8 \cdot 2,5 = 2,0MPa.$$

$$P_{d,sup} \cdot (e_p - r_{inf}) + M_r = 0,3213 \cdot (0,063 - 0,043) + 0,00194 = 0,00837MNm < f_{cptk} \cdot W_{pl2} = 0,0214MNm.$$

Transportuojant plokštės viršuje vertikaliųjų plyšių neatsiras.

Plokštės stiprumas gamybos situacijų metu

Nepertraukiamo formavimo plokštės neturi jokios papildomos armatūros, išskyrus pagrindinę. Normalinio pjūvio stiprumą galima tikrinti lygiai taip pat kaip ir 2.9 pateiktoje schemoje. Iš anksčiau atliktų skaičiavimų matome, kad plokštės stiprumas gamybos metu yra pakankamas, nes gauta tokia išraiška $\sigma_{c,max} = 5,00MPa < f_{cp} = 32MPa$. Viršutinėje plokštės zonoje nei atleidžiant armatūrą, nei transportuojant plyšių neatsiras.

Išvada: gelžbetoninė plokštė atitinka visus keliamus reikalavimus trumpalaikės naudojimo situacijos metu.

2.1.4 Plokštės naudojimo situacijos tinkamumo ribinių buvių skaičiavimas

Normalinių plyšių atsiradimas

Išsamesnius skaičiavimus žiūrėti 1.1 priede.

$$M_{cr} = 0,06188MNm > M_{Ed} = 0,0585MNm.$$

Naudojimo metu nuo numatytų apkrovų neatsiras normalinių plyšių.

Istrižų plyšių atsiradimas

Išsamesnius skaičiavimus žiūrėti 1.1 priede.

Kadangi sąlyga tenkinama $\sigma_{mt} = 0,09MPa < 1 \cdot 2,5 = 2,5MPa$, todėl įstrižų plyšių $l_{pt} = 0,552$ ruožė neatsiras.

Kadangi sąlyga tenkinama $\sigma_{mt} = 0,727MPa \leq 1 \cdot 2,5 = 2,5MPa$, todėl įstrižų plyšių pjūvyje 2-2 pjūvyje neturėtų atsirasti.

Plokštės įlinkis

Išsamesnius skaičiavimus žiūrėti 1.1 priede.

$$d_{lim} = \frac{1}{200} \cdot l_{eff} = \frac{1}{200} \cdot 6,05 = 0,030m = 30mm.$$

Plokštės įlinkis neviršija ribinio įlinkio $d = 9mm < d_{lim} = 30mm$.

Įlinkio padidėjimo dėl šlities deformacijų nepaisoma, nes $l_{eff} / h = 6,05 / 0,2 = 30,25 > 10$.

Išvada: nepertraukiamo formavimo gelžbetoninė plokštė tenkina visus tinkamumo ribinio būvio reikalavimus.

Išvada: Gelžbetoninė nepertraukiamo formavimo plokštė tenkina tiek saugos ribinio būvio, tiek ir tinkamumo ribinio būvio reikalavimus.

2.1.5 Plokštės konstravimas

Nepertraukiamo formavimo plokštė neturi kitos armatūros, išskyrus pagrindinę. Bendri duomenys apie plokštę:

Betono tūris – $1,010\text{m}^3$;

Armatūros masė – $17,48\text{kg}$;

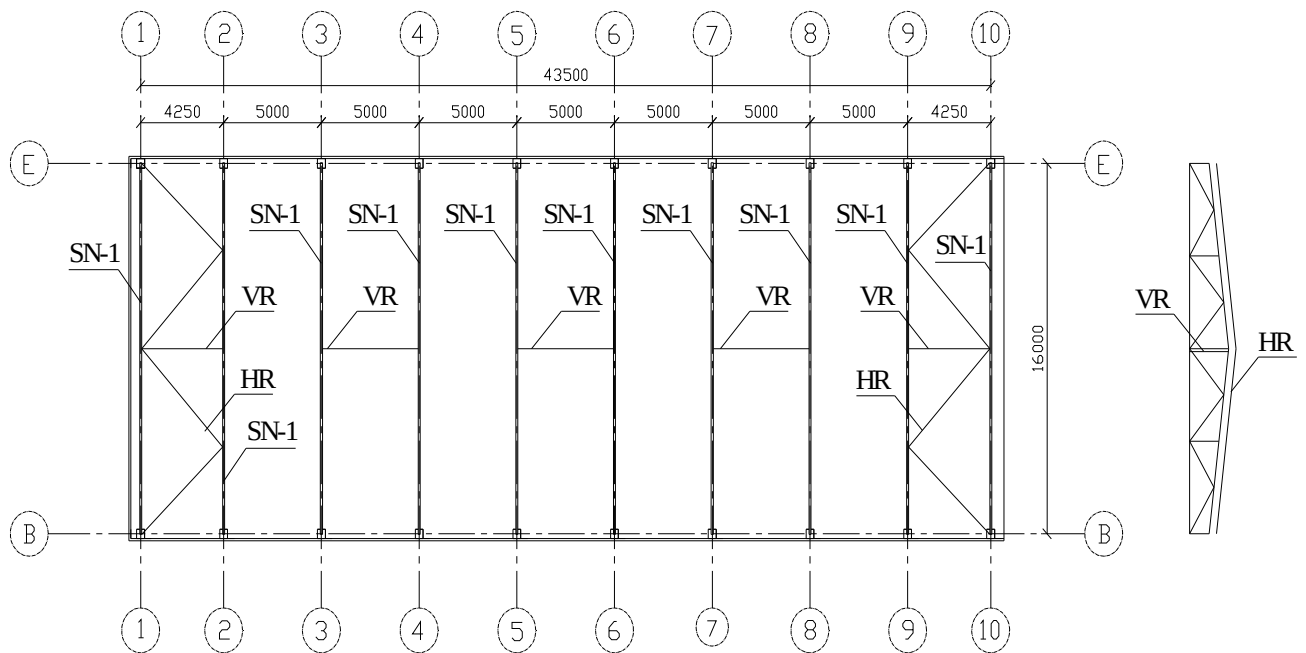
Plokštės masė – $2,72\text{t}$;

Plokštės žymuo PKE – 20-7-9,3.

2.2. Metalinės trapecinės santvaros SN-1 skaičiavimas

2.2.1 Konstrukcijų išdėstymas

Stogo konstrukcijos svorio ir naudingą apkrovą turi atlaikyti metalinė 16 m ilgio trapecinė santvara. Konstrukcijų žingsnis numatytas 5 m. Horizontalūs ryšiai išdėstomi ties pastato galais ir ne rečiau kaip 30 m. Vertikalūs ryšiai įrengiami santvarų poroms. Konstrukcijų išdėstymas pavaizduotas 2.10 pav.



2.10 pav. Konstrukcijų ir ryšių išdėstymo schema: SN-1 – trapecinė santvara; VR – vertikalūs ryšiai; HR – horizontalūs ryšiai.

Pagal pavaizduotą konstrukcijų išdėstymą atliksimi tolimesni skaičiavimai.

2.2.2 Santvaros geometrinių dydžių skaičiavimas

Trapecinės santvaroms rekomenduotinas pakilos aukštis $\left(\frac{1}{8} \div \frac{1}{9}\right) \cdot l$ pagal [6]:

$$f = \frac{1}{8} \cdot l = \frac{1}{8} \cdot 16 = 2 \text{ m.}$$

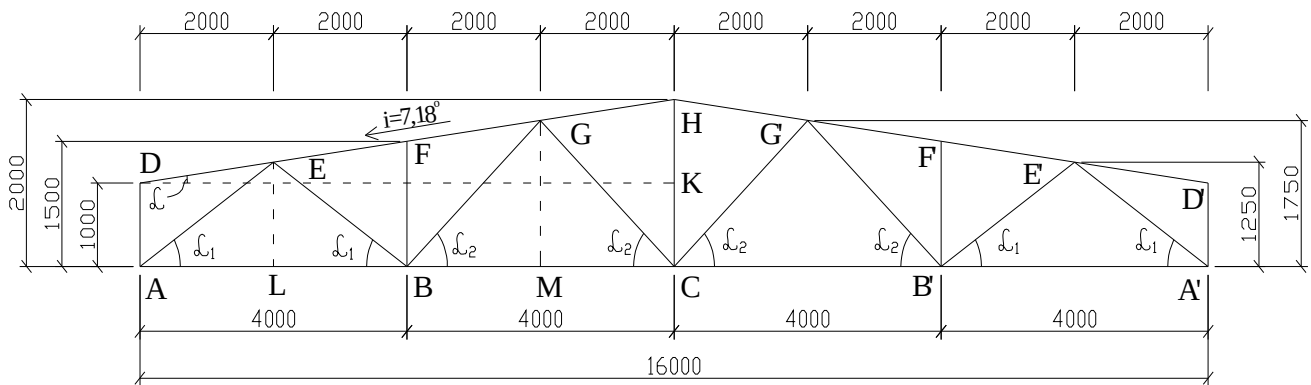
Trapecinės santvaroms rekomenduotinas viršutinės juostos nuolydis $i = \frac{1}{12} \div \frac{1}{8}$ arba

$$i = 4,78^\circ \div 7,18^\circ \text{ pagal [1]:}$$

$$i = \frac{1}{8} = 0,125;$$

$$\arctg i = \arctg 0,125 = 7,13^\circ \approx 7^\circ.$$

Santvaros schema pavaizduota 2.11 paveiksle.



2.11 pav. Santvaros geometrinė schema

Žinomi dydžiai:

Spyris $AD = 1,00$ m;

Spyris $CH = 2,00$ m;

Viršutinės juostos posvyrio kampas $\alpha = 7,18^\circ$.

Apskaičiuojami dydžiai:

Viršutinės juostos vienos pusės ilgis:

$$DH = \sqrt{DK^2 + KH^2} = \sqrt{8,0^2 + 1,0^2} = 8,06 \text{ m.}$$

$$KH = CH - AD = 2,0 - 1,0 = 1,0 \text{ m.}$$

Apatinės juostos panelių ilgiai:

$$AB = BC = B'C = A'B' = \frac{l}{4} = \frac{16,0}{4} = 4 \text{ m.}$$

Spyrio BF ilgis:

$$BF = AD + \frac{1}{2} \cdot KH = 1,0 + \frac{1}{2} \cdot 1 = 1,5 \text{ m.}$$

Spyrio AE ilgis:

$$AE = \sqrt{AL^2 + EL^2} = \sqrt{2,0^2 + 1,25^2} = 2,36 \text{ m;}$$

$$EL = AD + \frac{1}{4} \cdot KH = 1,0 + \frac{1}{4} \cdot 1,0 = 1,25 \text{ m.}$$

Spyrio BG ilgis:

$$BG = \sqrt{BM^2 + GM^2} = \sqrt{2,0^2 + 1,75^2} = 2,66 \text{ m;}$$

$$GM = AD + \frac{3}{4} \cdot KH = 1,0 + \frac{3}{4} \cdot 1,0 = 1,75 \text{ m.}$$

Kampas α_1 ($\angle EAL$):

$$\alpha_1 = \arctg \frac{EL}{AL} = \arctg \frac{1,25}{2,0} = \arctg 0,625 = 32^\circ;$$

Kadangi linija EL trikampį AEB dalyja į dvi visiškai vienodas dalis, todėl spyriai $AE = BE = 2,36$ m. ir kampai $\angle EAL = \angle EBL = \alpha_1 = 32^\circ$.

Kampas α_2 ($\angle GBM$):

$$\alpha_2 = \arctg \frac{GM}{BM} = \arctg \frac{1,75}{2,0} = \arctg 0,875 = 41,19^\circ;$$

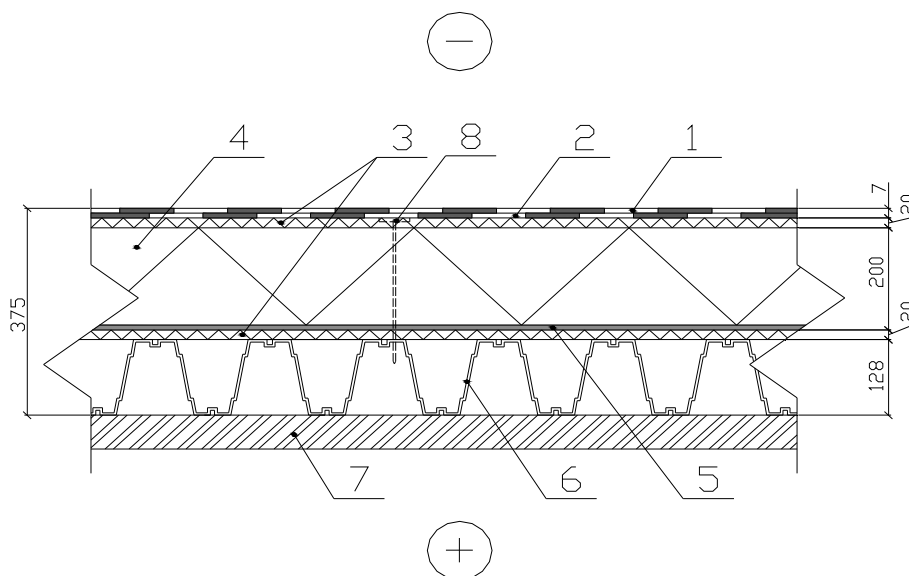
Kadangi linija GM trikampį BGC dalyja į dvi visiškai vienodas dalis, todėl spyriai $BG = CG = 2,66$ m. ir kampai $\angle GBM = \angle GCM = \alpha_2 = 41,19^\circ$.

Nustatėme visus santvaros kampų dydžius, panelių ir srypų ilgius, reikalingus tolimesniems skaičiavimams.

2.1.3 Veikiančių apkrovų skaičiavimas

Stogo konstrukcijos svoris

Stogo konstrukcija pavaizduota 2.12 paveikslėlyje.



