



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS**

Arnas Dragūnas

**SKYDINIŲ NAMŲ KONSTRUKCINIŲ ELEMENTŲ STIPRUMO
TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Doc. dr. Saulius Sušinskas

PANEVĖŽYS, 2017

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS
TECHNOLOGIJŲ KATEDRA**

**SKYDINIŲ NAMŲ KONSTRUKCINIŲ ELEMENTŲ STIPRUMO
TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas
Statyba (kodas 621J80001)

Vadovas

(parašas) Doc. dr. Saulius Sušinskas
(data)

Recenzentas

(parašas) Doc. dr. Dainius Vaičiulis
(data)

Projektą atliko

(parašas) Arnas Dragūnas
(data)

PANEVĖŽYS, 2017



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS

(Fakultetas)

Arnas Dragūnas

(Studento vardas, pavardė)

Statyba (kodas 621J80001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

SKYDINIŲ NAMŲ KONSTRUKCINIŲ ELEMENTŲ STIPRUMO TYRIMAS

AKADEMINIO SĄŽININGUMO DEKLARACIJA

20 17 m. Sausio 02 d.
Panevėžys

Patvirtinu, kad mano, **Arno Dragūno**, baigiamasis projektas tema „Skydinių namų konstrukcinių elementų stiprumo tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Išduota studentui: Arnui Dragūnui Grupė PMS-05

1. Darbo tema:

Lietuvių kalba: Skydinių namų konstrukcinių elementų stiprumo tyrimas

Anglų kalba: Research of strength of the structural elements of prefabricated houses

Patvirtinta 2016 m. 10 mėn. 17 d. dekanu potvarkiu Nr. V25-13-26

2. Darbo tikslas:

Ištirti trijų skirtingų perdangų laikančiųjų konstrukcijų stiprumą keičiant sijų atstumą, tarptraamį bei patikrinti pakloto stiprumą. Nustatyti, kuri iš laikančiųjų konstrukcijų yra racionaliausia stiprumo, darbo sąnaudų ir kainos atžvilgiu.

3. Reikalavimai ir sąlygos:

Apskaičiavus skirtingų perdangų laikančiųjų konstrukcijų stiprumą, apskaičiavus pakloto stiprumą, nustatčius darbo sąnaudas bei kainą parinkti optimalų perdangų variantą pagal kriterijus.

4. Projekto struktūra. Turinys konkretizuojamas kartu su vadovu, atsižvelgiant į BP pobūdį.

Skydinių-karkasinių namų raida pasaulyje ir jų privalumai: Skydinių-karkasinių namų konstrukcijos; Medinės konstrukcijos ir jų savybės; Sienu, grindų ir stogo konstrukcijos.

Perdangos sijos ir grindų plokštės: „STEICO Joist“; Metalinė sija IPE; Medinė sija; Drėgmei atspari grindų plokštė „DURELIS“.

Tiriamoji dalis: Medinės sijos stiprumo skaičiavimas; Metalinės sijos IPE 160 stiprumo skaičiavimas; Perdangos su „STEICO Joist“ SJ45 dvitėjinėmis sijomis stiprumo skaičiavimas; Pakloto su plokštėmis „DURELIS“ stiprumo skaičiavimas; Perdangų pagaminimo darbo sąnaudos; Optimalaus varianto parinkimas nuadojant SAW metodą

5. Ši užduotis yra neatskiriama baigiamojo projekto dalis.

6. Projekto pateikimo gynimui kvalifikacinėje komisijoje terminas

2017-01-17

(data)

Užduotį gavau: Arnas Dragūnas

2016-09-02

(studento vardas, pavardė, parašas)

(data)

Vadovas: Doc. dr. Saulius Sušinskas

2016-09-02

(pareigos, vardas, pavardė, parašas)

(data)

Dragūnas, Arnas. Skydinių namų konstrukcinių elementų stiprumo tyrimas. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Saulius Sušinskas; Kauno technologijos universitetas, Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas, technologijų katedra.

Mokslo kryptis ir sritis: statyba

Reikšminiai žodžiai: *skydiniai-karkasiniai namai, perdanga, sija, paklotas, medinės konstrukcijos*

Panevėžys, 2017. 52 p.

SANTRAUKA

Baigiamajame magistro darbe tiriama skydinių namų skirtingų perdangų konstrukcijų stiprumas.

Baigiamąjį magistro darbą sudaro trys pagrindinės dalys. Pirmojoje dalyje pateikiama skydinių-karkasinių namų raida pasaulyje, jų privalumai ir konstrukcijos. Antrojoje dalyje pateikiama tryjų perdangų laikančiųjų konstrukcijų elementai ir paklotas, kurie bus tiriami. Trečiojoje dalyje skaičiuojama konstrukcijų laikančiosios savybės, pateikiami skaičiavimo grafikai ir rezultatai.

Tiriamajame darbe buvo ištirta tryjų skirtingų perdangų laikančiųjų konstrukcijų laikomoji galia ir įlinkis keičiant sijų ilgį, bei tikrinama drėgmei atsparios plokštės laikomoji galia ir įlinkis. Apskaičiuota perdangų pagaminimo sąnaudos bei kaina, parinktas optimalus variantas naudojantis SAW metodu.

Dragūnas, Arnas. Research of Strength of the Structural Elements of Prefabricated Houses.: *Master final work* / Supervisor Doc. Saulius Sušinskas, Kaunas University of Technology, Panevezys Technology and business faculty, department of Technology.

Research area and field: construction

Key words: panel-frame houses, floor, beam, flooring, wooden structure.

Panevėžys, 2017. 52 p.

SUMMARY

In final master degree I research prefabricated houses of different overlays constructions strength.

The master thesis consist of three main parts. The first part includes panel-frame houses developments in the world, their advantages and constructions. The second part includes three overlays bearing structural elements and flooring that will be investigated. The third part includes calculated structures bearing features, charts and calculation results are being made for those calculations.

In thesis it was researched three different overlays bearing structurea bearing capacity and deflection by changing the lenght of the beams, as well as tested moisture-resistant panels bearing capacity and deflection. The estimated overlays of production labor costs as well as price, using SAW method the optimal variant was selected.

TURINYS

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS	8
LENTELIŲ SĄRAŠAS	9
ĮVADAS	10
1. SKYDINIŲ-KARKASINIŲ NAMŲ RAIDA PASAULYJE IR JŲ PRIVALUMAI. 11	
1.1. Skydinių-karkasinių namų raida pasaulyje	11
1.2. Skydinių – karkasinių namų privalumai.....	12
1.3. Skydinių – karkasinių namų konstrukcijos	13
1.3.1. Medinės konstrukcijos ir jų savybės	13
1.3.2. Sienų konstrukcija.....	15
1.3.3. Grindų konstrukcija	17
1.3.4. Stogo konstrukcija	18
2. PERDANGOS SIJOS IR GRINDŲ PLOKŠTĖS.....	20
2.1. „STEICO Joist“	20
2.2. Metalinė sija IPE	22
2.3. Medinė sija	22
2.4. Drėgmei atspari grindų plokštė „DURELIS“	23
3. TIRIAMOJI DALIS	24
3.1. Medinės sijos stiprumo skaičiavimas	24
3.2. Metalinės sijos IPE 160 stiprumo skaičiavimas.....	30
3.3. Perdangos su „STEICO Joist“ SJ45 dvitėjinėmis sijomis stiprumo skaičiavimas	35
3.4. Pakloto su plokštėmis „DURELIS“ stiprumo skaičiavimas	40
3.4.1. Perdangos su medinėmis sijomis pakloto skaičiavimas.....	40
3.4.2. Perdangos su metalinėmis IPE 160 sijomis pakloto skaičiavimas	41
3.4.3. Perdangos su medinėmis dvitėjinėmis SJ45 sijomis pakloto skaičiavimas	42
3.5. Perdangų pagaminimo darbo sąnaudos	44
3.6. Optimalaus varianto parinkimas naudojant saw metodą.....	46
IŠVADOS	49
LITERATŪROS SĄRAŠAS	51