2.12 pav. Stogo konstrukcija: 1 – ruloninė danga Mida Balt PSV4b (skalūno pabarstas), $d = 4,2$ mm; 2 – ruloninė danga Mida Balt PSV4s (smėlio pabarstas), $d = 3,0$ mm; 3 – Paroc ROB 60, $d = 20$ mm; 4 – Paroc ROS 30, $d = 200$ mm; 5 – garo izoliacija Strotex AL 90, $d = 0,2$ mm; 6 – atraminiai profiliuoti skardos lakštai TP-128; 7 – santvaros viršutinė juosta; 8 – smeigė akmens vatai tvirtinti.

Stogo konstrukcijos svorio skaičiavimas pateikiamas 2.2 lentelėje.

Stogo konstrukcijos $1m^2$ svoris

2.2 lentelė

Eil. Nr.	Stogo elementai ir jų masė	Charakteristinė apkrova N/m^2	Dalinis apkrovos koeficientas γ_g	Skačiuojamoji apkrova N/m^2
1.	Du sluoksniai prilydomos rulinės dangos: Apatinis sluoksnis Mida Balt PVS3s, kurio $1m^2$ svoris $4,0kg$; Viršutinis sluoksnis Mida Balt PVS4b, kurio $1m^2$ svoris $4,9kg$. Bendras dangų $1m^2$ svoris $8,9kg$.	89,00	1,35	120,15
2.	Apšiltinimui panaudojami trys akmens vatos sluoksniai. Apatinis ir viršutinis Paroc ROB 60 20 mm, kurio $1m^3$ svoris $175kg$. $g_{ROB60} = 175 \cdot 0,02 = 3,5kg$. Vidurinis Paroc ROS 30 200 mm, kurio $1m^3$ svoris $175kg$. $g_{ROS30} = 120 \cdot 0,2 = 24,0kg$. Bendras termoizoliacijos $1m^2$ svoris: $3,5 \cdot 2 + 24,0 = 31,0kg$.	310,00	1,35	418,50
3.	Garų izoliacija Strotex AL 90, kurios $1m^2$ svoris $0,09kg$.	0,90	1,35	1,22
4.	Atraminiai profiliuoti skardos lakštai TP-128 0,7 mm storio, įvertinant 100mm persidengimą	9,00	1,35	12,15
Iš viso:		$g_k = 408,90$		$g = 552,02$

Sniego apkrova

Sniego apkrovos į stogo horizontalią projekciją dydis nustatomas pagal formulę:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k, \quad (2.1)$$

čia: μ - sniego apkrovos koeficientas priklausantis nuo stogo formos pagal [16] 2 priedo 1 lentelę;

s_k - sniego dangos svorio ant $1m^2$ horizontaliojo žemės paviršiaus charakteristinė reikšmė, imama pagal [16] 1 priedo 1 pav. Statybos vieovė numatyta Kelmėje, todėl $s_k = 1,2 \text{ kN/m}^2$;

C_e - atodangos koeficientas, kurio reikšmė šiuo atveju lygi 1;

C_t - terminis koeficientas, priklausantis nuo energijos nuostolių per stogą ir kitos terminės įtakos. Šiuo atveju koeficientas lygus 1.

Kadangi stogo forma atitinka dvišlaičio stogo formos schemą ir viršutinės juostos posvirio kampas mažesnis kaip 25° , todėl $\mu = 1$.

Sniego charakteristinė apkrova, tenkanti stogo horizontaliajai projekcijai pagal 2.1:

$$s_k = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 1,2 \text{ kN} / m^2.$$

Skačiuotinė sniego apkrova, tenkanti stogo horizontaliajai projekcijai:

$$s = s_k \cdot \gamma_Q, \quad (2.2)$$

čia: γ_Q - dalinis sniego apkrovos koeficientas, $\gamma_Q = 1,3$.

$$s = 1,2 \cdot 1,3 = 1,56 \text{ kN} / \text{m}^2.$$

Tokios apkrovos veikia I sniego apkrovos rajone, į kurį patenka statybos vietovė.

Kintamoji stogų naudojimo apkrova

Pagal pastato panaudojimą, stogą priskiriame H kategorijai pagal [16] 10.9 lentelę. Tokios kategorijos stogo apkrovos nurodytos [16] 10.10 lentelėje.

$$q_k = 0,4 \text{ kN} / \text{m}^2$$

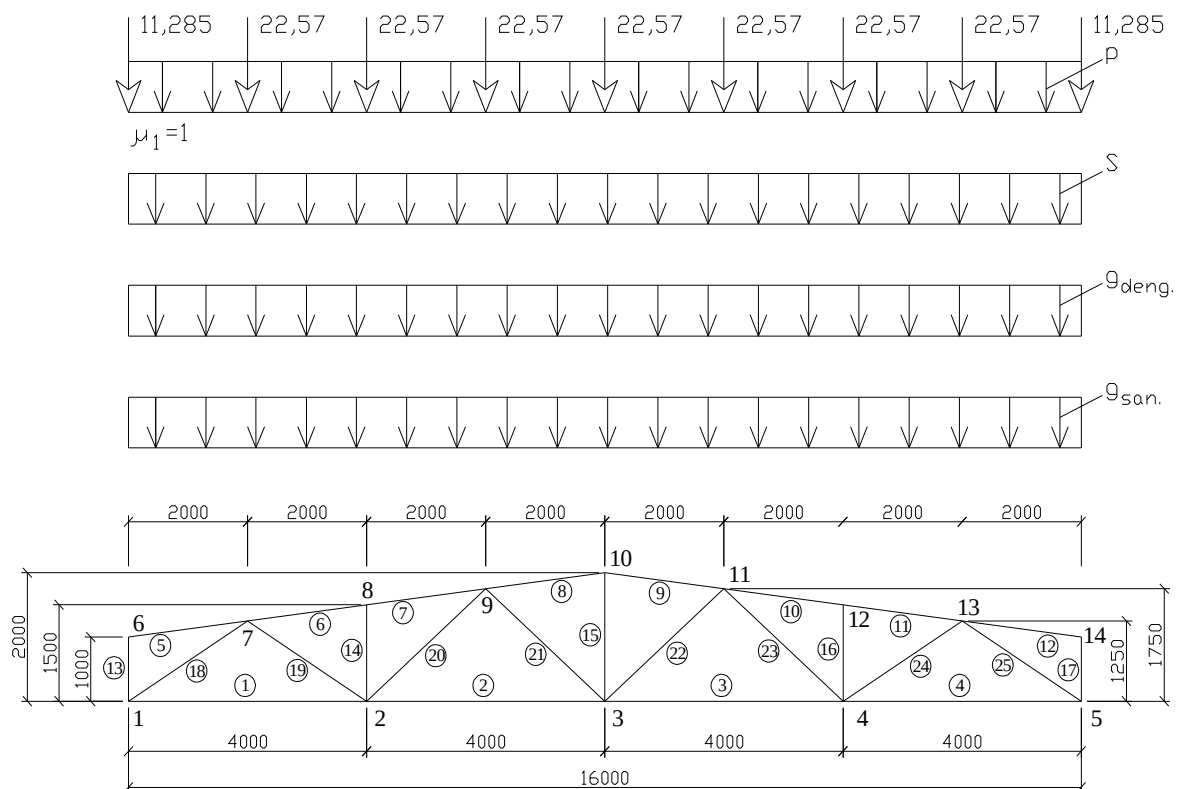
$$Q_k = 1,1 \text{ kN}$$

Pagal [16] 131 punktą tuo pačiu metu negali veikti stogo naudojimo ir sniego apkrovos, todėl iš šių apkrovų priimame pavojingesnę. Šiuo atveju pavojingesnė sniego apkrova, todėl skaičiavimuose stogo naudojimo apkrova niekur nefiguruoja.

2.1.4 Apkrovų perskaičiavimas į mazgines apkrovas

Deginio konstrukcijos svoris

Sudarome santvarą veikiančių apkrovų schemas, kurios pavaizduotos 2.13 paveikslėlyje.



2.13 pav. Santvaros apkrovimo schema

Deginio konstrukcijos svoris imamas kaip tolygiai išskirstyta apkrova konstrukcijos horizontaliajai projekcijai, todėl esant tam tikram viršutinės juostos posviriui apkrova padauginama iš koeficiento k.

$$k = \frac{l_1}{l}, \quad (2.3)$$

čia: l_1 - santvaros viršutinės juostos ilgis, $l_1 = DH + HD'$;

l - perdengiamos angos ilgis.

$$k = \frac{8,06 + 8,06}{16} = 1,008.$$

Charakteristinės apkrovos tenkančios santvaros horizontaliajai projekcijai:

$$g_{deng,k} = g_k \cdot k, \quad (2.4)$$

čia: g_k - charakteristinė stogo konstrukcijos apkrova apskaičiuota 2.1 lentelėje, N/m^2 ;

$$g_{deng,k} = 408,90 \cdot 1,008 = 412,17 N / m^2.$$

Skaičiuotinės apkrovos tenkančios santvaros horizontaliajai projekcijai:

$$g_{deng} = g \cdot k, \quad (2.5)$$

čia: g_{deng} - skaičiuotinė stogo konstrukcijos apkrova apskaičiuota 2.1 lentelėje, N/m^2 ;

$$g_{deng} = 552,02 \cdot 1,008 = 556,44 N / m^2.$$

Sniego apkrova

Sniego apkrova į stogo horizontaliąją projekciją nustatyta.

Sniego charakteristinė apkrova, tenkanti stogo horizontaliajai projekcijai:

$$s_k = 1,2 kN / m^2.$$

Skaičiuotinė sniego apkrova, tenkanti stogo horizontaliajai projekcijai:

$$s = 1,56 kN / m^2.$$

Santvaros savasis svoris

Charakteristinė metalinės trapecinės santvaros savojo svorio apkrova pagal formulę:

$$g_{san,k} = k_s \cdot l, \quad (2.6)$$

čia: l - perdengiamos angos ilgis;

k_s – koeficientas priklausantis nuo santvaros tipo bei apkrovos intensyvumo $6 \leq k_s \leq 12$. Šiu atveju priimamas $k_s = 8$.

$$g_{san,k} = 8 \cdot 16 = 128 N / m^2,$$

Skaičiuotinė santvaros savojo svorio apkrova pagal formulę:

$$g_{san} = g_{s,k} \cdot \gamma_g = 128 \cdot 1,1 = 140,8 N / m^2.$$

Suminė apkrova

Skaičiavimuose visada priimamos nuolatinės apkrovos ir veikia tik viena kintamoji apkrova, todėl gaunamas tik vienas galimas santvaros apkrovos varinatas.

Suminė santvaros skaičiuotinė apkrova (įskaitant ir jos nuosavąjį svorį):

$$p = g_{den} + s + g_{san} = 556,44 + 1560 + 140,8 = 2257,24 \text{ N} / \text{m}^2 = 2,257 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Gautą apkrovą perskaičiuojame į mazginę.

$$F_6 = F_{14} = p \cdot B \cdot \frac{2,0}{2};$$

čia: B – atstumas tarp santvarų, m .

$$F_6 = F_{14} = 2,257 \cdot 5,0 \cdot \frac{2,0}{2} = 11,285 \text{ kN};$$

$$F_7 = F_8 = F_9 = F_{10} = F_{11} = F_{12} = F_{13} = p \cdot B \cdot 2,0;$$

$$F_7 = F_8 = F_9 = F_{10} = F_{11} = F_{12} = F_{13} = 2,257 \cdot 5,0 \cdot 2 = 22,57 \text{ kN}.$$

Skaičiavimai atliekami kompiuterine programa ir gauti rezultatai pateikiami 2.3 lentelėje.

Santvaros elementų įraš os

2.3 lentelė

Santvaros elemento padėtis	Elemento žymėjimas	Įraša nuo suminės apkrovos, kN	Skaičiuotinės įrašos, kN	
			tempimas	gniuždymas
Viršutinė juosta	4	0,000		0,000
	6	- 181,965		- 181,965
	10	- 181,965		- 181,965
	12	- 181,965		- 181,965
	16	- 181,965		- 181,965
	18	- 181,965		- 181,965
	22	- 181,965		- 181,965
	24	0,000		0,000
Apatinė juosta	3	126,392	126,392	
	9	193,457	193,457	
	15	193,457	193,457	
	21	126,392	126,392	
Statramsčiai	1	- 11,285		- 11,285
	7	- 22,570		- 22,570
	13	22,570	22,570	
	19	- 22,570		- 22,570
	25	- 11,285		- 11,285
Spyriai	2	-149,048		-149,048
	5	63,878	63,878	
	8	-17,137		-17,137
	11	-17,137		-17,137
	14	-17,137		-17,137
	17	-17,137		-17,137
	20	63,878	63,878	
	23	-149,048		-149,048

Pagal gautas įrašas elementuose projektuojame santvarą. Programos skaičiavimai 1.2 priede.

2.1.4. Santvaros elementų skaičiavimas

Santvaros konstrukcija projektuojama iš kvadratinio ir stačiakampio skerspjūvio vamzdžių, kurie pagaminti pagal DIN 59410 ir EN 10219:1997 standartus. Vamzdžiai gaminami iš S355 statybinio plieno. Plieno charakteristikos yra paaimamos iš [19] 6.9 lentelės. Plieno stipris pagal takumo ribą $f_y = 355MPa$, skaičiuotinis plieno stipris pagal takumo ribą $f_{y,d} = f_y / \gamma_M = 355 / 1,1 = 322,73MPa$.

Santvaros viršutinės juostos skaičiavimas

Santvaros viršutinė juosta apskaičiuojama kaip centriškai gniuždomas strypas. Viršutinė juosta skaičiuojama pagal didžiausią ją veikiančią ašinę jėgą – $N_{Ed} = -181,965kN$. Skaičiuotinis centriškai gniuždomo strypo ilgis $l_{eff} = 2,016m$.

Spėjamas juotos liaunis $\lambda = 100$, pagal tokį liaunį klupumo koeficientas $\varphi = 0,445$ pagal STR 2.05.08:2005 1 priedo 1 lentelę.

Reikalingas profilio skerspjūvio plotas:

$$A_d = \frac{N_{Ed}}{\varphi \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c}, \quad (2.1)$$

čia: N_{Ed} – veikianti ašinė jėga;

φ – elemento klupumo koeficientas;

γ_c – elemento darbo sąlygų koeficientas pagal [19] 7.1 lentelę $\gamma_c = 1$.

$$A_d = \frac{181,965}{0,445 \cdot 322,73 \cdot 10^3 \cdot 1,0} = 12,67 \cdot 10^{-4} m^2.$$

Inercijos spindulys:

$$i = \frac{l_{eff}}{\lambda} = \frac{201,6}{100} = 2,02cm.$$

Iš sortimento parenkamas profilis □ 100x50x5,0, kurio $A = 13,4cm^2$, $i_y = 1,98cm$, $i_z = 3,44cm$.

Parinkto skerspjūvio liaunis:

$$\lambda_y = \frac{l_{eff}}{i_y} = \frac{201,6}{1,98} = 101,82;$$

$$\lambda_z = \frac{l_{eff}}{i_z} = \frac{201,6}{3,44} = 58,60.$$

Didesnė tikimybė, kad elementas išklups ta kryptimi, kur liaunis didesnis, todėl tikriname pavojaingesnį variantą $\lambda_{max} = \lambda_y = 101,82$.

Tikrinamas koks skirtumas gaunamas tarp užsiduoto ir gauto liaunio:

$$P(\lambda) = \frac{\lambda - \lambda_{\max}}{\lambda_{\max}} \cdot 100\% = \frac{100 - 101,8}{101,8} \cdot 100\% = 1,79\% < 25\%.$$

Užsiduotas ir gautas liaunis skiriasi mažai, todėl dar vienas priartėjimas nereikalingas. Pagal gautą liaunį iš [20] 1 lentelės nustatomas klupumo koeficientas $\varphi_1 = 0,432$.

Tikrinamas centriškai gniuždomo elemento pastovumas pagal sąlygą:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1, \quad (2.3)$$

čia: $N_{c,Rd}$ – skaičiuotinis centriškai gniuždomo elemento atsparis.

$$N_{c,Rd} = \varphi \cdot A \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 0,432 \cdot 13,4 \cdot 10^{-4} \cdot 322,73 \cdot 10^3 \cdot 1,0 = 186,82 \text{ kN}.$$

$$\frac{181,965}{186,82} = 0,974 \leq 1, \text{ elemento pastovumas pakankamas (atsarga 2,6\%).}$$

Centriškai gniuždomo santvaros strypo ribinis liaunis pagal [19] 7.18 lentelę:

$$\lambda_u = 180 - 60 \cdot \alpha, \quad (2.4)$$

$$\text{čia: } \alpha = \frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = 0,974.$$

$$\lambda_u = 180 - 60 \cdot 0,974 = 121,56 > \lambda_{\max} = 101,82$$

Santvaros viršutinės juostos liaunis mažesnis nei ribinis. Patikrinus visas sąlygas galutinai priimamas skerspjūvis □ 100x50x5,0.

Santvaros apatinės juostos skaičiavimas

Apatinė juosta skaičiuojama kaip centriškai tempiamas elementas. Skaičiuotinė didžiausia įraža $N_{Ed} = 193,457 \text{ kN}$. Visus keliamus reikalvimus tenkintų □ 80x60x2,5 (atsarga 4,2%), tačiau prie apatinės juostos bus virinamos 10 mm plokštelės, todėl profilio sienelė parenkama soresnė nei 4mm. Iš sortimento parenkamas profilis □ 80x60x4,0, kurio $A = 10,1 \text{ cm}^2$, $i_y = 2,35 \text{ cm}$, $i_z = 2,94 \text{ cm}$. Skaičiuotinis tempiamo strypo ilgis $l_{eff} = 4,00 \text{ m}$.

Tikrinant centriškai tempiamo elemento stiprumą turi būti tenkinama sąlyga:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \leq 1,0, \quad (2.2)$$

čia: N_{Ed} - skaičiuotinė ašinės jėgos reikšmė;

$N_{pl,Rd}$ - skaičiuotinis tempiamasis plieno atsparis pagal takumo ribą.

Skaičiuotinis tempiamasis plieninio elemento atsparis pagal takumo ribą nustatomas pagal formulę:

$$N_{pl,Rd} = A_{net} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c, \quad (2.4)$$

čia: A_{net} - grynasis skerspjūvio plotas;

γ_c - darbo sąlygų koeficientas pagal [19] 7.1 lentelę, $\gamma_c = 0,95$.

$$N_{pl,Rd} = 10,1 \cdot 10^{-4} \cdot 322,73 \cdot 10^3 \cdot 0,95 = 309,97 kN.$$

Tikrinama, ar 2.2 sąlyga tenkinama:

$$\frac{193,457}{309,97} = 0,624 \leq 1,0.$$

Centriškai tempiamo elemento stiprumas pakankamas (atsarga 37,6%).

Tikriname ar tempiamos juostos ribinis liaunis neviršija ribinės reikšmės.

$$\lambda \leq \lambda_u, \quad (2.5)$$

Tuomet tempiamos santvaros apatinės juostos strypų liaunis:

$$\lambda_y = \frac{l_{eff}}{i_y} = \frac{400}{2,35} = 170,21;$$

$$\lambda_z = \frac{l_{eff}}{i_z} = \frac{400}{2,94} = 136,05.$$

Didesnė tikimybė, kad elementas išklups ta kryptimi, kur liaunis didesnis, todėl tikriname pavojingesnį variantą $\lambda_{max} = \lambda_y = 170,21$.

Kadangi santvarą veikia tik statinės apkrovos, ribinis liaunis lygus 400 pagal [19] 7.19 lentelę.

$$\lambda_u = 400 > \lambda_{max} = 170,21.$$

Ribinis liaunis neviršytas, tempiama juosta pakankamo standumo. Patikrinus visas sąlygas galutinai priimamas skerspjūvis $\square 80 \times 60 \times 4,0$.

Santvaros šoninių statramsčių skaičiavimas

Šoniniai statramsčiai projektuojami panašūs kaip ir santvaros viršutinė juosta, dėl estetinio vaizdo. Taip pat jie bus virinami prie atraminio lakšto, kuris bus 20mm storio. Statramsčiai apskaičiuojami kaip centriškai gniuždomi elementai. Jie gaminami ilgesni, nes santvaros pakelta 50 mm aukščiau nuo atramos. taip pat Skaičiuotinis elemento ilgis $l_{eff} = 1,00m$. Tikriname užsiduoto profilio tinkamumą $\square 100 \times 50 \times 6,3$, kurio $A = 15,9 cm^2$, $i_y = 3,32 cm$, $i_z = 1,91 cm$.

Parinkto skerspjūvio liaunis:

$$\lambda_y = \frac{l_{eff}}{i_y} = \frac{100}{3,32} = 30,12.$$

$$\lambda_z = \frac{l_{eff}}{i_z} = \frac{100}{1,91} = 52,35.$$

Didesnė tikimybė, kad elementas išklups ta kryptimi, kur liaunis didesnis, todėl tikriname pavojingesnį variantą $\lambda_{max} = \lambda_z = 52,35$.

Pagal gautą liaunį iš [19] 1 priedo 1 lentelės nustatomas klupumo koeficientas $\varphi = 0,815$.

Nustatomas skaičiuotinis centriškai gniuždomo elemento atsparis.

$$N_{c,Rd} = \varphi \cdot A \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 0,815 \cdot 15,9 \cdot 10^{-4} \cdot 322,73 \cdot 10^3 \cdot 1,0 = 412,69 kN.$$

Tikrinamas centriškai gniuždomo elemento pastovumas pagal 2.3 sąlygą:

$$\frac{11,285}{412,69} = 0,027 \leq 1, \text{ elemento pastovumas pakankamas (atsarga 97,3\%).}$$

Centriškai gniuždomo santvaros strypo ribinis liaunis 2.4 formulę:

$$\lambda_u = 180 - 60 \cdot 0,027 = 178,38 > \lambda_{\max} = 52,35.$$

Santvaros šoninių statramčių liaunis mažesnis nei ribinis. Patikrinus visas sąlygas galutinai priimtas šoninių statramsčių skerspjūvis $\square 100 \times 50 \times 6,3$.

Santvaros tinklelio projektavimas

Visus santvaros tinklelio elementus projektuojame vienodo skerspjūvio išskyrus 2 ir 23 spyrius.

Labiausiai apkrauti tinklelio elementai – spyriai 2 ir 23, kuriuose veikianti ašinė jėga $N_{Ed} = -149,048 \text{ kN}$. Tinklelio elementai skaičiuojami taip pat kaip centriškai gniuždoma viršutinė santvaros juosta. Skaičiuotinis elemento ilgis $l_{eff} = 2,359 \text{ m}$. Tikriname užsiduoto profilio tinkamumą $\square 70 \times 70 \times 4,0$, kurio $A = 10,4 \text{ cm}^2$, $i = 2,6 \text{ cm}$.

Parinkto skerspjūvio liaunis:

$$\lambda = \frac{l_{eff}}{i} = \frac{235,9}{2,69} = 87,70$$

Pagal [20] 1 lentelę nustatomas klupumo koeficientas, pagal gautą liaunį: $\varphi = 0,538$.

Nustatomas skaičiuotinis centriškai gniuždomo elemento atsparis.

$$N_{c,Rd} = \varphi \cdot A \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c = 0,538 \cdot 10,4 \cdot 10^{-4} \cdot 322,73 \cdot 10^3 \cdot 1,0 = 180,57 \text{ kN}.$$

Tikrinamas centriškai gniuždomo elemento pastovumas pagal 2.3 sąlygą:

$$\frac{149,048}{180,57} = 0,825 \leq 1, \text{ elemento pastovumas pakankamas (atsarga 17,5\%). Elemento skerspjūvio}$$

sumažinimas negalimas, nes nėra mažesnių profilių kurie tenkintų elemento pastovumo sąlygą.

Centriškai gniuždomo santvaros strypo ribinis liaunis 1.4 formulę:

$$\lambda_u = 180 - 60 \cdot 0,825 = 130,5 > \lambda = 87,70.$$

Santvaros spyrių 2 ir 23 liaunis mažesnis nei ribinis. Patikrinus visas sąlygas galutinai priimamas spyrių 2 ir 23 skerspjūvis $\square 70 \times 70 \times 4,0$.

Projektuojami likę santvaros tinklelio elementai. Skaičiuotinė didžiausia įraža $N_{Ed} = 63,87 \text{ kN}$, todėl santvaros elementai apskaičiuojami kaip centriškai tempiami. Iš sorimento parenkamas profilis $\square 70 \times 70 \times 3,2$, kurio $A = 8,46 \text{ cm}^2$, $i = 2,72 \text{ cm}$. Skaičiuotinis tempiamo strypo ilgis $l_{eff} = 2,359 \text{ m}$.

Skaičiuotinis tempiamasis plieninio elemento atsparis pagal takumo ribą nustatomas pagal 2.4 formulę:

$$N_{pl,Rd} = 8,46 \cdot 10^{-4} \cdot 322,73 \cdot 10^3 \cdot 0,95 = 259,38 \text{ kN}.$$

Tikrinama, ar 2.2 sąlyga tenkinama:

$$\frac{63,88}{259,38} = 0,246 \leq 1,0.$$

Centriškai tempiamo elemento stiprumas pakankamas (atsarga 75,4%). Skerspjūvio mažinti negalima dėl esteninių priežasčių.

Tempiamo strypo liaunis:

$$\lambda = \frac{l_{eff}}{i} = \frac{235,9}{2,72} = 86,73.$$

Tikrinama, ar tempiamos spyrio ribinis liaunis neviršija ribinės reikšmės pagal 2.5 sąlygą. Kadangi santvarą veikia tik statinės apkrovos, ribinis liaunis lygus 400 pagal [19] 7.19 lentelę.

$$\lambda_u = 400 > \lambda = 101,24.$$

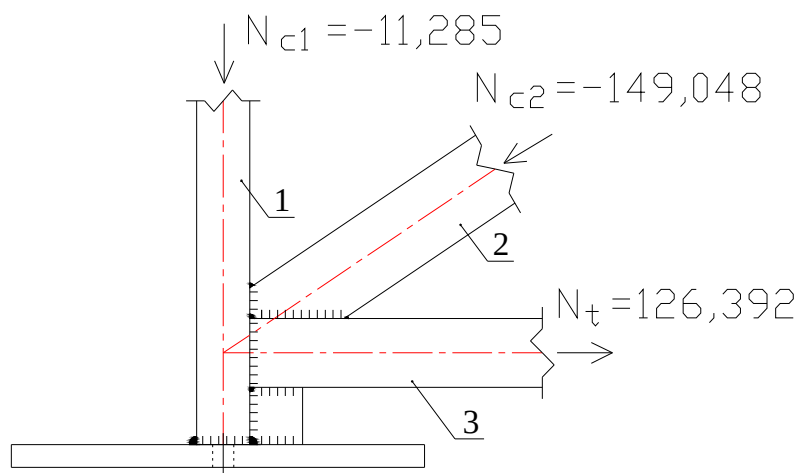
Ribinis liaunis neviršytas, tempiamas elementas pakankamo standumo. Patikrinus visas sąlygas galutinai priimamas visų likusių santvaros tinklelių skerspjūvis $\square 70 \times 70 \times 3,2$.

2.1.5. Santvaros mazgų projektavimas

Atraminis mazgas

Šoniniame statramstyje 1 veikianti ašinė jėga $N_{c1} = -11,285 \text{ kN}$, spyryje 2 veikianti ašinė jėga $N_{c2} = -149,048 \text{ kN}$, apatinės juostos didžiausia įrąža atraminiame mazge $N_t = 126,392 \text{ kN}$.