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Išorinės sienos mazgas [5]: 1 – dailylentės 140×19 mm; 2 – ventiliacinis tašelis 25 × 45 mm, c = 600 mm; 3 – <i>Tyvek Soft</i> plėvelė; 4 – karkasas 45 × 195 mm, c = 600 mm; 5 – mineralinė vata 200 mm; 6 – tašeliai 45 × 45 mm, c = 600 mm; 7 – garo plėvelė; 8 – mineralinė vata 42 mm; 9 – 2×GKP 12,5 × 1200 × 2500 mm	16
2 pav. Vidinės (laikančiosios) pertvaros mazgas [5]: 1 – mineralinė vata 142 mm; 2 – karkasas 45 × 145 mm, c = 600 mm; 3 – 2×GKP 12,5 × 1200 × 2500 mm.....	17
3 pav. Perdangos mazgas [5]: 1 – sija 45 × 245 mm, c = 600 mm; 2 – mineralinė vata 100 mm; 3 – tašeliai 25 × 45 mm; 4 – GKP 12,5 × 1200 × 2500 mm; 5 – garo plėvelė; 6 – mineralinė vata 245 mm; 7 – durelio plokštė 22 × 610 × 2440 mm; 8 – grindų danga	18
4 pav. Stogo mazgas [5]: 1 – GKP 12,5 × 1200 × 2500 mm; 2 – tašeliai 45 × 45 mm, c = 400 mm; 3 – gegnė 45 × 245 mm, c = 600 mm; 4 – mineralinė vata 242 mm; 5 – garo plėvelė; 6 – mineralinė vata 42 mm; 7 – difuzinė plėvelė <i>Tyvek Soft</i> ; 8 – ventiliaciniai tašeliai 25 × 45 mm, c = 600 mm; 9 – grebėstai 45 × 45 mm, c = 300 mm; 10 – stogo danga	19
5 pav. „STEICO Joist“.....	20
6 pav. Dvitėjinės sijos skerspjūvis su įleistine klijuotine jungtimi. Čia: 1 – sijos juosta; 2 – sijos sienelė.....	21
7 pav. Dvitėjinė sija	22
8 pav. „DURELIS“ grindų ploštės: a) su įlaidų, išdrožų sistema; b) lygiais kraštais.	23
9 pav. Medinės sijos skaičiuojamas skerspjūvis.....	24
10 pav. Medinės sijos skaičiavimo schema ir jos lenkimo momentų bei skersinių jėgų diagramos	24
11 pav. Perdangų su medinėmis sijomis lenkimo įtempių grafikas	29
12 pav. Perdangų su medinėmis sijomis kirpimo įtempių grafikas.....	29
13 pav. Perdangų su medinėmis sijomis įlinkio grafikas	29
14 pav. IPE 160 sijos skerspjūvis	30
15 pav. Metalinės sijos IPE 160 skaičiavimo schema ir jos lenkimo momentų bei skersinių jėgų diagramos.....	31
16 pav. Perdangos su metalinėmis IPE 160 sijomis stiprumo grafikas.....	33
17 pav. perdangos su metalinėmis IPE 160 sijomis tangentinių įtempių grafikas	34

18 pav. Perdangos su metalinėmis IPE 160 sijomis įlinkio grafikas.....	34
19 pav. Medinės dvitėjinės sijos skerspjūvis.....	35
20 pav. Perdangų su medinėmis dvitėjinėmis SJ45 sijomis lenkimo įtempių grafikas.....	38
21 pav. Perdangų su medinėmis dvitėjinėmis SJ45 sijomis kirpimo įtempių grafikas	39
22 pav. Perdangų su medinėmis dvitėjinėmis SJ45 sijomis įlinkio grafikas.....	39
23 pav. Pakloto skaičiuojamoji schema.....	40
24 pav. Pakloto lenkimo įtempių grafikas	43
25 pav. Pakloto įlinkių grafikas	43
26 pav. Perdangų pagaminimo laikas, kai perdangas gamina 1 žmogus.....	44
27 pav. Perdangų kainos.....	45
28 pav. Perdangų alternatyvų diagrama	48

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė „STEICO Joist“ medžiagų parametrai	21
2 lentelė „STEICO Joist“ duomenys	21
3 lentelė Vientisosios medienos C24 klasės fizikiniai ir mechaniniai charakteristiniai stipriai	22
4 lentelė „DURELIS“ plokščių su įlaidų ir išdrožų sistema techniniai duomenys.....	23
5 lentelė Nuolatinė perdangos apkrova su medinėmis sijomis	25
6 lentelė Perdangų su medinėmis sijomis stiprumo duomenys	28
7 lentelė Nuolatinė perdangos apkrova su metalinėmis IPE 160 sijomis.....	30
8 lentelė Perdangų su metalinėmis IPE 160 sijomis stiprumo duomenys	33
9 lentelė Nuolatinė perdangos apkrova su medinėmis dvitėjinėmis SJ45 sijomis	35
10 lentelė Perdangų su medinėmis dvitėjinėmis SJ45 sijomis stiprumo duomenys.....	38
11 lentelė Nuolatinė paklotą veikianti apkrova	40
12 lentelė Reikalingas laikas pagaminti perdangai, žm./val.....	44
13 lentelė Perdangų kainos, €	45
14 lentelė Sprendimų priėmimo matricos, kai perdangos yra 5 m, 6 m, 7 m, 8 m, 9 m ilgio	47

15 lentelė Normalizuotos sprendimų matricos ir alternatyvos, kai perdangos 5 m, 6 m, 7 m, 8 m, 9 m ilgio.....	48
---	----

ĮVADAS

Žmonės ruošiantys statyti namą domisi apie naujas statybas ir jų konstrukcijas, stebi rinkos pokyčius, kad išsirinktų optimalų variantą statyboms. Populiarėjant mediniams karkasiniam pastatams Lietuvoje vis daugiau žmonių pasirenka medį vietoje mūro. Keičiant sunkų mūrą į medinį ir lengvą karkasą yra kuriama ekologiška ir sveika gyvenamoji aplinka, taip pat lengvėja ir konstrukcijos.

Karkasiniai namai statomi statybvietėje surenkant medinį karkasą. Skydiniai-karkasiniai namai gaminami gamyklose. Skydų elementai dažniausiai jau būna su daline lauko apdaila, langais bei lauko durimis. Į statybvietę skydai atvežami sunkvežimiais iš kurių dažniausiai ir montuojami atvežti elementai. Dažniausiai namas montuojamas su teleskopiniu kranu. Svarbiausias privalumas – greita namo statyba.

Dažnai žmonės blogai pasirinkdami medinės perdangos konstrukcija pastebi, kad po tam tikro eksploatacijos laiko perdanga įlinko ir įlinkis yra pastebimas.

Darbo tikslas: ištirti trijų skirtingų perdangų laikančiųjų konstrukcijų stiprumą, nustatyti darbo sąnaudas reikalingas pagaminti perdangoms, bei kainą, keičiant sijų atstumą, tarpatramį bei tikrinant pakloto stiprumą. Perdangoms naudojamos medinės sijos, metalinės IPE sijos ir „STEICO Joist“ dvitėjinio profilio sijos, paklotui naudojama „DURELIS“ plokštės. Nustatyti, kuri iš laikančiųjų konstrukcijų yra racionaliausia stiprumo, darbo sąnaudų ir kainos atžvilgiu.

Darbo uždaviniai:

1. Ištirti medinės sijos stiprumą.
2. Ištirti metalinės dvitėjinės IPE sijos stiprumą.
3. Ištirti medinės dvitėjinės sijos stiprumą.
4. Apskaičiuoti pakloto stiprumą.
5. Nustatyti perdangų pagaminimo darbo sąnaudas.
6. Apskaičiuoti perdangų kainą.
7. Parinkti optimalų perdangos variantą taikant SAW metodą.

1. SKYDINIŲ-KARKASINIŲ NAMŲ RAIDA PASAULYJE IR JŲ PRIVALUMAI

1.1. Skydinių-karkasinių namų raida pasaulyje

Archeologiniai kasinėjimai rodo, kad jau prieš 3–4 tūkst. metų skirtingose Europos dalyse žmonės rentė medinius namus. Rentimo technika buvo gana skirtinga ir atspindėjo tuometines tradicijas, kultūrą bei atskirų regionų amatų išsivystymo lygį [1].

1833 m. architektas A. Teiloras išrado racionalią ir ekonomišką statybos sistemą, kurią pavadino „oriniu karkasu“. Ji pradėta naudoti Naujojoje Anglijoje. Naujoji konstrukcija pasižymėjo lengvumu ir paprastumu. Joje vietoje masyvių medinių tašų, sujungtų didelėmis jungtimis, pradėti naudoti mažo skerspjūvio tankiai sustatyti tašeliai, sujungti medinėmis lentomis. Jungtims buvo naudojamos vinys. Namą su „oriniu karkasu“ galėjo sukalti vidutinės kvalifikacijos darbuotojas per savaitę [2].

Mediniai-skydiniai namai yra karkasinių namų atšaka, atsiradusi XX amžiuje. Po II pasaulinio karo šis gamybos būdas pradėjo plisti itin sparčiai. Jau keletą dešimtmečių gamyklose pagamintų namų statyba yra populiariausia statybos technologija pasaulyje. Pavyzdžiui, Jungtinėse Amerikos Valstijose 90 % namų pastatyti iš medinio karkaso. Švedijoje 80 %, Škotijoje 48 % namų yra mediniai. [6]

1935 m. prasidėjo medinių skydinių namų statyba Šiaurės Amerikoje, kai grupė inžinierių paskaičiavo, kad medinio rėmo apsiuvimas medžio drožlių plokšte galėtų perimti dalį konstrukcijai tenkančių apkrovų. Šis namo sienos modelis išbandytas statant namus, kurie būdavo nuolat stebimi daugiau kaip trisdešimt metų. Net ir po 40 metų, atlikus pirmųjų pastatytų skydinių namų apžiūrą, pastebėta, kad tokio namo sienos neprarado savo laikančiųjų savybių [22].