Atraminis mazgas pavaizduotas 2.14 paveikslėlyje.



2.14 pav. Atraminis mazgas

Kampinės siūlė reikalinga profilio privirinimui prie statramsčio. Skaičiuojame sąlyginiam kirpimui dviejuose pjūviuose.

Per siūlės metalą:

$$\frac{N_{Ed}}{\beta_{wf} \cdot k_f \cdot \Sigma l_{w,eff} \cdot f_{vw,f,d} \cdot \gamma_c} \leq 1; \quad (2.6)$$

Per sulydimo srities metalą:

$$\frac{N_{Ed}}{\beta_{wz} \cdot k_f \cdot \Sigma l_{w,eff} \cdot f_{vw,z,d} \cdot \gamma_c} \leq 1, \quad (2.7)$$

čia: β_{wf} , β_{wz} - koeficientai naudojami, kai virinamųjų plieninių elementų takumo riba iki 530 MPa pagal [19] 7.30 lentelę. Darbai arliekami rankiniu būdu, todėl $\beta_{wf} = 0,7$, $\beta_{wz} = 1,0$;

k_f - virinimo siūlės statinio aukštis [19] 7.29 lentelę, $k_f = 5mm$;

$f_{vw,f,d}$ - kerpamasis siūlės metalo stipris;

$f_{vw,z,d}$ - skaičiuotinis kerpamasis metalo stipris.

Pagal [20] 3.13 lentelę parenkame glaistytus elektrodus LST EN 499 E 50, šiems elektrodams:

$$f_{vw,u} = 560MPa, \quad f_{vw,f,d} = 245MPa.$$

Suvirintinės kartinės jungties siūlės stipris per sulydimo metalą pagal [20] 3.12 lentelę. Naudojamas plienas S355, kurio stiprumo riba $f_u = 490MPa$.

$$f_{vw,z,d} = 0,45 \cdot f_u = 0,45 \cdot 490 = 220,50 MPa.$$

Patikriname, kuris suirimo atvejas pavojingesnis.

$$\beta_{wf} \cdot f_{vw,f,d} = 0,7 \cdot 245 = 171,50MPa < \beta_{wz} \cdot f_{vw,z,d} = 1 \cdot 220,50 = 220,50MPa.$$

Matome, kad pavojingesnis suirimo atvejas per siūlės metalą, todėl šį atvejį ir tikriname. Iš 2.6 formulės nustatome reikalingą siūlės ilgį :

$$\Sigma l_{wk,eff} = \frac{126,392 \cdot 10^3}{0,7 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 245 \cdot 10^6 \cdot 0,95} = 0,155m.$$

Skaičiuotinis siūlės ilgis atėmus iš abiejų siūlės pusių po 5mm, o virinama aplink visa profilį □80x60x4,0. Reikalingas siūlės ilgis pakankamas $\Sigma l_{eff} = 0,210m > \Sigma l_{w,eff} = 0,155m$.

Reikalingas siūlės ilgis spyriui 2 privirinti prie statramsčio pagal formulę:

$$\Sigma l_{w,eff} = \frac{N_{Ed}}{\beta_{wf} \cdot k_f \cdot f_{vw,f,d} \cdot \gamma_c};$$

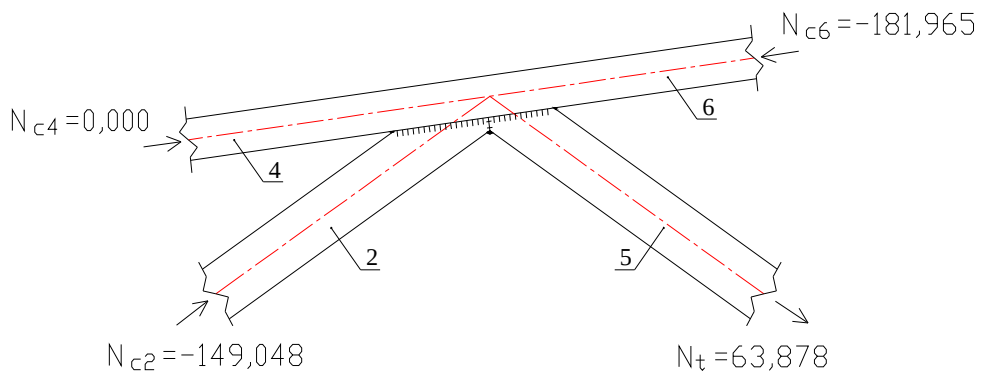
$$\Sigma l_{w,eff} = \frac{149,048 \cdot 10^3}{0,7 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 245 \cdot 10^6 \cdot 0,95} = 0,177m.$$

Reikalingas siūlės ilgis pakankamas $\Sigma l_{eff} = 0,222m > \Sigma l_{w,eff} = 0,177m$.

Patikrintos santvaros atraminio mazgo suvirinimo vietos, matome kad suvirinimai atlaikys juos veikiančias įrašas.

Santvaros mazgo tikrinimas

Kadangi 7 mazge veikia didelės ašinės jėgos, tikriname, ar atlaikys suvirinimai. Naudojami tokie pat elektrodai ir metalas, todėl suirimas bus per siūlės metalą. Skaičiuotinė 3 mazgo schema pavaizduota 2.15 paveiksle.



2.15 pav. Santvaros mazgas

Reikalingas siūlės ilgis strypui 6 privirinti prie kitų elementų pagal 2.6 formulę:

$$\Sigma l_{w,eff} = \frac{181,965 \cdot 10^3}{0,7 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 245 \cdot 10^6 \cdot 0,95} = 0,279m.$$

Reikalingas siūlės ilgis pakankamas $\Sigma l_{eff} = 0,547m > \Sigma l_{w,eff} = 0,279m$.

Reikalingas siūlės ilgis strypui 2 privirinti prie kitų elementų pagal 2.6 formulę:

$$\Sigma l_{w,eff} = \frac{149,048 \cdot 10^3}{0,7 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 245 \cdot 10^6 \cdot 0,95} = 0,229m.$$

Reikalingas siūlės ilgis pakankamas $\Sigma l_{eff} = 0,304m > \Sigma l_{w,eff} = 0,229m$.

Kituose santvaros elementuose ašinės jėgos mažesnės, todėl jų netikriname, nes iš karto aišku, kad suvirinimai pakankamai stiprūs.

3. Technologinė ir ekonominė dalis

3.1 Atliekami darbai

3.1.1 Tinkuojamo Fasado įrengimas

Mažiausiai 30cm virš grunto ribos ant sienos pritvirtinami cokolio profiliai, panaudojant mažiausiai 5 mūrvines viename metre. Tarp atskirų profilio atkarpų paliekami apie 3mm tarpai. Pirmą mūrvinę pritvirtinti vienoje profilio pusėje esančioje ertmėje, tiksliai nustatyti profilio padėtį ir pritvirtinti kitomis mūrvinėmis. Esančius pagrindo nelygumus koreguoti pagrindo išlyginimo elementais. Sienų kampuose profilius suvesti 45 laipsnio kampu arba panaudoti atitinkamą kampinį profilį.

Klijavimo skiedinius reikia paruošti pagal instrukciją ant pakuotės. Apšiltinant plokštėmis iš lamelinės mineralinės vatos, visas izoliacinės plokštės plotas dengiamas klijais. Ant plokštės uždedamas atitinkamas kiekis klijavimo medžiagos ir 12×12 mm metmenų dantyta kėlne tolygiai ištepamas visas paviršius. Naudojant mineralinės vatos plokštės, vietas, kurios bus tepamos klijais, pirmiausiai reikia plonai nugaruntuoti ta pačia klijavimo medžiaga. Suteptą klijais plokštę reikia tuojau pat pridėti prie numatytos sienos dalies ir prispausti taip, kad jos paviršius susilygintų su gretimais esančių plokščių paviršiumi. Plokštės išdėstyti prasilenkimo būdu, sandariai prispaudžiant prie anksčiau priklijuotų. Per didelį klijų kiekį nuvalyti taip, kad ant plokštės kraštų neliktų jokių jų liekanų.. Sienų kampuose plokštės reikia išdėstyti prasilenkimo būdu taip, kad jos užeitų viena ant kitos. Izoliacines plokštės reikia taip išdėstyti, kad jų sandūros nesutaptų su langų ir durų angokraščių kampais.

Jeigu kuriose nors vietose plokštės buvo išdėstytos netiksliai, atsiradusius didesnius nei 2 mm plyšius reikia gerai užpildyti termoizoliacinės medžiagos juostomis ar poliuretano putomis. Jeigu plokštės paviršius yra nelygus, jos paviršių reikia nušlifuoti atitinkama trintuve ar tinkavimo mentele su šveičiamuoju popieriumi. Tai atlikti galima ne anksčiau nei po 3 parų nuo plokščių priklijavimo. Ypač svarbu yra palikti stačius kampus ties sienų kampais bei langų ir durų angokraščiais. Ne anksčiau nei 3 paros po priklijavimo izoliacines plokštės reikia papildomai pritvirtinti specialiomis smeigėmis. Jų ilgis parenkamas pagal plokštės, klijų sluoksnio storį bei reikiamą inkaravimo sienoje gylį (vidutiniškai apie 3 cm). Naudojama 6-8 smeigių 1 m^2 , priklausomai nuo vietos sienoje (kampų zona, vidurinė sienos dalis), pastato aukščio, izoliacinių plokščių smeigių atsparumo apkrovoms. Smeigių galvutės turi tiksliai sutapti su izoliacinių plokščių paviršiumi. Smeigių galvutes padengti atitinkamu klijavimo mišiniu.

Prie langų ir durų angokraščių kampų ant termoizoliacinių plokščių reikia 45° kampu priklijuoti armuojančio audinio gabalėlius, kurių matmenys 20×35 cm. Tai apsaugo nuo įtrūkimų ir įplyšimų pastato fasado apdailos sluoksnyje. Be to atitinkamus stiklo audinio gabaliukus reikia priklijuoti vertikalios staktos dalies ir viršudurio bei antstakčio sandūrose. Išgaubtus sienų kampus ir durų staktos kraštus reikia papildomai susitiprinti, panaudojant kampinius

profilius. Toks sustiprinimas nėra būtinas prie lango staktos, tačiau tai palengvina stačių kampų išlaikymą. Abiejose stiprinamo krašto pusėse tepamas klijuojantis mišinys, o po to prispaudžiamas kampinis profilis, išlaikant atitinkamą vertikalią ir horizontalią liniją. Iš profilio tarpų išlendantį mišinį reikia tuojau pat užglaistyti. Ant horizontalių durų ir langų angokraščių reikia įtvirtinti kampinius nulašėjimo profilius.

Armavimo darbus galima pradėti ne anksčiau nei 3 paros po izoliacinių plokščių priklijavimo. Klijuojančius skiedinius reikia tepti ištisinėmis juostomis, sutampančiomis su audinio plokščiui, bei prašukuoti dantyta 10x10 mm kėle. Į paruoštą skiedinio sluoksnį, išlygintą mentele, tuojau pat įspaudžiamas armuojantis audinys, išlyginamui, jeigu reikia, naudojama papildoma klijuojančio skiedinio porcija. Audinys turi būti vienodai įtemptas, be raukšlių ir turi visiškai paskęsti klijų masėje. Vienu audinio sluoksniu armuoto paviršiaus storis turi būti 3-5 mm storio. Gretimas audinio juostas reikia kloti, užleidžiant 10 cm.

Tinko gruntui išdžiūvus, t.y. po maždaug 24 val., galima pradėti tinkuoti plonasluoksniu tinku. Paruoštą tinko masę reikia kloti nerūdijančio plieno mentele tokiu sluoksniu, kuris atitinka jos grūdėtumą. Draudžiama vykdyti tinkavimo darbus lietuje, pučiant stipriam vėjui ar esant stipriam saulėtumui apšiltinamo fasado pusėje, jeigu nėra specialių, atmosferos veiksnių poveikį mažinančių uždangų.

Fasado išorės spalva gaunama, dažant tinko masę arba tinkuojant baltu tinku, kuris vėliau yra dažomas fasadiniais dažais. Tinko perteklių reikia atidžiai surinkti iki struktūrinio užpildo granulių lygio, atkreipiant ypatingą dėmesį į tinko sujungimą atskirų darbinių paviršių sandūroje. Faktūros modeliavimą reikia daryti po kurio laiko, kuomet tinkas jau nesiklijuoja prie mentelės. Laukimo laikas priklauso nuo oro temperatūros ir drėgmės bei nuo tinko užpildo stambumo. Draudžiama tinką vilgyti vandeniu. Reikia atkreipti dėmesį į pastovų užtrinimo kampo išlaikymą. Grūdėtos faktūros tinko paviršius užtrinamas apskritiminiais judesiais, naudojant plastmasinę mentelę.

Kai paviršiai yra labai dideli ir darbų negalima atlikti be pertraukų darbinį paviršių reikia padalyti į mažesnius fragmentus. Tokius fragmentus reikia atskirti, apklijuojant juosta. Tinkavimo darbai yra atliekami, pradedant nuo sienos viršaus ir dengiant vertikaliomis juostomis, kurių aukštis priklauso nuo naudojamų pastolių rūšies. Dažniausiai aukštis siekia apie 2m.

3.1.2 Santvarų montavimas

Plieninė trapecinė santvara keliama krano pagalba. Keliant santvarą apatiniuose jos tempiamosios juostos elementuose nuo nuosavos masės atsiranda gniuždymo įtempiai. Todėl tokio tipo santvaroms kelti būtinos traversos, kurios tolygiau paskirsto įrąžas.

Prie pakelimo traversos pritvirtinami pakelimo stropai. Stropuojamoms konstrukcijoms būtina:

1. patikimai stropuoti;
2. žiūrėti, kad jos savaime neatsikabintų;

3. neleisti keliamuose elementuose atsirasti defektams;
4. greitas stropų atkabinimas.

Stropavimo priemonės reikia periodiškai tikrinti. Apžiūros metu nustatoma kokia dalis lyno vijų trukusių, patikrinamos ašos, žiedai, kabliai.

Montuotojai iki kolonos viršaus pakeliami keltuvų pagalba. Iš keltuvo lopšelio atliekami visi santvaros tvirtinimo ir darbų kontrolės darbai.

3.2 Darbų sauga

Statybinio keltuvo savininkas privalo užtikrinti, kad statybinis keltuvas būtų naudojamas pagal paskirtį bei gamintojo numatytais sąlygomis ir visą jo naudojimo laiką būtų tinkamai techniškai prižiūrimas bei remontuojamas pagal gamintojo naudojimo dokumentuose ir teisiniuose aktuose numatytas taisykles. Statybiniams keltuvams montuoti, išmontuoti, remontuoti ar atlikti nuolatinę priežiūrą gali tik kompetentingi (atitinkamos kvalifikacijos, apmokyti ir instruktuoti) asmenys. Atsiradus gedimams, nedelsiant pašalinti statybinio keltuvo gedimus ar naudojimo trūkumus ir, jei būtina, sustabdyti statybinio keltuvo naudojimą, kai nustatoma, kad dėl atsiradusių gedimų ar kitokių veiksnių gali įvykti avarija.

Kranai ir kėlimo reikmenys, įskaitant pagrindines, sudedamąsias dalis, tvirtinimus, įtvirtinimus ir atramas, turi būti:

1. Reikiamai suprojektuoti ir pastatyti bei pakankamai stiprūs naudoti pagal numatytą paskirtį;
2. Teisingai sumontuoti ir naudojami;
3. Tvarkingai prižiūrimi;
4. Tikrinami ir reguliariai bandomi bei kontroliuojami, vadovaujantis Lietuvos Respublikos potencialiai pavojingų įrenginių priežiūros įstatymu bei kitais norminiais teisės aktais;
5. Aptarnaujami kvalifikuotų (atitinkamai apmokytų, atestuočių) darbuotojų;
6. Ant kranų ir kėlimo priemonių turi būti aiškiai matomoje vietoje nurodytas didžiausias leistinas apkrovos dydis – keliamoji galia;
7. Kranai ir kėlimo priemonės turi būti naudojami tik pagal paskirtį.

Dirbant su kranu, darbininkams griežtai draudžiama:

1. Stovėti po pakeltomis konstrukcijomis ir atlikti darbus toje zonoje, dėl krentančių daiktų pavojaus;
2. Palikti kraną be priežiūros, su pakeltu krovinium;
3. Naudoti kėlimo priemones be nurodytų pagrindinių duomenų.

3.3. Darbų kokybės reikalavimai

Visi darbai turi būti atlikti laikantis statybos proceso technologijos ir nuokrypiai nuo projektinių verčių turi būti mažesni už teisiniuose dokumentuose nurodytas reikšmes.

3.4. Darbų kiekių skaičiavimas

Darbų kiekiai apskaičiuojami vienai pastatato daliai. Visi darbų kiekiai skaičiuojami pagal dabar galiojančius normatyvus. Pagal sudarytą darbų kiekių sąrašą vėliau bus sudaroma sąmata.

Žemės darbai

Žemės darbo pavadinimas	Kiekis, m ³
Augalinio sluoksnio pašalinimas (apie 30 cm)	299,06
Pamatų duobių kasimas	405,81

Laikančios konstrukcijos

Konstrukcijos pavadinimas	Ilgis, m	Plotis, m	Aukštis, m	Tūris, m ³	Kiekis, vnt	Viso, m ³
Gelžbetoniniai tauriniai pamatai	2,100	1,900	0,750	1,771	11	19,48
	2,100	1,900	0,750	2,014	3	6,04
	2,100	1,900	0,750	1,892	3	3,57
	1,650	1,650	0,750	1,189	2	2,38
	2,100	1,900	0,750	1,954	1	1,95
	5,690	3,000	0,750	9,698	1	9,70
	3,000	2,150	0,750	2,993	1	2,99
	viso:					26,63
Juostiniai pamatai	3,450	0,260	1,450	1,301	-	1,30
	4,325	0,260	1,450	1,631	-	1,63
	viso:					2,93
Pamatines ir cokolinės sijos	4,550	0,220	0,750	0,751	9	6,76
	3,800	0,220	0,750	0,627	3	1,88
	5,200	0,220	0,750	0,858	2	1,72
	5,250	0,220	0,750	0,866	1	0,87
	viso:					11,23
Papildomi betonavimai pamatams	-	0,220	0,750	-	14	1,26
	18,80	0,250	1,450	6,815	1	6,82
	viso:					8,08
Kolonos	0,400	0,400	6,204	0,993	2	1,99
	0,400	0,400	6,129	0,981	6	5,88
	0,400	0,400	6,305	1,009	4	4,04
	0,400	0,400	6,217	0,995	6	5,97
	0,400	0,400	6,208	0,993	2	1,99
	0,300	0,300	8135	0,732	2	1,46
viso:						21,33

Daugiasluoksnių plokščių montavimo

Ašis	Ilgis, m	Aukštis, m	Storis, m	Plotas, m ²		
				sienu	angu	be angu
1-1	16,40	7,60	0,10	121,36	6,50	114,86
B-B	44,52	7,06	0,10	314,31	98,55	215,76
E-E	44,52	7,06	0,10	314,31	25,20	289,11
viso:						620,73

Pertvarų montavimo

Karkasinės pertvaros

Ašis	Ilgis, m	Aukštis, m	Storis, m	Plotas, m ²		
				pertvarų	angu	be angu
C1-C1	4,66	5,00	0,184	23,30	-	23,30
D1-D1	4,66	5,00	0,180	23,30	1,68	21,62
2-2	12,40	5,00	0,184	62,00	3,78	58,22
3-3	16,40	5,00	0,184	82,00	3,78	78,22
4-4	12,37	5,00	0,184	61,85	-	61,85
5-5	15,60	5,00	0,184	78,00	14,39	63,61
C1-C1	8,63	5,00	0,184	43,15	-	43,15
D1-D1	5,01	5,00	0,184	25,05	-	25,05
viso:						375,02

Mūrinės pertvaros

Ašis	Ilgis, m	Aukštis, m	Storis, m	Plotas, m ²			Mūro kiekis, m ³
				sienu	angu	be angu	be angu
2-2	3,22	5,00	0,24	16,10	1,89	14,21	3,41
D1-D1	4,56	5,00	0,24	22,80	-	22,80	5,47
viso:							8,88

Langų, durų ir vartų montavimo kiekių skaičiavimas

Gaminys	Žymuo	Matmenys				Kiekis, vnt	Bendras plotas, m ²
		plotis, m	aukštis, m	plotas, m ²	perimetras, m		
Langas	L6	1,10	1,00	1,10	4,20	10	11,00
	L7	3,60	1,00	3,60	9,20	7	25,20
viso:							36,20
Durys	D4	0,90	2,10	1,89	6,00	6	11,34
	D6	1,00	2,10	2,10	6,20	1	2,10
	D5	0,80	2,10	1,68	5,80	3	17,40
viso:							13,44
Pakeliami vartai	PV1	4,00	3,50	14,00	15,00	6	84,00
	PV2	3,50	2,90	10,15	12,80	1	12,80
	PV3	2,50	2,50	6,25	10,00	2	12,50
viso:							109,30

Apdailos darbai

Tinkavimo darbai

Patalpos Nr.	Patalpa	Tinkavimo aukštis, m	Tinkavimo plotas, m ²
22	Rūbinė	2,60	5,45
23	Sanitarinis mazgas	2,60	6,62
24	Katilinė	5,00	39,23
viso:			51,43

Kiti apdailos darbai

Patalpos Nr.	Patalpa	Aukštis, m	Plotas, m ²
Tinko glaistymas			
22	Rūbinė	2,60	5,45
23	Sanitarinis mazgas	2,60	6,62
24	Katilinė	5,00	39,23
viso:			51,43
Gipso kartono siūlių glaistymas			
22	Rūbinė	5,00	22,59
23	Sanitarinis mazgas	5,00	69,88
viso:			92,47
Keramikinių plytelių klijavimas			
23	Sanitarinis mazgas	1,60	24,24
Dažymo darbai			
22	Rūbinė	2,60	18,94
23	Sanitarinis mazgas	2,60	13,34
24	Katilinė	5,00	39,23
viso:			71,51
Akmens masės plitelių kilavimas			
23	Sanitarinis mazgas	-	6,11
Linoliaumo klojimas			
22	Rūbinė	-	6,55
Pakabinamos lubos			
22	Rūbinė	2,50	6,92
23	Sanitarinis mazgas	2,50	6,55

Kiti darbų kiekiai

Grindų darbų ontavimo kiekiai:

14 ir 19 pataloje įrengiamos grindys:

Armuotas betonas 150 mm 505,49 m²;

Polisterinis Putplastis EPS 150 100 mm 1,5 nuo krašto pamatinės sijos 92,80 m²;

Sutankinta skalda 100mm 505,49 m²;

Kitose patalpose įrengiamos grindys:

Armuotas betonas 100 mm 225,04 m²;

Polisterinis Putplastis EPS 150 100 mm 1,5 nuo krašto pamatinės sijos 65,86 m²;

Sutankinta skalda 150 mm 225,04 m²;

Stogo dengimo darbų kiekiai:

Ruloninė danga 2 sluoksniai 737,40 m²;

Akmens vatos plokštės Paroc ROB 60 d=20mm 737,40 m²

Akmens vatos plokštės Paroc ROS 30 d=200mm 737,40 m²

Garų izoliacija 737,40 m²

Laikantieji profiliuoti lakštai T-130 737,40 m²

Cokoliniu sijų apšiltinimas: 64,02 m²

3.5 Sąmatos

Sąmatos buvo skaičiuojamos „sistelos“ programa. Šio sąmatos pateikiamos 2.1 priede.

4. Pastato šildymo sistemos skaičiavimas

4.1 Išorinių atitvarų varžos ir šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimas

Išsamesni atitvarų šiluminių varžų ir šilumos perdavimo koeficientų skaičiavimai pateikiami 4.1 priede. Gauti suvestinės rezultatai palyginimi su statybos techninio reglamento „Pastatų atitvarų šiluminė technika“ reikalavimais, pavaizduota 4.1 lentelėje.

Rezultatų suvestinė

4.1 lentelė

Atitvaros rūšis	Projektinis šilumos perdavimo koeficientas $U, \frac{W}{m^2 \cdot K}$	Norminis šilumos perdavimo koeficientas $U_N, \frac{W}{m^2 \cdot K}$	Leistinas šilumos perdavimo koeficientas $U_{MN}, \frac{W}{m^2 \cdot K}$
Išorinė siena	0,21	0,25	0,40
Plokščias stogas	0,18	0,25	0,25
Langai			
L1	0,83	1,6	1,9
L2	0,83	1,6	1,9
L3	0,86	1,6	1,9
L4	0,87	1,6	1,9
L5	0,89	1,6	1,9

Pastato savitieji šilumos nuostoliai

Pastato atitvarų projektiniai savitieji nuostoliai H_{TD} nustatomi pagal formulę:

$$H_{TD} = \Sigma(A_r \cdot U_{D,r}) + \Sigma(A_{fg} \cdot U_{D,fg}) + \Sigma(A_w \cdot U_{D,w}) + \Sigma(A_{wd} \cdot U_{D,wd}) + \Sigma(A_d + U_{D,d}) + \Sigma(\Psi_{D,t} \cdot l_t),$$

čia: A – atitinkamos atitvaros plotas, m^2 (poraidžiai: r – stogas, fg – atitvaros besiribojančios su gruntu, w – sienos, wd – langai, d – durys, t – ilginiai šiluminiai tilteliai);

U_D – atitinkamos atitvaros projektinis šilumos perdavimo koeficientas, $\frac{W}{m^2 \cdot K}$;

$\Psi_{D,t}$ – ilginio šiluminio tiltelio projektinis šilumos perdavimo koeficientas, $\frac{W}{m \cdot K}$;

l_t – ilginio šiluminio tiltelio ilgis, m .

Pastato atitvarų norminiai savitieji nuostoliai H_{ND} nustatomi pagal formulę:

$$H_{ND} = \Sigma(A_r \cdot U_{N,r}) + \Sigma(A_{fg} \cdot U_{N,fg}) + \Sigma(A_w \cdot U_{N,w}) + \Sigma(A_{wd} \cdot U_{N,wd}) + \Sigma(A_d + U_{N,d}) + \Sigma(\Psi_{N,t} \cdot l_t),$$

čia: U_N – atitinkamos atitvaros norminis šilumos perdavimo koeficientas, $\frac{W}{m^2 \cdot K}$;

$\Psi_{N,t}$ – ilginio šiluminio tiltelio norminis šilumos perdavimo koeficientas, $\frac{W}{m \cdot K}$.

Skaičiavimus pateikiame 4.2 lentelėje.

Pastato savitieji šilumos nuostoliai

4.2 lentelė

Atitvara ar konstrukcija	Atitvarų plotas ar šiluminių ilginių tiltelių ilgis	Projektinis šilumos perdavimo koeficientas	Norminis šilumos perdavimo koeficientas	Pastato atitvarų projektiniai šilumos nuostoliai	Pastato atitvarų norminiai šilumos nuostoliai
Išorinės siena	126,57	0,21	0,25	26,58	31,64
Plokščias stogas	216,66	0,18	0,20	39,00	43,33
Langai					
L1	18,00	0,83	1,6	14,94	28,80
L2	-	0,83	1,6	0	0,00
L3	5,10	0,86	1,6	4,39	8,16
L4	2,40	0,87	1,6	2,09	3,84
L5	5,28	0,89	1,6	4,70	8,45
Ilginiai šiluminiai tilteliai					
Stogo ir sienos sandūros	52,18	0,10	0,20	5,22	10,44
Sienos kampai	10,35	- 0,10	0,20	- 1,04	2,07
Langų ar durų sandūros su siena	73,40	0,10	0,20	7,34	14,68
Sąramų ir langų ar durų sandūros	22,20	0,25	0,20	5,55	4,44
Iš viso:				108,76	155,85

Iš palyginimo matome, kad pastato trečio aukšto projektiniai savitieji šilumos nuostoliai yra mažesni už norminius trečio aukšto savituosius nuostolius.

$$H_{TD} = 108,76 \frac{W}{K} < H_{TN} = 155,85 \frac{W}{K}.$$

Projektiniai savitieji šilumos nuostoliai mažesni 30,2% už norminius savituosius šilumos nuostolius.