Siekiant sutaupyti darbo jėgą ir pagreitinti statybų tempą, pradėta atskirų sienų, perdangų, stogų elementų gamyba gamyklose. Statybos aikštelėje reikėdavo tik sumontuoti namą iš šių elementų. Ypač svarbu buvo tai, kad tokius namus galėjo nesunkiai surinkti ir žemos kvalifikacijos darbuotojai [22].

Skydinio-karkasinio tipo namų gamyba Europoje pradėta plėtoti prieš 50 metų. Pirmas toks namas Europoje 1931 m. suprojektuotas architekto V. Gropiuso vienos vokiečių firmos užsakymu. Jį pasirenka vis daugiau žmonių įvairiose pasaulio šalyse, taip pat ir Lietuvoje. Šis statybos būdas atpažįstamas kaip ekonomiškasis, draugiškasis aplinkai, su mažais eksplotacijos kaštais. Modernios architektūrinės tendencijos, naujos statybinės medžiagos ir technologijos suteikia vis daugiau ir daugiau galimybių gaminti surenkamus namus [5].

Ištobulėjus technologijai, visi skydinių namų elementai projektuojami specialiomis kompiuterinėmis programomis, kurios užtikrina gaminių tikslumą ir sklandų montavimą. Ceche atliekama kiekvieno elemento kokybės kontrolė. Kadangi sienos gaminamos horizontalioje padėtyje ir spaudžiamos presais, namas eksploatacijos metu nesideformuoja. Dėl gamybos proceso uždaroje patalpose bei maksimaliai sutrumpinto statybos laiko namo šilumos izoliavimo bei stiprumo savybės yra apsaugomos nuo neigiamo aplinkos poveikio, ir tai užtikrina skydinių namų ilgaamžiškumą [6].

Šiuolaikiniai mediniai skydiniai namai griaua nusistovėjusias tradicijas. Dauguma skydinių namų ekonomiškumo ir ekologiškumo požiūriu lenkia rąstinius bei mūrinius namus. Naujausi skydiniai-karkasiniai namai meta iššūkį klaidingam požiūriui į trumpą namo eksploataavimo trukmę, gaisrines savybes ar šilumines charakteristikas. Skydinių namų gamyba – tai vienas iš sparčiausiai tobulėjančių statybos procesų šiomis dienomis. Naujos medžiagos, technologijos bei specialistų darbas kardinaliai pakeitė tradicinį medinį namą, kuris tampa XXI amžiaus statybos lyderiu [6].

Ši pažangi statybos technologija įsitvirtino dėl paprasto ir greito statybos būdo bei ekologiškumo.

1.2. Skydinių – karkasinių namų privalumai

Statant bet kurią karkasinio namo rūšį, karkasinius ar skydinius, galiausiai gaunamas beveik identiškas rezultatas. Skirtumas yra gamybos technologijoje – skydiniams namams skirti namo elementai yra specialiai pagaminami gamyklose ir tuomet atvežami į statybviety. Taip darbo laikas statybvietyje sutrumpėja, nes skydai būna su daline apdaila, todėl lieka atlikti nedaug su sienomis susijusių darbų. Tai aktualu ir dėl oro sąlygų [13].

Skydinių-karkasinių namų privalumai lyginant su klasikiniiais plytiniais namais:

- Sumažintas konstrukcijos svoris (karkasiniai namai 5 - 6 kartus lengvesni už mūrinius);
- Hermetiškumas;
- Patvarumas;
- Palyginti trumpas statybos laikas;
- Galimybė statybos darbus atlikti ir šaltuoju metų periodu;
- Aukšti medinio surenkamo namo eksploataciniai rodikliai (energijos taupymas, ekologiškumas);
- Lengvai prieinamos medžiagos;
- Architektūrinės išraiškos galimybė;
- Nereikalingi didieji statybų mechanizmai;
- Karkasinis namas – lengvas, tad jam reikia pigesnių pamatų nei vykdant mūrinę statybą;

- Dėl karkasinio namo sienos sandaros namas būna netgi šiltesnis nei daugelio kitų konstrukcijų namų. Sienos storis nedidelis, tad sutaupoma namo gyvenamojo ploto ir pinigų namo statybai;
- Geras kainos ir kokybės santykis (1 m² statyba yra pigesnė 1,3 karto, nei rąstinio namo, 1,7 karto nei namo iš putbetonio ir 2,5 karto, nei plytų mūro, jei laikysime, kad šilumos varža vienoda), o namas sumontuojamas sklype labai greitai – per 4-6 dienas. Prieš tai namo gamyba gamykloje užtrunka tik 3–4 savaites (atsižvelgiant į namo dydį bei aukštų skaičių);
- Vidaus komunikacijos (vandentiekis, kanalizacija, šildymo sistema) – paslėptos sienų viduje;
- Technologija sudaro sąlygas sukurti idealiai lygius grindų, sienų ir lubų paviršius, todėl lengviau atlikti kokybišką patalpų apdailą;
- Fasadų išvaizdai pagyvinti galime naudoti pačias įvairiausias medžiagas;
- Karkasinius namus lengva remontuoti ir rekonstruoti;
- Statant karkasinius namus, lengvai galima keisti namų išplanavimą nedidinant sąnaudų ir sąmatos;
- Karkasiniai namai yra ekologiškesni nei mūriniai, nes atsisakius sienų iš inertinių medžiagų, galima sveikiau gyventi [11].

1.3. Skydinių – karkasinių namų konstrukcijos

Straipsnio autorė nagrinėja naujų medinių konstrukcijų sprendimų taikymo galimybes Lietuvoje. Taikymas vertinamas pagal esminius pastato reikalavimus. Buvo atlikta dviejų gyvenamųjų namų konstrukcijas veikiančių apkrovų analizė. Vertinama galimybė esamas gelžbetonines ir mūrines konstrukcijas keisti alternatyviomis, medinėmis.

Dėl mechaninio atsparumo, stabilumo ir esminių reikalavimų perdanga, ilgesnė kaip 8 m, iš aptartų medinių konstrukcijų yra netinkama naudoti. Pagal gaisrinės saugos esminius reikalavimus, medinės konstrukcijos neatitinka I ir II statinio atsparumo ugniai laipsnio jei jos nėra padengtos papildomomis medžiagomis. Kad atitiktų garso ir šilumos izoliacijai keliamus reikalavimus turi būti naudojamos papildomos medžiagos.

1.3.1. Medinės konstrukcijos ir jų savybės

Medienos gaminiai statyboms dažniausiai daromi iš spygliuočių ir lapuočių medžių medienos – pušies, eglės, beržo, ąžuolo, liepos, buko ir kt., nes tokių medžių kamienai tiesesni, mediena – nedidelio tankio, lengvai apdirbama ir lėčiau pūva, nes joje yra smalingų medžiagų [4]

Mediena yra plastiška, patvari medžiaga [22]. Mediena kvėpuoja, pasižymi išskirtinėmis garų bei oro pralaidumo savybėmis, todėl mediniai namai gali patys išsivėdinti ir tuo pat metu

išsaugoti šilumą. Specialistai nustatė, kad mediena kaupia šilumą ir paprastai yra šiltesnė dviem laipsniais negu ją supantys daiktai. Be to, medienos sugebėjimas kvėpuoti iki minimumo sumažina riziką atsirasti pelėsiui ar grybeliams [3].

Mediniai elementai ir jų konstrukcijos naudojamos įvairiems pastatams ar jų dalims: gyvenamųjų namų sienoms, perdangoms, stogams, žemės ūkio pastatams, sandėliams ir kt. Atsiradusios klijuotos medinės konstrukcijos naudojamos visuomeninių pastatų statyboje: sporto salių, prekybos pastatų ir pan. [4]

Atsižvelgiant į eksploatacijos sąlygas, medinės konstrukcijos priskiriamos vienai iš toliau pateiktų eksploataavimo klasių. Eksploataavimo sąlygų klasių sistema yra skirta nustatyti skaičiuotines medienos fizinių ir mechaninių savybių reikšmes esant tam tikroms aplinkos sąlygoms [16].

I eksploataavimo klasė – kai būdingas drėgmės kiekis spygliuočių medienoje ne didesnis kaip 12 % esant aplinkos temperatūrai 20° C ir santykinei drėgmei viršijant 65 % tik keletą savaičių per metus;

II eksploataavimo klasė – kai būdingas drėgmės kiekis medienoje ne daugiau 20 % esant aplinkos temperatūrai 20° C ir santykinei viršijant 85 % tik keletą savaičių per metus;

III eksploataavimo klasė – kai eksploatacinės sąlygos lemia didesnę drėgmės kiekį negu II eksploataavimo klasėje. [15].

Medinės konstrukcijas netikslinga naudoti pastatams, kai patalpų drėgnis didesnis kaip 95 proc., didelių tarpatramių plokšties denginiams, požeminiams statiniams. Jų negalima naudoti, kai patalpų aplinkos temperatūra būna aukštesnė kaip 50 °C [22].