4.2. Pastatų šildimo nuostoliai ir šildymo sąnaudos

Šilumos nuostolius nustatome pagal tokią formulę:

$$\Phi = \Sigma \Phi_{el} + \Sigma \Phi_{\psi} + \Sigma \Phi_v,$$

čia: $\Sigma \Phi_{el}$ – šilumos nuostoliai per atitvaras;

$\Sigma \Phi_{\psi}$ – šilumos nuostoliai per ilginius šilumos tiltelius;

$\Sigma \Phi_v$ – šilumos nuostoliai dėl patalpų vėdinimo.

Pastato šilumos nuostoliai per atitvaras

Šiluminiai srautai, kuriuos prarandame per atitvaras nustatomi tokia formule:

$$\Phi_{el} = A \cdot U \cdot k_a \cdot b_u \cdot (1 + \Delta k_0 + \Delta k_w + \Delta k_h) \cdot (\theta_i - \theta_e),$$

čia: A – atitvaros plotas, per kurį praeina šilumos srautas;

U – atitvaros šilumos perdavimo koeficientas;

k_a – pataisa, kai patalpa ribojasi su kita projekcinę temperatūrą turinčia patalpa. Pataisa lygi 1, nes visur projekcinės temperatūros vienodos;

b_u – pataisa, jei atitvara ribojasi su nešildoma patalpa. Visur patalpos šildomos, todėl pataisa lygi 1.

Δk_0 – pataisa dėl atitvaros padėties pasaulio šalių atžvilgiu pagal [22] 4 priedo 4.2 lentelę;

Δk_w – pataisa dėl vėjo įtakos pagal [22] 4 priedo 4.2 lentelę;

Δk_h – pataisa dėl šildymo prietaisų rūšies pagal [22] 4 priedo 4.2 lentelę;

θ_i – patalpos projekcinė temperatūra;

θ_e – išorės projekcinė temperatūra (šalčiausio penkiadienio).

Skaičiavimus pateikiame 4.3 lentelėje.

Srautai per atitvaras

4.3 lentelė

Patalpos Nr.	Atitvaros pavadinimas	Patalpos orientacija	Atitvaros matmenys				Atitvaros šilumos perdavimo koeficientas U_{el} , $\frac{W}{m^2 \cdot K}$	k_a	b_u	Δk_0	Δk_w	Δk_f	θ_i , °C	θ_e , °C	Šilumos srautai Φ_{el} , W	Šilumos srautas patalpai, W
			plotis, m	aukštis ar ilgis, m	plotas, m ²	angų plotas, m ²										
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.
35	Siena	PR	6,99	3,45	24,12	3,60	0,21	1,00	1,00	-	0,02	0,02	+ 20	- 22	188,23	1341,90
	Siena	ŠR	4,09	3,45	14,11	1,80	0,21	1,00	1,00	0,05	0,02	0,02	+ 20	- 22	118,35	
	Siena	ŠV	2,15	3,45	7,42	2,55	0,21	1,00	1,00	0,05	0,02	0,02	+ 20	- 22	46,82	
	Siena	PV	2,10	3,45	7,25	1,76	0,21	1,00	1,00	-	0,02	0,02	+ 20	- 22	50,36	
	Stogas	-	-	-	68,73	-	0,19	1,00	1,00	-	0,02	0,02	+ 20	- 22	570,40	
	2 x Langas L1	PR	1,20	1,50	3,60	-	0,83	1,00	1,00	-	0,02	0,02	+ 20	- 22	130,52	
	Langas L1	ŠR	1,20	1,50	1,80	-	0,83	1,00	1,00	0,05	0,02	0,02	+ 20	- 22	68,40	
	Langas L3	ŠV	1,70	1,50	2,55	-	0,86	1,00	1,00	0,05	0,02	0,02	+ 20	- 22	100,40	
36	Langas L5	PV	1,60	1,10	1,76	-	0,89	1,00	1,00	-	0,02	0,02	+ 20	- 22	68,42	338,89
	Siena	ŠR	3,51	3,45	12,11	3,60	0,21	1,00	1,00	0,05	0,02	0,02	+ 20	- 22	81,81	
	Stogas	-	3,51	4,36	15,30	-	0,18	1,00	1,00	-	0,02	0,02	+ 20	- 22	120,29	
37	2 x Langas L1	ŠR	1,20	1,50	3,60	-	0,83	1,00	1,00	0,05	0,02	0,02	+ 20	- 22	136,79	260,79
	Siena	ŠR	3,11	3,45	10,73	1,80	0,21	1,00	1,00	0,05	0,02	0,02	+ 20	- 22	85,85	
	Stogas	-	3,11	4,36	13,55	-	0,18	1,00	1,00	-	0,02	0,02	+ 20	- 22	106,54	
38	Langas L1	ŠR	1,20	1,50	1,80	-	0,83	1,00	1,00	0,05	0,02	0,02	+ 20	- 22	68,40	343,64
	Siena	ŠR	3,58	3,45	12,35	3,60	0,21	1,00	1,00	0,05	0,02	0,02	+ 20	- 22	84,12	
	Stogas	-	3,58	4,36	15,61	-	0,18	1,00	1,00	-	0,02	0,02	+ 20	- 22	122,73	
39	2 x Langas L1	ŠR	1,20	1,50	3,60	-	0,83	1,00	1,00	0,05	0,02	0,02	+ 20	- 22	136,79	621,31
	Siena	ŠR	4,45	3,45	15,35	3,60	0,21	1,00	1,00	0,05	0,02	0,02	+ 20	- 22	112,96	
	Siena	ŠV	4,72	3,45	16,28	2,55	0,21	1,00	1,00	0,05	0,02	0,02	+ 20	- 22	132,00	
	Stogas	-	4,06	4,36	17,70	-	0,18	1,00	1,00	-	0,02	0,02	+ 20	- 22	139,16	
	2 x Langas L1	ŠR	1,20	1,50	3,60	-	0,83	1,00	1,00	0,05	0,02	0,02	+ 20	- 22	136,79	
39	Langas L3	ŠV	1,70	1,50	2,55	-	0,86	1,00	1,00	0,05	0,02	0,02	+ 20	- 22	100,40	

4.3 lentelės tęsinys

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.
40	Siena	ŠV	3,44	3,45	11,87	1,20	0,21	1,00	1,00	0,05	0,02	0,02	+ 20	- 22	102,58	236,07
	Stogas	-	3,17	3,44	10,90	-	0,18	1,00	1,00	-	0,02	0,02	+ 20	- 22	85,70	
	Langas L4	ŠV	1,00	1,20	1,20	-	0,87	1,00	1,00	0,05	0,02	0,02	+ 20	- 22	47,79	
41	Siena	ŠV	3,67	3,45	12,66	1,20	0,21	1,00	1,00	0,05	0,02	0,02	+ 20	- 22	110,17	353,08
	Siena	PV	3,56	3,45	12,28	-	0,21	1,00	1,00	-	0,02	0,02	+ 20	- 22	112,64	
	Stogas	-	3,31	3,17	10,49	-	0,18	1,00	1,00	-	0,02	0,02	+ 20	- 22	82,48	
	Langas L4	ŠV	1,00	1,20	1,20	-	0,87	1,00	1,00	0,05	0,02	0,02	+ 20	- 22	47,79	
42	Siena	PV	3,57	3,45	12,32	1,76	0,21	1,00	1,00	-	0,02	0,02	+ 20	- 22	96,86	340,85
	Stogas	-	-	-	22,33	-	0,18	1,00	1,00	-	0,02	0,02	+ 20	- 22	175,57	
	Langas L5	PV	1,10	1,60	1,76	-	0,89	1,00	1,00	-	0,02	0,02	+ 20	- 22	68,42	
43	Stogas	-	3,80	4,01	15,24	-	0,18	1,00	1,00	-	0,02	0,02	+ 20	- 22	119,82	119,82
44	Siena	PV	5,66	3,45	19,53	3,52	0,21	1,00	1,00	-	0,02	0,02	+ 20	- 22	146,86	494,49
	Stogas	-	-	-	26,81	-	0,18	1,00	1,00	-	0,02	0,02	+ 20	- 22	210,79	
	2 x Langas L5	PV	1,10	1,60	3,52	-	0,89	1,00	1,00	-	0,02	0,02	+ 20	- 22	136,84	
															Viso:	4450,84

Šilumos srauto nuostoliai per ilginius šiluminius tiltelius

Šiluminiai srautai, kuriuos prarandame per ilginius šiluminius tiltelius nustatomi tokia formule:

$$\Phi_{\Psi} = \Psi \cdot l \cdot k_a \cdot b_u (\theta_i - \theta_e),$$

čia: Ψ – ilginio šilumos tiltelio šilumos perdavimo koeficientas, $\frac{W}{m \cdot K}$. Kadangi konstrukcijos žinomos, jo reikšmė nustatoma iš [15] 7 priedo;

l – ilginio šilumos tiltelio ilgis;

k_a – pataisa, kai patalpa ribojasi su kita projektinę temperatūrą turinčia patalpa. Pataisa lygi 1, nes visur projektinės temperatūros vienodos;

b_u - pataisa, jei atitvara ribojasi su nešildoma patalpa. Visur patapos šildomos, todėl pataisa lygi 1.

θ_i – patalpos projektinė temperatūra;

θ_e – išorės projektinė temperatūra (šalčiausio penkiadienio).

Skaičiavimus pateikiame 4.4 lentelėje.

Srautai per ilginius šiluminius tiltelius

4.4 lentelė

Patalpos Nr.	Šiluminio tiltelio vieta ([15] 7 priedo schema)	$\Psi, \frac{W}{m \cdot K}$	l, m	k_a	b_u	$\theta_i, ^\circ C$	$\theta_e, ^\circ C$	Šilumos srautai Φ_Ψ, W	Šilumos srautas patalpai, W
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
35	Stogo ir sienos sandūra (1.2)	0,10	14,44	1,00	1,00	+ 20	- 22	60,65	207,27
	Sienos kampas (3.1)	-0,10	3,45	1,00	1,00	+ 20	- 22	-14,49	
	Langų sandūros su siena (7.17)	0,10	21,11	1,00	1,00	+ 20	- 22	88,66	
	Sąramų ir langų sandūra (8.18)	0,25	6,90	1,00	1,00	+ 20	- 22	72,45	
36	Stogo ir sienos sandūra (1.2)	0,10	3,51	1,00	1,00	+ 20	- 22	14,74	75,22
	Langų sandūros su siena (7.17)	0,10	8,40	1,00	1,00	+ 20	- 22	35,28	
	Sąramų ir langų sandūra (8.18)	0,25	2,40	1,00	1,00	+ 20	- 22	25,20	
37	Stogo ir sienos sandūra (1.2)	0,10	3,11	1,00	1,00	+ 20	- 22	13,06	43,30
	Langų sandūros su siena (7.17)	0,10	4,20	1,00	1,00	+ 20	- 22	17,64	
	Sąramų ir langų sandūra (8.18)	0,25	1,20	1,00	1,00	+ 20	- 22	12,60	
38	Stogo ir sienos sandūra (1.2)	0,10	3,58	1,00	1,00	+ 20	- 22	15,04	75,52
	Langų sandūros su siena (7.17)	0,10	8,40	1,00	1,00	+ 20	- 22	35,28	
	Sąramų ir langų sandūra (8.18)	0,25	2,40	1,00	1,00	+ 20	- 22	25,20	
39	Stogo ir sienos sandūra (1.2)	0,10	8,42	1,00	1,00	+ 20	- 22	35,36	118,94
	Sienos kampas (3.1)	-0,10	3,45	1,00	1,00	+ 20	- 22	-14,49	
	Langų sandūros su siena (7.17)	0,10	13,10	1,00	1,00	+ 20	- 22	55,02	
	Sąramų ir langų sandūra (8.18)	0,25	4,10	1,00	1,00	+ 20	- 22	43,05	
40	Stogo ir sienos sandūra (1.2)	0,10	3,44	1,00	1,00	+ 20	- 22	14,45	39,23
	Langų sandūros su siena (7.17)	0,10	3,40	1,00	1,00	+ 20	- 22	14,28	
	Sąramų ir langų sandūra (8.18)	0,25	1,00	1,00	1,00	+ 20	- 22	10,50	
41	Stogo ir sienos sandūra (1.2)	0,10	6,45	1,00	1,00	+ 20	- 22	27,09	37,38
	Sienos kampas (3.1)	-0,10	3,45	1,00	1,00	+ 20	- 22	-14,49	
	Langų sandūros su siena (7.17)	0,10	3,40	1,00	1,00	+ 20	- 22	14,28	
	Sąramų ir langų sandūra (8.18)	0,25	1,00	1,00	1,00	+ 20	- 22	10,50	
42	Stogo ir sienos sandūra (1.2)	0,10	3,57	1,00	1,00	+ 20	- 22	14,99	47,75
	Langų sandūros su siena (7.17)	0,10	3,80	1,00	1,00	+ 20	- 22	15,96	
	Sąramų ir langų sandūra (8.18)	0,25	1,60	1,00	1,00	+ 20	- 22	16,80	
43	-	-	-	-	-	-	-	-	-
44	Stogo ir sienos sandūra (1.2)	0,10	5,66	1,00	1,00	+ 20	- 22	23,77	72,49
	Langų sandūros su siena (7.17)	0,10	7,60	1,00	1,00	+ 20	- 22	31,92	
	Sąramų ir langų sandūra (8.18)	0,25	1,60	1,00	1,00	+ 20	- 22	16,80	
								Viso:	717,10

Šilumos nuostoliai dėl vėdinimo

Patalpos vėdinimo nuostoliai nustatomi pagal [22] rekomendacijas:

$$\Phi_v = \Phi_{ev} + \Phi_{in},$$

čia: Φ_{ev} – šilumos nuostoliai dėl priverstinės vėdinimo sistemos veikimo;

Φ_{in} – šilumos nuostoliai dėl išorės oro infiltracijos.