Pagrindiniai medinių konstrukcijų privalumai yra šie:

1. Didelis santykinis stiprumas (stiprio ir tankio santykis), dėl to medinės konstrukcijos yra lengvos.

2. Mažas šilumos laidumas, palyginti su metalu, gelžbetoniu, mūru, todėl medieną galima naudoti ir laikančiųjų bei atitvarinių konstrukcijų gamybai.

3. Cheminis atsparumas: mediena kelis kartus atsparesnė daugeliui cheminių poveikių negu metalas arba gelžbetonis.

4. Paprasta apdoroti, sujungti, montuoti [4].

Didelę įtaką medinių konstrukcijų naudojimo laikui pailginti turi įvairios konstrukcinės priemonės:

1. Sausos medienos naudojimas ir apsaugojimas, kad nesudrėktų statant ir eksploatuojant.

2. Projektuoti taip, kad prie medinių elementų prieitų oras ir jie gerai vėdintųsi.

3. Siekti, kad nesusidarytų kondensatas.

4. Naudoti medieną be žievės.

5. Užglaistyti medienos nelygumus ir plyšius.

6. Išsikišusias į išorę medienos dalis apdoroti taip, kad nesusilaikytų ir gerai nutekėtų vanduo [4].

Šiuo metu Lietuvoje vis plačiau naudojama šiurkštaus paviršiaus fasadų apdaila. Tai reiškia, kad paviršius yra neobliuotas, o specialiai pjautas po džiovinimo. Tokio tipo apdaila plačiai naudojama Skandinavijoje. Po to pradėtos naudoti sudėtinio skerspjūvio ir ilgio konstrukcijos, kurių jungtims buvo naudojami įvairūs įkirčiai, mediniai virbai, sprausteliai ir pan. Tobulėjant sujungimo būdams ir medžiagoms, pavyzdžiui, pradėjus klijuoti, naudoti metalinius spraustelius, paįvairėjo ne tik medinių konstrukcijų formos, bet ir jų naudojimo sritys [4].

1.3.2. Sienų konstrukcija

Vienas iš svarbiausių išorės sienoms ir stogo skydams keliamų reikalavimų – šilumos izoliacija. Tinkamai parinkti skydų mazgai leidžia pasiekti šiose konstrukcijose maksimalią šiuo metu reikalaujamą norminę šilumos varžą [5]

Sienų konstrukcijos storį apsprendžia joms keliami šiluminiai reikalavimai. Pagal Lietuvoje galiojančius statybos techninius reglamentus, išorinių sienų šilumos perdavimo koeficientas turi būti ne mažesnis kaip $0,12 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{K})$ [21]. Izoliacijai gali būti naudojama akmens, stiklo arba mineralinė vata, putų polistirolas, ekovata, putų poliuretanai ir kt.

Termoizoliacinės medžiagos – dažniausiai akmens, mineralinės ar stiklo vatos plokštės, dedamos tarp medinio karkaso statramsčių. Kad būtų išvengta garo skverbimosi per sieną bei rasos taško susidarymo izoliaciniame sluoksnyje, iš vidinės atitvaros pusės įrengiama garo izoliacija. Dažniausiai ji daroma iš polietilinės plėvelės. Iš pastato vidaus karkasas aptaisomas sauso gipso plokštėmis. Išorinė atitvaros pusė gali būti apšiltinama papildomai 50 mm šilumos izoliacija. Po to siena apkalama drėgmei atsparia 12 mm OSB plokšte. Ant jos arba ant izoliacinio sluoksnio įrengiama vėjo izoliacija (pvz., *Tyvec Soft*). Įrengiant išorinę apdailą, būtina palikti oro tarpą, užtikrinantį gerą sienos vėdinimą [4].

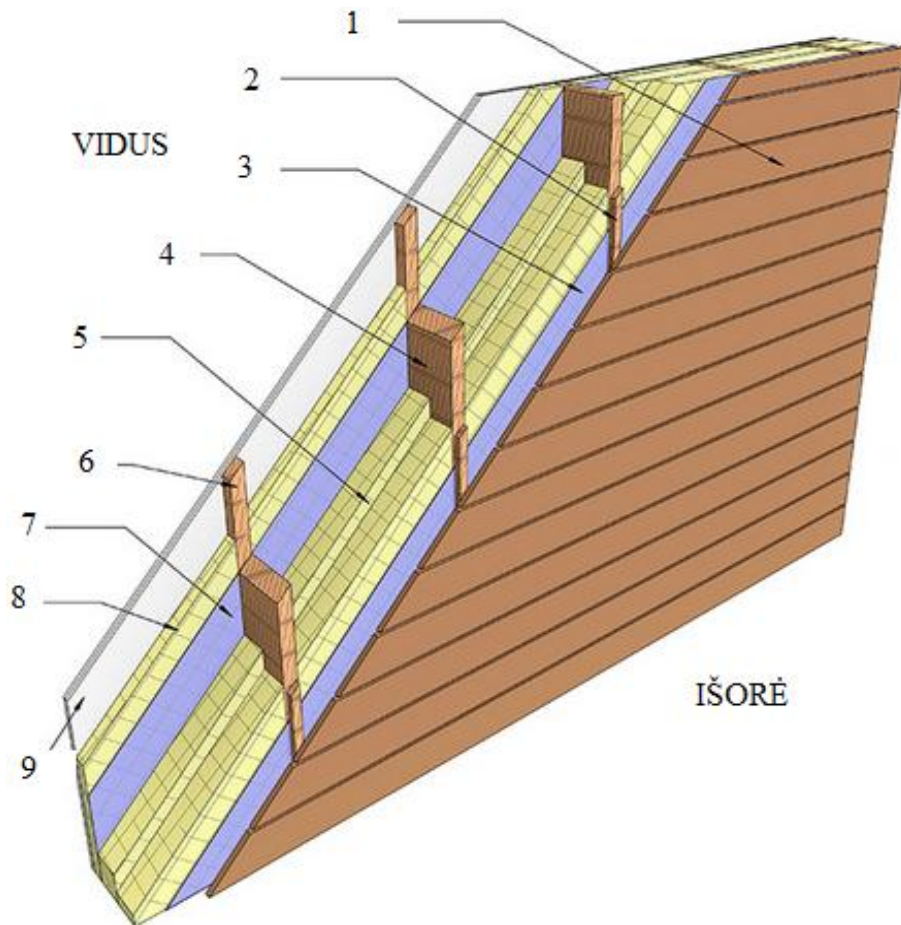
Karkasiniuose namuose izoliacija dedama ne tik išorinėse, bet ir vidinėse sienose bei pertvarose. Šios medžiagos atlieka garso izoliacijos funkcijas.

Visos sienų konstrukcijoje naudojamos medžiagos turi atitikti keliamus priešgaisrinius ir sanitarinius – higieninius reikalavimus ir turėti kokybės sertifikatus [20]

Vienas iš svarbiausių vidinių pertvarų ir tarpaukštinių perdangų reikalavimų - akustinės savybės (ore sklindančio garso izoliavimas). Įmonėje naudojami vidinių pertvarų ir perdangų tipiniai mazgai leidžia pasiekti norminius garso izoliavimo rodiklius. Vidinėms laikančiosioms pertvaroms pasiekiami ne mažiau kaip 52 db, vidinėms nelaikančiosioms sienoms - ne mažiau kaip 36 db [18].

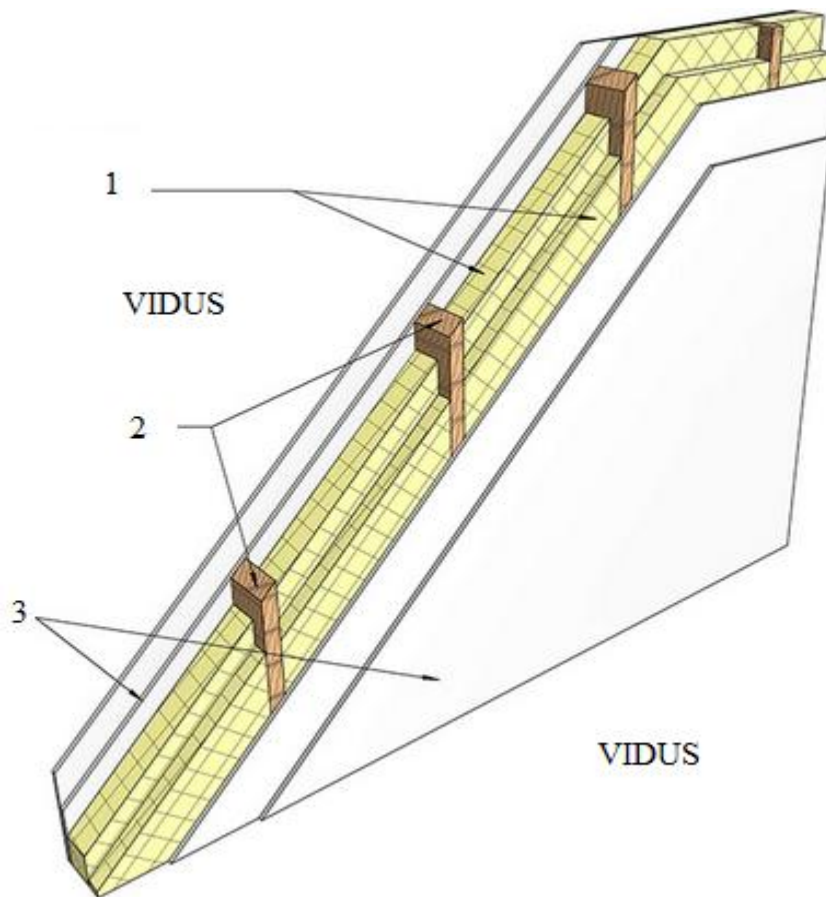
Konstruksijoms dažniausiai naudojama C18-C24 klasės spygliuočių mediena. Šilumos ir garso izoliacijai naudojama mineralinė vata, dalinei vidaus apdailai naudojama gipso kartono (GK) plokštės, garo izoliacijai – garo plėvelė.

Išorinės sienos – dailylentės, mediniai tašeliai 45×45 , orientuotų skiedrų plokštė (durelis) $t = 12$ mm. Statramsčiams dažniausiai naudojama C24 sausa kalibruota spygliuočių mediena, kurių matmenys 45×145 mm, 45×195 mm, 45×245 mm, žingsnis $c = 400$ – 600 mm. Šilumos izoliacijos $t = 142$ – 242 mm, mediniai tašeliai 45×45 mm, mineralinė vata $t = 50$ mm, durelis $t = 12$ mm, GK plokštė $t = 12$ mm (žr. 1 pav.).



1 pav. Išorinės sienos mazgas [5]: 1 – dailylentės 140×19 mm; 2 – ventiliacinis tašelis 25×45 mm, $c = 600$ mm; 3 – Tyvek Soft plėvelė; 4 – karkasas 45×195 mm, $c = 600$ mm; 5 – mineralinė vata 200 mm; 6 – tašeliai 45×45 mm, $c = 600$ mm; 7 – garo plėvelė; 8 – mineralinė vata 42 mm; 9 – $2 \times$ GKP $12,5 \times 1200 \times 2500$ mm

Vidinės sienos – GK plokštė $t = 12,5$ mm, laikančioji konstrukcija – statramsčiai būna 45×95 mm, 45×145 mm, $c = 600$ mm (žr. 2 pav.).

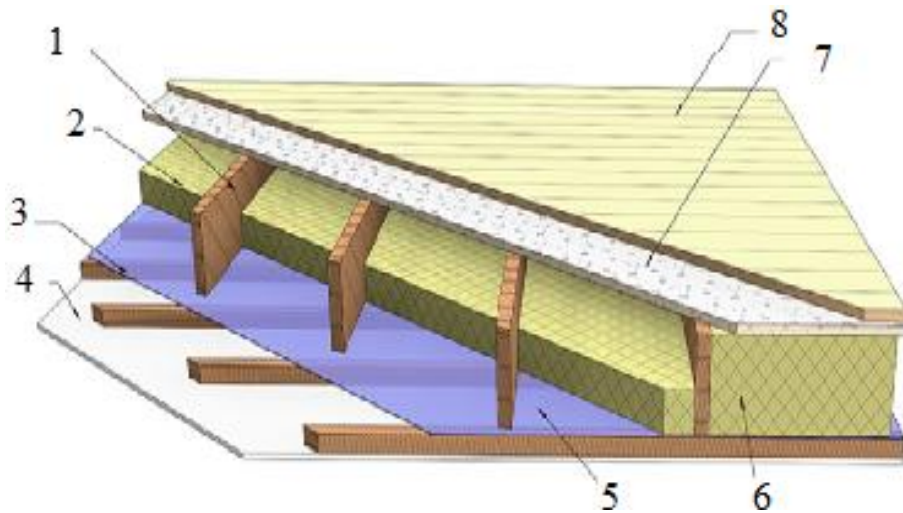


2 pav. Vidinės (laikančiosios) pertvaros mazgas [5]: 1 – mineralinė vata 142 mm; 2 – karkasas 45×145 mm, $c = 600$ mm; 3 – $2 \times$ GKP $12,5 \times 1200 \times 2500$ mm

1.3.3. Grindų konstrukcija

Grindų konstrukcija priklauso nuo perdangos tipo pasirinkimo. Rūsio perdanga dažniausiai būna gelžbetoninė. Grindų konstrukcija tokiu atveju gali būti labai įvairi, atsižvelgiant į pasirinktą grindų dangą. Jeigu pasirinktas medinis perdengimas, grindų įrengimas ženkliai supaprastėja. Ant jas laikančių elementų (sijų) kalama 22 mm drėgmei atspari OSB plokštė, kuri atlieka juodgrindžių funkciją. O ant jos dedamas išlyginamasis sluoksnis bei pasirinkta grindų danga. Apatinė sijų dalis tarnauja kaip lubas laikanti konstrukcija. Apšildant rūsio perdenginį, ypatingi šiluminiai techniniai reikalavimai termoizoliaciniam sluoksniui nėra keliami. Garo izoliacijos sluoksnį gali sudaryti tiek specialiai panaudotos garo izoliacinės plėvelės, tiek ir mažai pralaidi garui grindų danga (pvz., lakuotas parketas, linoleumas ir pan.) [12].

Perdangos – orientuotų skiedrų plokštė su dygiu 22 mm, mediniai tašai $60 / 45 \times 220 / 200$ mm, $c = 600$ mm, garso izoliacija 200 mm, mediniai tašeliai 45×45 mm, GK plokštė 12,5 mm (žr. 3 pav.).



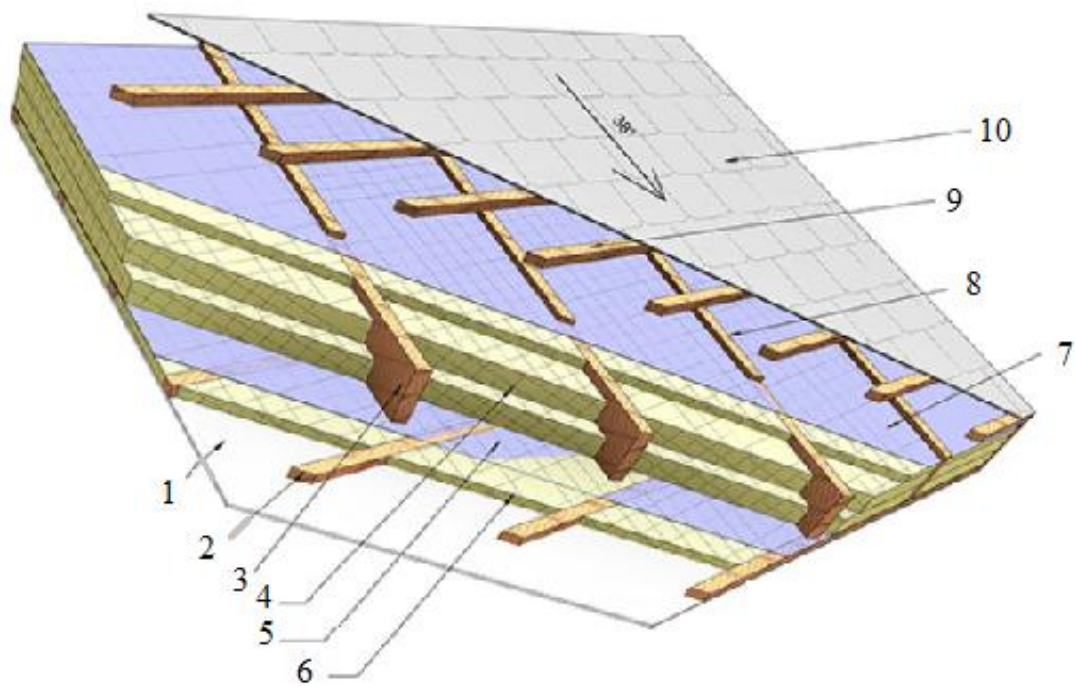
3 pav. Perdangos mazgas [5]: 1 – sija 45×245 mm, $c = 600$ mm; 2 – mineralinė vata 100 mm; 3 – tašeliai 25×45 mm; 4 – GKP $12,5 \times 1200 \times 2500$ mm; 5 – garo plėvelė; 6 – mineralinė vata 245 mm; 7 – durelio plokštė $22 \times 610 \times 2440$ mm; 8 – grindų danga

1.3.4. Stogo konstrukcija

Karkasiniuose namuose plokšti stogai nenaudojami, todėl pagrindinis stogo dangą laikantis elementas – medinė stogo santvara arba gegnė. Ant jų kalama drėgmei atspari plokštė, klojama hidroizoliacija, klijuojama vėjo izoliacija bei dedama stogo danga. Stogo dangai dažniausiai naudojamos bituminės čerpės arba skarda. Bituminės čerpės kalamos vinimis tiesiog prie pakloto. Įrengiant skardinį stogą, tam, kad skarda nesiliestų su hidroizoliacijos sluoksniu, būtina prikalti papildomus grebėstus [14].