Pastate bus įrengta priverstinės ventiliacijos sistema. Pagal statybos techninio reglamento [15]1 priedą nustatomi reikiami kiekiai šviežio oro patiekiamo į patapas. Apie žmonių skaičių nėra tikslų duomenų, todėl oro kiekio projektinės reikšmės nustatomos pagal patalpos plotą.

Reikiamas šilumos srautas įtekėjusiam orui sušildyti apskaičiuojamas taip:

$$\Phi_v = 0,34 \cdot L_v \cdot (\theta_i - \theta_e),$$

čia: L_v – šviežio oro debitas, $\frac{m^3}{h}$;

θ_i – patalpos projektinė temperatūra;

θ_e – išorės projektinė temperatūra (šalčiausio penkiadienio).

Skaičiavimus pateikiame 4.5 lentelėje.

Šilumos nuostoliai dėl priverstinio vėdinimo sistemos veikimo

4.5 lentelė

Patalpos Nr.	Patalpos plotas, m ²	Tiekiamo lauko oro kiekis, m ³ /h		θ_i , °C	θ_e , °C	Orui sušildyti reikalingas šilumos srautas, W	Srautas reikalingas dėl šilumokaičio, W
		1 m ² grindų	patalpai				
35	64,97	-	-	+ 20	- 22	-	-
36	14,51	3,6	52,23	+ 20	- 22	745,84	140,22
37	12,71	3,6	45,76	+ 20	- 22	653,45	122,85
38	14,83	3,6	53,39	+ 20	- 22	762,41	143,33
39	17,12	3,6	61,63	+ 20	- 22	880,08	165,46
40	9,72	-	-	+ 20	- 22	-	-
41	9,72	-	-	+ 20	- 22	-	-
42	19,26	3,6	69,33	+ 20	- 22	990,03	186,13
43	14,13	1,3	18,37	+ 20	- 22	262,32	49,32
44	25,02	5,4	135,11	+ 20	- 22	1929,37	362,72
Iš viso:						6223,50	1170,03

Norint sumažinti šildymo sistemos galingumą įrengiamas Kompakt REGO 500 vėdinimo įrenginys su rekuperatoriumi, kurio techniniai duomenys pateikiami žemiau:

1. Tiekiamas/šalinamas oro kiekis – 500/500 m³/h;
2. Tiekiamas/šalinamas sistemos slėgis – 250/280 Pa;
3. Rotacinio šilumokaičio temperatūrinis efektyvumas – 81,2% ;
4. Rotacinio šilumokaičio energijos grąžinimas – 7,0 kW;
5. Integruota valdymo automatika – C3.

Šilumos nuostoliai dėl oro infiltracijos nustatomi pagal formulę:

$$\Phi_{in} = 0,34 \cdot L_{in} \cdot (\theta_i - \theta_e),$$

čia: L_{in} – šviežio oro debitas, $\frac{m^3}{h}$;

θ_i – patalpos projektinė temperatūra;

θ_e – išorės projektinė temperatūra (šalčiausio penkiadienio).

$$L_{in} = n_{in} \cdot A_p \cdot h \cdot \Delta k_c \cdot (1 + \Delta k_b) \cdot (1 + k_g),$$

čia: n_{in} – oro apykaita dėl infiltracijos, kartais/h, imama pagal [22] 5 priedo 5.1 lentelę;

A_p – patalpos plotas, m^2 ;

h – patalpos aukštis, m;

Δk_c – pataisa, įvertinanti infiltracijos padidėjimą kampinėse patalpose. Jei kampinėje patalpoje langai skirtingose sienose – $\Delta k_c = 1,2$, jei vienoje – $\Delta k_c = 1,1$, jei langų nėra – $\Delta k_c = 1,0$;

Δk_b – pataisa, įvertinanti vėdinimo sistemos rūši [22] 5 priedo 5.2 lentelę;

k_g – pataisa, įvertinanti patalpos padėtį pastate, apskaičiuojama pagal formulę:

$$k_g = \left| \frac{N}{2} - N_i + 1 \right| \cdot \frac{0,005}{\sqrt{N}},$$

čia: N – aukštų skaičius;

N_i – aukštas, kuriame yra patalpa.

Skaičiavimo rezultatus pateikiame 4.6 lentelėje.

Šilumos nuostoliai dėl išorės oro infiltracijos

4.6 lentelė

Patalpos Nr.	Patalpos		n_{in} kartais/h	Δk_c	Δk_b	Δk_g	L_{in} , m^3/h	$\theta_i, ^\circ C$	$\theta_e, ^\circ C$	Orui sušildyti reikalingas šilumos srautas, W
	plotas, m^2	aukštis, h								
35	64,97	2,985	0,3	1,2	- 0,1	0,001	67,43	+ 20	- 22	898,18
36	14,51	2,985	0,3	1,1	- 0,1	0,001	13,80	+ 20	- 22	183,88
37	12,71	2,985	0,3	1,1	- 0,1	0,001	12,09	+ 20	- 22	161,07
38	14,83	2,985	0,3	1,1	- 0,1	0,001	14,11	+ 20	- 22	187,93
39	17,12	2,985	0,3	1,2	- 0,1	0,001	36,09	+ 20	- 22	236,68
40	9,72	2,985	0,3	1,1	- 0,1	0,001	9,25	+ 20	- 22	123,18
41	9,72	2,985	0,3	1,1	- 0,1	0,001	9,25	+ 20	- 22	123,18
42	19,26	2,985	0,3	1,1	- 0,1	0,001	18,32	+ 20	- 22	244,07
43	14,13	2,985	0,3	1,0	- 0,1	0,001	12,22	+ 20	- 22	162,78
44	25,02	2,985	0,3	1,1	- 0,1	0,001	23,80	+ 20	- 22	317,07
Iš viso:										2638,02

Suminiai šildymo nuostoliai dėl vėdinimo surašomi 4.8 lentelėje.

Suminiai vėdinimo nuostoliai

4.7 lentelė

Patalpos Nr.	Orui sušildyti reikalingas šilumos srautas, W		Suminis orui sušildyti reikalingas šilumos srautas, W
	patiektam per ventiliacijos sistemą	infiltuotam per nesandarumus	
35	-	898,18	898,18
36	140,22	183,88	324,1
37	122,85	161,07	283,92

4.7 lentelės tęsinys

38	143,33	187,93	331,26
39	165,46	236,68	402,14
40	-	123,18	123,18
41	-	123,18	123,18
42	186,13	244,07	430,2
43	49,32	162,78	212,1
44	362,72	317,07	679,79
Iš viso:	1170,03	2638,02	3808,05

Pastato suminiai šilumos nuostoliai

Pastatui šildyti reikalinga projektinė galia P_h , W, nustatoma sudėjus visus šilumos srautus ir nevertinant šiluminių prietekių:

$$\Phi = \Sigma \Phi_{el} + \Sigma \Phi_{\Psi} + \Sigma \Phi_v,$$

čia: $\Sigma \Phi_{el}$ – šilumos nuostoliai per atitvaras;

$\Sigma \Phi_{\Psi}$ – šilumos nuostoliai per ilginius šilumos tiltelius;

$\Sigma \Phi_v$ – šilumos nuostoliai dėl patalpų vėdinimo.

Patalpos patiriami šildymo nuostoliai ir tuo pačiu šildymo prietaisų reikalinga galia surašyta 4.8 lentelėje.

Patalpų šildymo nuostoliai

4.8 lentelė

Patalpos Nr.	Φ_{el}, W	Φ_{Ψ}, W	Φ_v, W	Φ_h, W
1.	2.	3.	4.	5.
35	1341,90	207,27	898,18	2447,35
36	338,89	75,22	324,1	738,21
37	260,79	43,30	283,92	588,01
38	343,64	75,52	331,26	750,42
39	621,31	118,94	402,14	1142,39
40	236,07	39,23	123,18	398,48
41	353,08	37,38	123,18	513,64
42	340,85	47,75	430,2	818,80
43	119,82	-	212,1	331,92
44	494,49	72,49	679,79	1246,77
Iš viso:	4450,84	717,10	3808,05	8975,99

Pastato trečio aukšto projektinė šildymo sistemos galia, esant šalčiausiam penkiakieniui ir neįvertinant šilumos prietekių:

$$P = \frac{\Sigma P_h}{\eta_2 \cdot \eta_3},$$

čia: P_h – patalpai šildyti reikalinga projektinė galia, W;

η_2 – šilumos šaltinio naudingumo koeficientas pagal [22] 6 priedo 6.3 lentelę. Pastatas projektuojamas apšildomas dujiniu katilu su automatiniu reguliavimu, todėl $\eta_2 = 0,94$.

η_3 – šildymo sistemos vamzdinių termoizoliacijos naudingumo koeficientas pagal [22] 6 priedo 6.4 lentelę. Priimame, kad tenkina keliamus reikalavimus, todėl $\eta_3 = 0,97$.

$$P = \frac{8975,99}{0,94 \cdot 0,97} = 9844,25W = 9,84kW .$$

Vidutiniai šilumos pritekiai į pastatą

Vidutiniai projektiniai šilumos pritekėjimai dėl saulės spinduliuotės Φ_s nustatomi:

$$Q_s = \Sigma q_s \cdot A_{stiklo} \cdot t ,$$

čia: q_s – saulės šilumos srauto tankis per šildymo sezoną pagal [22] 7 priedo 7.7 lentelę, W/m^2 .

A_{stiklo} – lango stiklo plotas, m^2 ;

t – laikas, kurį veikia saulės spinduliuotė per šildymo sezoną, h.

Priimame, kad šildymo sezono trukmė bus 222 paros. Skaičiavimus surašome į 4.9 lentelę.

Vidutiniai šilumos pritekėjimai nuo saulės spinduliuotės

4.9 lentelė

Patalpos Nr.	Orientacija	A_{stiklo}, m^2	$q_s, W/m^2$	t, h	Q_s, kWh
1.	2.	3.	4.	5.	6.
35	PR	2,46	57,6	5328	754,96
	ŠR	1,23	46,9	5328	307,36
	ŠV	1,84	30,4	5328	298,03
	PV	1,19	35,1	5328	222,55
36	ŠR	2,46	46,9	5328	614,71
37	ŠR	1,23	46,9	5328	307,37
38	ŠR	2,46	46,9	5328	614,71
39	ŠR	2,46	46,9	5328	614,71
	ŠV	1,84	30,4	5328	298,03
40	ŠV	0,75	30,4	5328	121,48
41	ŠV	0,75	30,4	5328	121,48
42	PV	1,19	35,1	5328	222,55
43	-	-	-	-	-
44	PV	2,38	35,1	5328	445,09
					4943,03

Šildymo sezono vidutiniai šilumos pritekiai į patalpas nuo viduje esančių šilumos šaltinių nustatomi tokia formule:

$$Q_{pr} = \Phi \cdot t = q \cdot A \cdot t ,$$

čia: q – šilumos pritekis dėl žmonių buvimo, elektrinių prietaisų ir apšvietimo pagal [22] 4 priedo 4.4 lentelę, W/m^2 .

A – bendras patalpų plotas, m^2 ;

t – šildymo sezono trukmė, h.

$$Q_{pr} = 3,10 \cdot 201,99 \cdot (222 \cdot 24) = 357743,98Wh = 3336,29kWh .$$

Bendras šilumos pritekis:

$$Q_{sp} = Q_s + Q_{pr} = 4943,03 + 3336,29 = 8279,32kWh .$$

Šildymo sąnaudos pastate

Pastato vidutinis šilumos kiekio poreikis per 222 dienų trukmės šildymo sezoną turi būti lygus pastato vidutinių šilumos nuostolių ir šilumos pritekių skirtumui padaugintam iš šildymo laikotarpio trukmės.

$$Q = P_{hv} \cdot \frac{\theta_i - \theta_{er}}{\theta_i - \theta_e} \cdot t - Q_{sp},$$

čia: P_{hv} – visu patalpų šildymo nuostuliai, kW;

θ_i – patalpos projektinė temperatūra, °C;

θ_e – išorės projektinė temperatūra (šalčiausio penkiadienio), °C;

θ_{er} – išorės vidutinė šildymo sezono temperatūra, °C.

t – šildymo sezono trukmė, h;

Q_{sp} – bendri šilumos pritekliai, kWh.

$$Q = 8,98 \cdot \frac{20 - (-0,6)}{20 - (-22)} \cdot (222 \cdot 24) - 7074,33 = 65880,21 - 7074,33 = 23467,05 \text{ kWh} = 23,47 \text{ MWh}.$$

Preliminariai paskaičiuojame išlaidas šildymui pagal formulę:

$$M = \frac{Q}{n} \cdot K,$$

čia: Q – šilumos kiekis reikalingas pastatui šildyti per visą sezoną, kWh;

n – iš tūrio (masės) vieneto gaunamas šilumos kiekis;

K – tūrio ar masės vieneto kaina.