Apšiltinant stogus, galima panaudoti tiek plokštines, tiek ir rulonines termoizoliacijos medžiagas. Termoizoliacinio sluoksnio apačioje reikia įrengti efektyvią garo izoliaciją, o viršuje turi būti paliktas tarpas vėdinimui. Jeigu name yra negyvenama palėpė arba joje įrengtos patalpos naudojamos tik šiltuoju metų laikotarpiu, tikslinga apšildyti ne stogą, o palėpės perdengimą. Perdengimui apšiltinti gali būti naudojamos visos žinomos termoizoliacinės medžiagos [14].

Stogas – mediniai tašeliai (horizontaliai) 45×45 mm, mediniai tašeliai (vertikalčiai) 24×45 mm, difuzinė plėvelė, gegnė 45×245 mm, šilumos izoliacija $2 \times 100 + 42$ mm, garo izoliacija, mediniai tašeliai 45×45 mm, šilumos izoliacija 42 mm, GK plokštė $t = 12,5$ mm (žr. 4 pav.).



4 pav. Stogo mazgas [5]: 1 – GKP $12,5 \times 1200 \times 2500$ mm; 2 – tašeliai 45×45 mm, $c = 400$ mm; 3 – gegnė 45×245 mm, $c = 600$ mm; 4 – mineralinė vata 242 mm; 5 – garo plėvelė; 6 – mineralinė vata 42 mm; 7 – difuzinė plėvelė *Tyvek Soft*; 8 – ventiliaciniai tašeliai 25×45 mm, $c = 600$ mm; 9 – grebėstai 45×45 mm, $c = 300$ mm; 10 – stogo danga

2. PERDANGOS SIJOS IR GRINDŲ PLOKŠTĖS

2.1. „STEICO Joist“

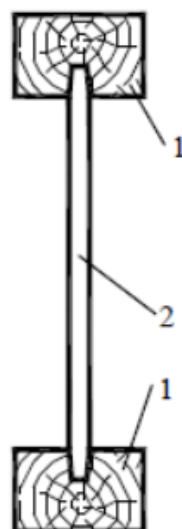
„STEICO“ grupė – iš medienos ir kanapių gaminamų ekologiškų statybinių medžiagų gamintojas. „STEICO“ produkcija gerai žinoma dėl naudojamų ekologiškų produktų bei aukštos kokybės.

„STEICO Joist“ yra dvitėjinių sijų sistema, naudojama stogų ir perdangų konstrukcijoms. Jos yra lengvos, laikančios sijos nekintančiais ir stabiliais dydžiais, atsparios kirpimo jėgoms, atlaiko didesnes apkrovas nei medžio masyvas, šalčio tiltų sumažinimas. Paprastas ir greitas montavimas, nereikalaujantis specialios įrangos.

Medinės dvitėjinės sijos susideda iš viršutinių bei apatinių juostų ir sienelės. Juostos dažniausiai daromos iš vientisosios C24-C30 klasės medienos. Sienelė gaminama iš klijuotos GL20h-GL32h medienos. Sienelė gaminama 6-45 mm storio [23]. Šiuo atveju sienelė yra 8 mm storio ir klijuotos GL28h medienos.



5 pav. „STEICO Joist“



6 pav. Dvitėjinės sijos skerspjūvis su įleistine klijuotine jungtimi. Čia: 1 – sijos juosta; 2 – sijos sienelė.

1 lentelė

„STEICO Joist“ medžiagų parametrai [8]

Medžiaga	Minimalus tūrinis tankis ρ , kg/m ³	Šilumos laidumo koeficientas λ , W/(m×K)
Juosta	500	0,13
Vidurinė jungiamoji dalis	900	0,18

2 lentelė

„STEICO Joist“ techniniai duomenys [8]

Tipas	Tašo plotis b, mm	Tašo aukštis h, mm	Aukštis H, mm	Ilgis, m	Svoris, kg/m	Lenkimo momento vertė, kNm	Lenkimo stabilumas, Nmm ² ×10 ⁹	Kirpimo jėga, kN
STEICO Joist SJ45	45	45	200	7-16	2,9	7,09	327	10,92
			220		3,1	8,00	416	11,85
			240		3,2	8,92	516	12,75
			300		3,7	11,74	888	15,36
			360		4,2	14,01	1369	17,84
STEICO Joist SJ60	60	45	200		3,5	9,45	436	10,84
			220		3,8	10,66	554	11,75
			240		3,9	11,87	687	12,64
			300		4,3	15,57	1177	15,17
			360		4,8	18,52	1808	17,55
			400	5,0	20,45	2310	19,07	

2.2. Metalinė sija IPE

Dvitėjinės karšto valcavimo metalinės sijos IPE pagamintos iš konstrukcinio (statybinio) plieno atitinkamai standartams: DIN 1025; Euronorm 19-57 (Dimensijos); EN 10034: 1993 (Tolerancija); EN 10163-3, C (Paviršius); STN 42 5550; ČSN 42 5550; TDP: STN 42 0135.



7 pav. Dvitėjinė sija

2.3. Medinė sija

Norint apsaugoti ir pailginti medienos tarnavimo laiką reikia ją papildomai apdoroti. Apsaugai nuo pelėsio, puvinimo ir kt., impregnuojama giluminiu būdu. Mediena turi būti išdžiovinta iki 16-18 % drėgnumo, bei kalibruota [10].

Medinė sija, kurios matmenys yra 45×245 mm, medienos rūšis 1, klasė C24.

3 lentelė

Vientisosios medienos C24 klasės fizikiniai ir mechaniniai charakteristiniai stipriai

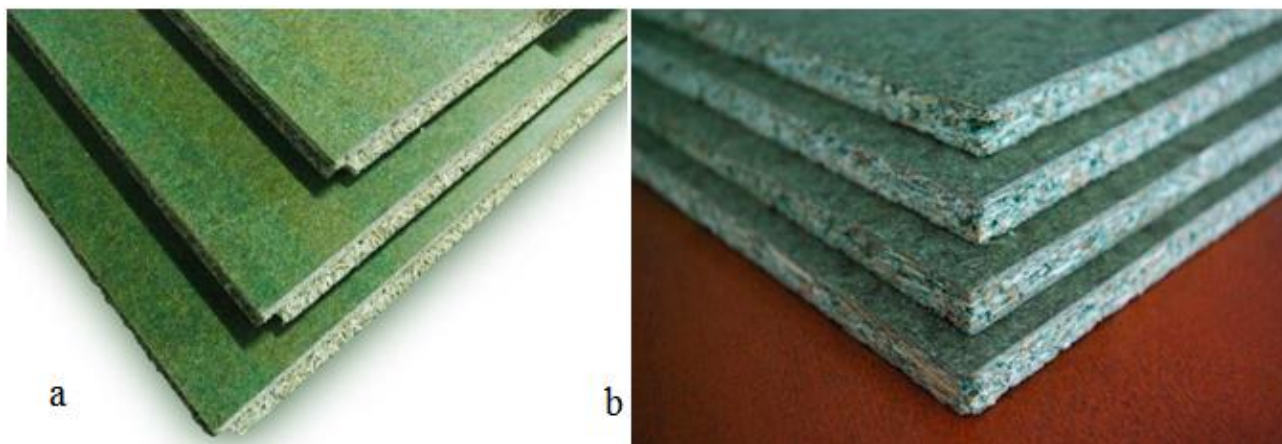
Lenkimas	$f_{m,k}$	24,0
Tempimas išilgai pluoštų	$f_{t,0,k}$	14,0
Tempimas skersai pluoštų	$f_{t,90,k}$	0,4
Gniuždymas išilgai pluoštų	$f_{c,0,k}$	21,0
Gniuždymas skersai pluoštų	$f_{c,90,k}$	2,5
Kirpimas išilgai pluoštų	$f_{v,k}$	2,0
Vidutinis tamprumo išilgai pluošto modulis	$E_{0,mean}$	11000
Vidutinis tamprumo modulis skersai pluošto	$E_{90,mean}$	370
Vidutinis šlyties modulis	G_{mean}	690

Charakteristinių stiprių reikšmės nurodytos MPa.

2.4. Drėgmei atspari grindų plokštė „DURELIS“

Plokštės „DURELIS“ yra atsparios drėgmei, tvirto ir kieto pagrindo, galima naudoti vietoje OSB plokščių. Dėl didelio atsparumo drėgmei plokštės galima naudoti drėgnose patalpose, plokštė stabili, stipri ir yra pritaikyta tvirtinti varžtais [9].

Atlikti bandymai KTU Architektūros ir statybos institute, pamerkus į vandenį, po 24 valandų vidutinis išbrinkimas buvo 2,71 % [9].



8 pav. „DURELIS“ grindų plokštės: a) su įlaidų, išdrožų sistema; b) lygiais kraštais.