Skaičiuojant sąnaudas tokia formule, neįvertinamas katilo naudingumo koeficientas. Skaičiavimus pateikiamia 4.10 lentelėje:

Sąnaudos šildymui

4.10 lentelė

	Gamtinės dujos
Mato vienetas	m ³
Gaunamas šilumos kiekis kWh	9,31
Reikalingas kiekis	2520,63
Kaina už vienetą	1,45 (2 vartotojų pogrupis)
Išlaidos, Lt	3654,91

Pastato energetinio naudingumo klasė

Norminės suminės $Q_{N,sum}$, $\frac{kWh}{m^2 \cdot metai}$ ir skaičiuojamosios suminės Q_{sum} , $\frac{kWh}{m^2 \cdot metai}$ pastato energijos sąnaudos apskaičiuojamos pagal formules:

$$Q_{N,sum} = \frac{Q_{N,env} + Q_{N,vent} + Q_{d1} - Q_e - Q_i}{\eta_{N,h.s}} + Q_E + Q_{h,w};$$

$$Q_{sum} = \frac{Q_{env} + Q_{vent} + Q_{d1} + Q_{inf} - Q_e - Q_i}{\eta_{h.s}} + Q_E + Q_{h,w};$$

$$\eta_{h.s} = \eta_1 \cdot \eta_2,$$

čia: $\eta_{N,h.s}$ – norminis pastato šildymo sistemos naudingumo koeficientas pagal [14] 2 priedo 2.18 lentelę;

$\eta_{h.s}$ – skaičiuojamasis pastato šildymo sistemos naudingumo koeficientas;

η_1 – pastato šildymo sistemos reguliavimo įtaisų skaičiuojamasis naudingumo koeficientas pagal [14] 2.16 lentelę;

η_2 – pastato šildymo sistemos šilumos šaltinio skaičiuojamasis naudingumo koeficientas, vieneto dalys. Nustatomas pagal [14] 1 priedo 17.2 punkto reikalavimus, o nesant duomenų imamas iš to paties reglamento 2.17 lentelės;

Q_{env} – šilumos nuostoliai per visas pastato atitvaras šildymo sezono laikotarpiu;

Q_E – elektros energijos suvartojimas, $\frac{kWh}{m^2 \cdot metai}$;

$Q_{h,w}$ – energijos sąnaudos karštam vandeniui, $\frac{kWh}{m^2 \cdot metai}$.

Elektros energijos suvartojimas Q_E nustatomas pagal formulę:

$$Q_E = f_E \cdot \psi_E,$$

čia: f_E – pastato dalis, vartojanti elektros energiją pagal [14] 2 priedo 2.4 lentelę;

ψ_E – metinis elektros energijos suvartojimas pastato ploto vienetui $\frac{kWh}{m^2 \cdot metai}$ pagal [14] 2 priedo

2.4 lentelės;

$$Q_E = 0,9 \cdot 20 = 18,00 \frac{kWh}{m^2 \cdot metai}.$$

Energijos sąnaudos karštam vandeniui $Q_{h,w}$ nustatomas pagal formulę:

$$Q_{h,w} = \frac{\psi_{h,w}}{\eta_{h,w}},$$

čia: $\psi_{h,w}$ – metinis energijos poreikis karštam vandeniui, $\frac{kWh}{m^2 \cdot metai}$ pagal [14] 2 priedo 2.4 lentelę;

$\eta_{h,w}$ – karšto vandens ruošimo sistemos naudingumo koeficientas pagal [14] 2 priedo 2.15 lentelę.

$$Q_{h,w} = \frac{10}{0,95} = 10,53 \frac{kWh}{m^2 \cdot metai}.$$

$$\eta_{h.s} = 0,93 \cdot 0,94 = 0,87;$$

Skaičiuojamosios suminės Q_{sum} pastato energijos sąnaudos:

$$\frac{Q}{A} = \frac{23467,05}{201,99} = 116,18 \frac{kWh}{m^2 \cdot metai}$$

$$Q_{sum} = \frac{116,18}{0,87} + 18 + 10,53 = 162,07 \frac{kWh}{m^2 \cdot metai}$$

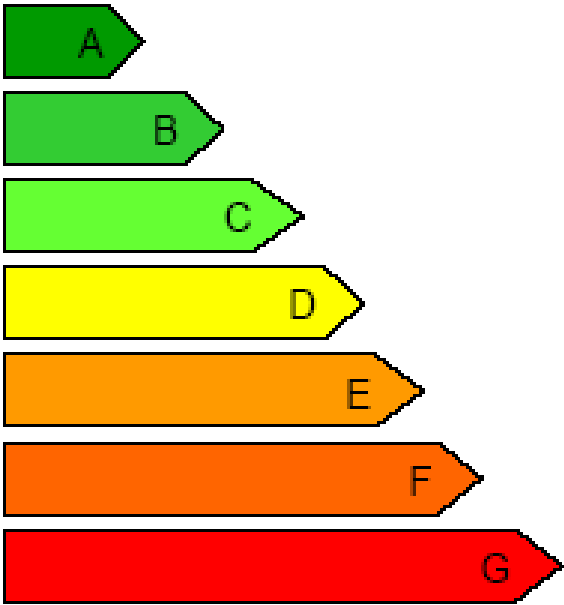
Norminės suminės $Q_{N,sum}$ pastato energijos sąnaudos:

$$Q_{N,sum} = \frac{133,90}{0,7} + 18 + 10,53 = 219,82 \frac{kWh}{m^2 \cdot metai}$$

Pastato trečio aukšto energetinio naudingumo įvertinimas atliekamas pagal kvalifikacinio rodiklio C vertę, kuris nustatomas taip:

$$C = \frac{Q_{sum}}{Q_{N,sum}} = \frac{162,07}{219,82} = 0,74.$$

Kvalifikacinio rodiklio vertė lygi 0,74, o šis skaičius patenka į intervalą nuo 0,5 iki 1, todėl pastato trečias aukštas priskiriamas B energinio naudingumo klasei. Pastato energinio naudingumo sertifikatas 75 šio darbo puslapyje.

PASTATO ENERGINIO NAUDINGUMO SERTIFIKATAS Nr. 1			
Pastato adresas: Kelmė			
Pastato paskirtis: Administracinė pastato dalis			
Pastato naudingasis plotas: 201,99 m ² :			
Pastatų energinio naudingumo klasifikavimas į klases*:  * A klasė nurodo energiškai labai efektyvų pastatą, G klasė nurodo energiškai neefektyvų pastatą			Pastato energinio naudingumo klasė: 
Skaičiuojamosios suminės energijos sąnaudos vienam kvadratiniam metrui pastato naudingojo ploto, kWh/(m ² ·metai):			116,18 (šildymui) 162,07 (bendras)
Pagrindinis pastato šildymui naudojamas šilumos šaltinis:			Gamtinės dujos
Sertifikato išdavimo data:		20011-05-10	
Sertifikato galiojimo terminas:		-	
Sertifikatą išdavė ekspertas:	_____ vardas, pavardė	_____ pažymėjimo numeris	_____ parašas

4.3. Šildymo įrenginių skaičiavimas

Radiatorių parinkimas

Pagal patalpos suminius šilumos nuostolius parenkami atitinkamos galios radiatoriai. Parenkame plieninius „Kermi“ radiatorius. Patalpų temperatūra yra 20 °C, o šilumnešio temperatūra tiekiamajame vamzdyje - 75 °C, o grįžtamajame - 65 °C. Todėl kolektorinė sistema (75/65/20).

Šilumnešio debitai cirkuliuojantys per radiatorių, kad būtų išlaikyta jų projektinė galia, nustatomi tokia lygtimi:

$$G_i = \frac{0,86 \cdot \Phi_i}{\Delta T},$$

čia: Φ_i – projektinė radiatoriaus galia, nurodyta gamintojo, W;

ΔT – tiekiamojo ir grįžtamojo šilumnešio temperatūrų skirtumas (75 – 65 = 10 °C).

Skaičiavimai pateikiami 4.11 lentelėje.

Radiatoriai ir šilumnešio debitai

4.11 lentelė

Patalpos Nr.	Patalpos šiluminiai nuostoliai, W	Radiatoriaus				Nuokrypis nuo reikalingos galios, %	Debitas G, kg/h
		galia, W	tipas	ilgis, mm	aukštis, mm		
35	2447,35	836	11	1200	400	2,52	71,90
		697	11	1000	400		59,94
		488	11	700	400		41,97
		488	11	700	400		41,97
36	738,21	767	11	1100	400	3,90	65,96
37	588,01	627	11	900	400	6,63	53,92
38	750,42	767	11	1100	400	2,21	65,96
39	1142,39	627	11	900	400	3,73	53,92
		558	11	800	400		47,99
40	398,48	418	11	600	400	4,90	35,95
41	513,64	558	11	800	400	8,64	47,99
42	818,80	836	11	1200	400	2,10	71,90
43	331,92	349	11	500	400	5,15	30,01
44	1246,77	627	11	900	400	5,80	53,92
		627	11	900	400		53,92
Iš viso:							797,22

Pagal gautus rezultatus atliksime tolimesnius skaičiavimus.

Slėgio nuostolių skaičiavimas

Slėgio nuostoliai apskaičiuojami pagal formulę:

$$\Delta p = \sum R_i \cdot l_i + \sum \xi \cdot z,$$

čia: R_i – i - tojo ruožo slėgio nuostoliai viename tiesiniame metre, dėl vandens trinties į vamzdžio sieneles;

l_i – i - tojo ruožo ilgis, m;

ξ – vietinių kliūčių slėgio nuostolių koeficientas;

z – slėgio nuostoliai bet kurioje vietinėje kliutyje, kai $\xi = 1$.

Gautus rezultatus surašome į 4.12 lentelę:

Šildymo sistemos balansavimas

4.12 lentelė

Patalpos Nr.	Ruožo Nr.	Debitas kg/h	Ilgis, m	Greitis v, m/s	R, Pa	$\Sigma \xi \cdot z$, Pa	Δp , Pa	Δp_N , kPa	$\Delta p_N - \Delta p$, kPa	TSV žyma
35	1	71,90	18,14	0,137	23,27	260,41	684,34	20	19,32	4
	2	59,94	6,94	0,110	16,88	126,30	243,45		19,76	3
	3	41,97	16,67	0,078	9,53	68,20	227,18		19,77	2
	4	41,97	14,03	0,078	9,53	67,23	200,80		19,80	2
36	1	65,96	11,56	0,123	20,02	219,97	451,40		19,55	3
37	1	53,92	12,81	0,103	14,08	105,25	285,61		19,71	3
38	1	65,96	21,92	0,123	20,02	216,84	525,48		19,47	3
39	1	53,92	24,64	0,103	14,08	105,25	452,18		19,55	3
	2	47,99	21,57	0,091	13,28	90,09	376,54		19,62	2
40	1	35,95	17,15	0,067	7,40	56,84	182,72		19,82	2
41	1	47,99	10,58	0,091	13,28	88,81	229,31		19,77	2
42	1	71,90	8,40	0,137	23,27	260,41	456,72		19,54	4
43	1	30,01	13,12	0,060	5,00	38,70	104,30		19,90	2
44	1	53,92	18,65	0,103	14,08	103,75	366,34		19,63	3
	2	53,92	21,60	0,103	14,08	105,25	409,38		19,59	3

Balansavimas reikalingas, norint užtikrinti, kad cirkuliuotų projektiniai šilumnešio kiekiai.

Literatūra

1. Akmens vatos gaminiai. [žiūrėta 2011-03-15]. Prieiga per internetą: <<http://www.paroc.lt>>.
2. Gakas, V., Augonis, M. (2004). Plokščios statišškai išsprendžiamos santvaros. Kaunas, 54 p.
3. Gelžbetonio gaminiai [žiūrėta 2011-05-16]. Prieiga per internetą: <<http://www.markučiai.lt>>.
4. Janickas, A. (2000). Gelžbetonio konstrukcijos. Kaunas, 304 p.
5. Kermi radiatoriai. [žiūrėta 2011-03-15]. Prieiga per internetą: <<http://www.kermi.de>>.
6. Paulauskas, J., Kvedaras, A. (1977) Metalinės konstrukcijos. Vilnius, 464 p.
7. Ražaitis, V. (2004). Pastatų kontravimo pagrindai. Vilnius, 328 p.
8. Plieno gaminiai. [žiūrėta 2011-04-28] < <http://www.ruukki.com>>.
9. Plieniniai konstrukciniai profiliai. [žiūrėta 2011-04-15]. Prieiga per internetą: <http://www.roymech.co.uk/Useful_Tables/Sections/SHS_hf.html>.
10. Tinkuoju fasadų sistemos. [žiūrėta 2011-05-15]. Prieiga per internetą: <<http://www.caparol.lt>>.
11. Statybos inžinieriaus žinynas. (2004) Vilnius, 1096 p.
12. STR 1.14.01:1999. Pastatų plotų ir tūrių skaičiavimo tvarka.
13. STR 2.01.03:2003. Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių deklaruojamosios ir projektinės vertės.
14. STR 2.01.09:2005. Pastatų energetinis naudingumas. Energetinio naudingumo sertifikavimas.
15. STR 2.05.01:2005. Pastatų atitvarų šiluminė technika.
16. STR 2.05.04:2003. Poveikiai ir apkrovos.
17. STR 2.05.05:2005. Betoninių ir gelžbetoninių konstrukcijų projektavimas.
18. STR 2.05.05:2005. 3 priedas. Praktinio taikymo vadovas.
19. STR 2.05.08:2005. Plieninių konstrukcijų projektavimas. Pagrindinės snuostatos.
20. STR 2.05.08:2005. 1 priedas. Plieninių konstrukcijų projektavimas.
21. STR 2.09.02:2005. Šildymas, vėdinimas, ir oro kondicionavimas.
22. STR 2.09.04: 2008. Pastato šildymo sistemos galia. Šilumos poreikis šildymui.
23. Venkevičius, V., Židonis, I. (2007). Pastatų perdangos su surenkamosiomis gelžbetoninėmis kiaurymėtosiomis plokštėmis. Šiauliai, 70 p.
24. Zavadskas, E. K., Karablikovas, A., Kriukelis, V., Nakas H., Sakalauskas R. (2007). Pastatų statybos technologija. Vilnius, 346 p.
25. Zavadskas, E. K., Krupšinskas, V., Kriukelis, V., Nakas H., Midvinskas D. (1981). Statybos darbų technologija. Vilnius.

Priedai