4 lentelė

„DURELIS“ plokščių su įlaidų ir išdrožų sistema techniniai duomenys

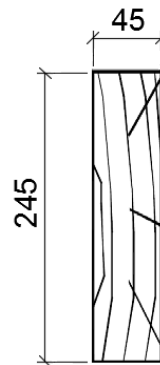
Techninės charakteristikos	Mato vnt.	Vidutinės vertės		
		18	22	25
Storis	mm	18	22	25
Tankis	Kg/m ³	690	680	670
Stipris lenkiant	N/mm ²	16,5	15,0	15,0
Tamprumo modulis	N/mm ²	2700	2600	2600
Vidinė sankiba	N/mm ²	0,65	0,60	0,60

3. TIRIAMOJI DALIS

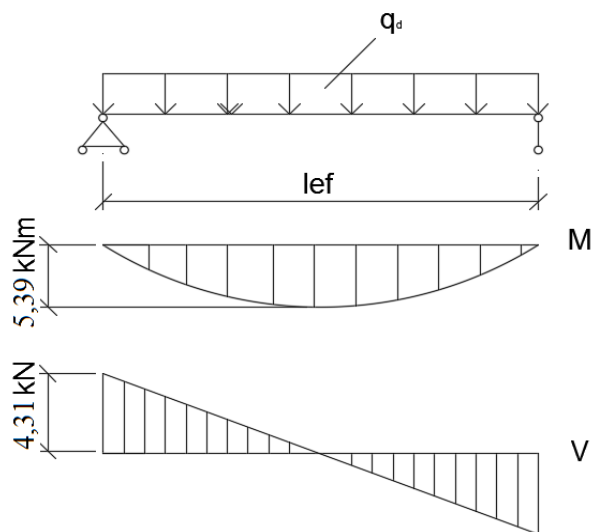
Analitiniuose metodiniuose bandymuose buvo tiriama trijų skirtingų perdangų konstrukcijų laikomoji galia keičiant sijų žingsnį, kai sijų ilgiai yra 5 m, 6 m, 7 m, 8 m ir 9 m, taip pat analogiškai tikrinant atsparios drėgmei plokštės stiprumą. Darbe buvo tiriama medinė sija 45 mm pločio ir 245 mm aukščio, metalinio profilio sija IPE 160, dvitėjinių sijų sistema „STEICO Joist“ SJ45 200 mm aukščio, bei drėgmei atspari plokštė „DURELIS“. Pagal gautus tyrimo rezultatus buvo nustatyta darbo sąnaudos, reikalingos pagaminti 2,5 m pločio perdangos skydams naudojantis samatos programa, bei apskaičiuota perdangos kaina, parinktas optimalus variantas naudojant SAW metodu, taip pat sudaryti grafikai ir išvados.

3.1. Medinės sijos stiprumo skaičiavimas

Tiriamajame darbe 5 m perdangos sijos išdėstytos kas 0,675 m, tolygiai paskirstyta apkrova $p_d = 1,5 \text{ kN/m}^2$, gegnės skaičiuotinis ilgis $l_{ef} = 5 \text{ m}$



9 pav. Medinės sijos skaičiuojamas skerspjūvis



10 pav. Medinės sijos skaičiavimo schema ir jos lenkimo momentų bei skersinių jėgų diagramos

Nuolatinė perdangos apkrova su medinėmis sijomis

Pavadinimas	Charakteringoji apkrova kN/m ²	Apkrovos dalinis patikimumo koeficientas	Skaičiuotinė apkrova, kN/m ²
Grindų danga, keraminės plytelės 18 kg/m ²	0,180	1,35	0,243
Išlyginamasis betono sluoksnis t=10 mm, 2200 kg/m ³	0,220	1,35	0,297
Durelio plokštė t=22 mm, 700 kg/m ³	0,154	1,35	0,208
Sija 45×245 mm, c = 600 mm, 520 kg/m ³	0,086	1,35	0,116
Mineralinė vata 100 mm, 40 kg/m ²	0,040	1,35	0,054
Tašeliai 25×45 mm, c=600 mm, 520 kg/m ³	0,012	1,35	0,016
GKP, 9 kg/m ²	0,090	1,35	0,122
VISO	0,782	1,35	1,056

Skaičiuotinė apkrova apskaičiuojama pagal formulę:

$$p_d = g_d + q_d \quad (1)$$

$$p_d = 1,5 + 1,056 = 2,556 \text{ kN/m}^2$$

Tolygiai išskirstyta apkrova tenkanti vienai sijos tiesiniam metrui apskaičiuojama pagal formulę:

$$p = p_d \cdot B; \quad (2)$$

$$p = p_d \cdot B = 2,556 \cdot 0,675 = 1,73 \text{ kN/m}$$

Poveikių efektai (įrašos). Skaičiuotiniai poveikių efektai nuolatinei situacijai:

1) lenkimo momentas pagal formulę:

$$M_d = \frac{p \cdot l_{ef}^2}{8}; \quad (3)$$

$$M_d = \frac{1,73 \cdot 5^2}{8} = 5,39 \text{ kNm}$$

2) skersinė jėga pagal formulę:

$$V_d = \frac{p \cdot l_{ef}}{2}; \quad (4)$$

$$V_d = \frac{1,73 \cdot 5}{2} = 4,31 \text{ kNm}$$

Skaičiuotinis lenkiamos vientisosios medienos stipris apskaičiuojamas pagal formulę:

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k}}{\gamma_m} \cdot k_{med}; \quad (5)$$

čia: $f_{m,k}$ – charakteristinis lenkiamos vientisosios medienos stipris; γ_m – dalinis koeficientas

$$f_{m,d} = \frac{24}{1,3} \cdot 0,65 = 12 \text{ MPa}$$

Skaičiuotinis kerpamos vientisosios medienos stipris apskaičiuojamas pagal formulę:

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k}}{\gamma_m} \cdot k_{med}; \quad (6)$$

$$f_{v,d} = \frac{2,5}{1,3} \cdot 0,65 = 1,25 \text{ MPa}$$

Pastovaus vientisinio skerspjūvio lenkiamųjų elementų stiprumas tikrinamas pagal formulę:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W_d} \leq f_{m,d}; \quad (7)$$

čia: $\sigma_{m,d}$ – skaičiuotinis lenkimo įtempis; M_d – skaičiuotinis lenkiamasis momentas; $f_{m,d}$ – d skaičiuotinis lenkiamos vientisosios medienos stipris; W_d – skaičiuotinis skerspjūvio atsparumo momentas.

$$W_d = \frac{b \cdot h^2}{6}; \quad (8)$$

$$W_d = \frac{0,045 \cdot 0,245^2}{6} = 0,00045 \text{ m}^3$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{5,39 \cdot 10^3}{0,00045} = 11,98 \text{ MPa} < 12 \text{ MPa}$$

Stiprumas tenkina reikalavimus.

Tikrinamas lenkiamųjų elementų kirpimo stipris pagal formulę:

$$\tau_d = \frac{V_d \cdot S}{I_d \cdot b} \leq f_{v,d} \quad (9)$$

čia: τ_d – skaičiuotinis kirpimo įtempis; V_d – skaičiuotinė skersinė jėga; S – elemento skerspjūvio atskeliamos dalies statinis momentas apie neutraliąją ašį; I_d – elemento skerspjūvio inercijos momentas; $f_{v,d}$ – skaičiuotinis kerpamos išilgai pluošto vientisosios medienos stipris.

$$S = \frac{b \cdot h^2}{8}; \quad (10)$$

$$S = \frac{0,045 \cdot (0,245)^2}{8} = 0,00034 \text{m}^3.$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12}; \quad (11)$$

$$I = \frac{0,045 \cdot (0,245)^3}{12} = 0,000055 \text{m}^4$$

$$\tau_d = \frac{4,31 \cdot 10^3 \cdot 0,00034}{0,000055 \cdot 0,045} = 0,59 \text{MPa} < 1,25 \text{MPa}$$

Išvada: kirpimo stipris tenkina reikalavimus.

Dviantramės sijos įlinkis ties tarpatramio viduriu, kai elementą veikia tolygiai išskirstyta apkrova apskaičiuojama pagal (12) formulę, kuris neturi viršyti ribinių įlinkių U :

$$U_{fin} = \frac{5 \cdot p_k \cdot l_{ef}^4}{384 \cdot E_{0,mean} \cdot I_d} \leq U; \quad (12)$$

čia: $E_{0,mean}$ – medienos tamprumo modelis;

$$U_{fin} = \frac{5 \cdot 1,33 \cdot 10^3 \cdot 5^4}{384 \cdot 11 \cdot 10^9 \cdot 0,055 \cdot 10^{-3}} = 0,015 \text{m}$$

$$p_k = \frac{p}{1,3} = \frac{1,73}{1,3} = 1,33 \text{kN/m}$$

$$U = \frac{l_{ef}}{250}; \quad (13)$$

$$U = \frac{5}{250} = 0,02 \text{m}$$

$$U_{fin} \leq U$$

$$0,015 \text{m} < 0,02 \text{m}$$

Sijos išdėstomos maksimaliu žingsniu kai perdangos ilgiai yra 6 m, 7 m, 8 m, ir 9 m, apkrova išlieka ta pati.

Pastovaus vientisinio skerspjūvio lenkiamųjų elementų stiprumas apskaičiuojamas pagal (7) formulę:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W_d} \leq f_{m,d}$$

Lenkiamųjų elementų kirpimo stipris apskaičiuojamas pagal (9) formulę:

$$\tau_d = \frac{V_d \cdot S}{I_d \cdot b} \leq f_{v,d}$$

Sijų įlinkiai ties tarpatramio viduriu, kai elementą veikia tolygiai išskirstyta apkrova apskaičiuojami pagal (12) formulę, kuris neturi viršyti ribinių įlinkių U , kuris apskaičiuojamas pagal (13) formulę:

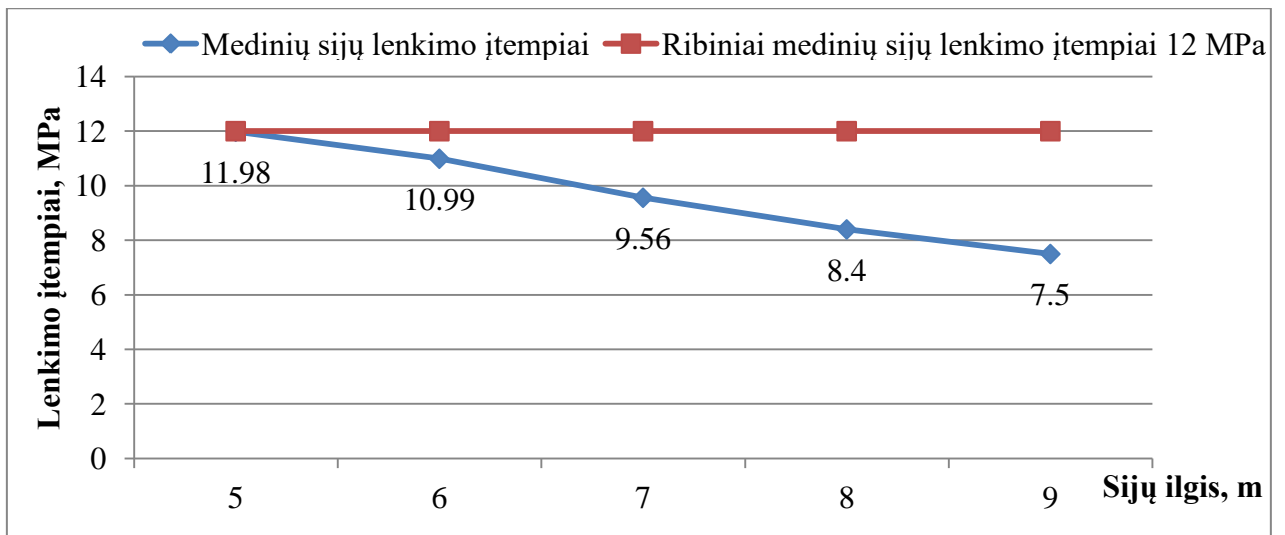
$$U_{fin} \leq U$$

6 lentelė

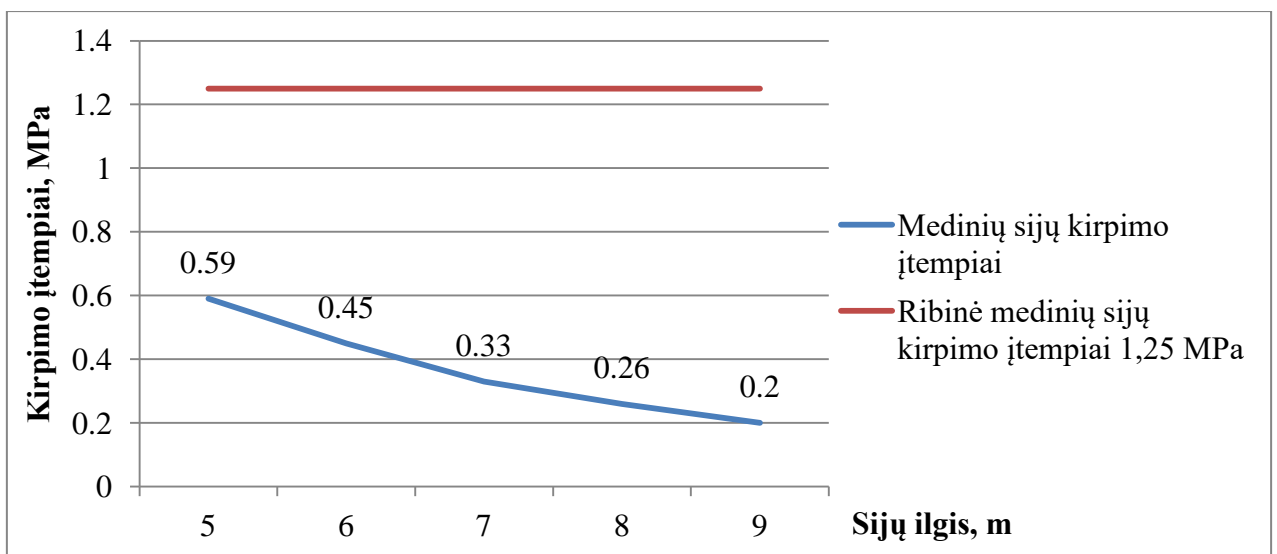
Perdangų su medinėmis sijomis stiprumo duomenys

Sijų ilgis, m	Sijų žingsnis b, m	Skaičiuotiniai lenkimo įtemiai, $\sigma_{m,d} \leq 12$ MPa	Skaičiuotiniai kirpimo įtempiai, $\tau_d \leq 1,25$ MPa	Įlinkis	Ribinis įlinkis $U=1/250$, m
5	0,675	11,98	0,59	0,0170	0,020
6	0,430	10,99	0,45	0,0235	0,024
7	0,275	9,56	0,33	0,0278	0,028
8	0,185	8,40	0,26	0,0319	0,032
9	0,130	7,50	0,20	0,0359	0,036

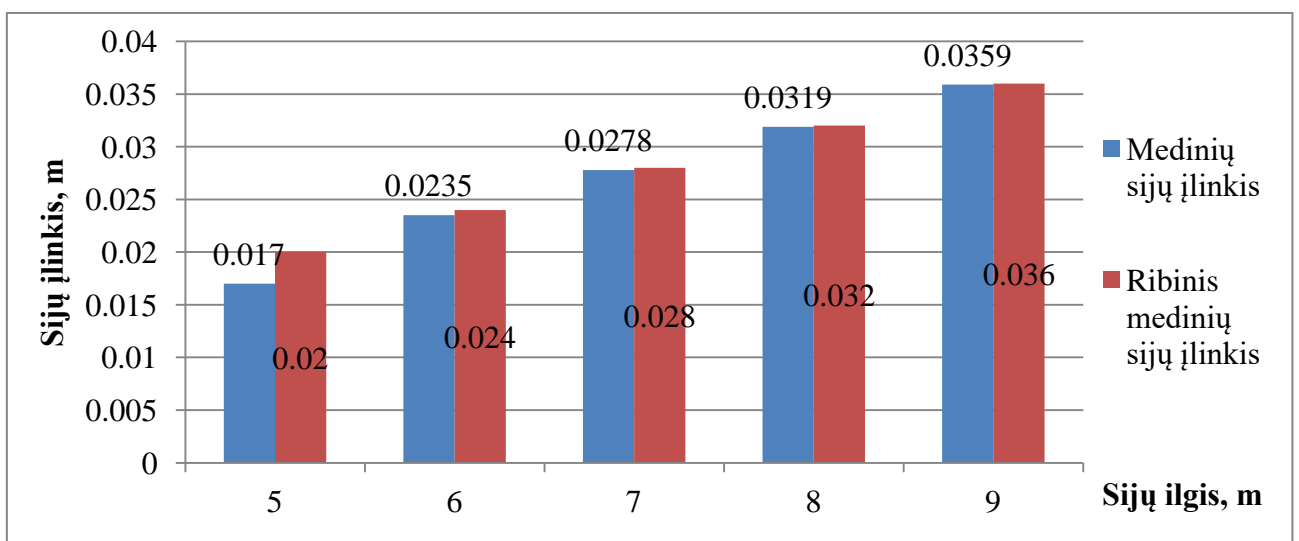
Išvada: 5 m perdanga su medinėmis sijomis 45x245 mm, kurios buvo išdėstytos kas 0,675 m, ir kurią veikė konstrukcijos svoris ir nuolatinė tolygiai paskirstyta apkrova, tenkina stiprumo sąlygą $\sigma_{m,d} = 11,98 \text{ MPa} < 12 \text{ MPa}$, kirpimo stiprio sąlygą $\tau_d = 0,59 \text{ MPa} < 1,25 \text{ MPa}$ bei ribinius įlinkius $0,017 \text{ m} < 0,02 \text{ m}$, daugiau didinant atstumą yra nebetenkinama lenkimo įtempio sąlyga. Maksimaliai išdėsčius 6 m, 7 m, 8 m ir 9 m sijas lenkimo įtempių sąlyga tenkinama, tačiau didinant atstumą tarp sijų netenkinama įlinkio sąlyga.



11 pav. Perdangų su medinėmis sijomis lenkimo įtempių grafikas



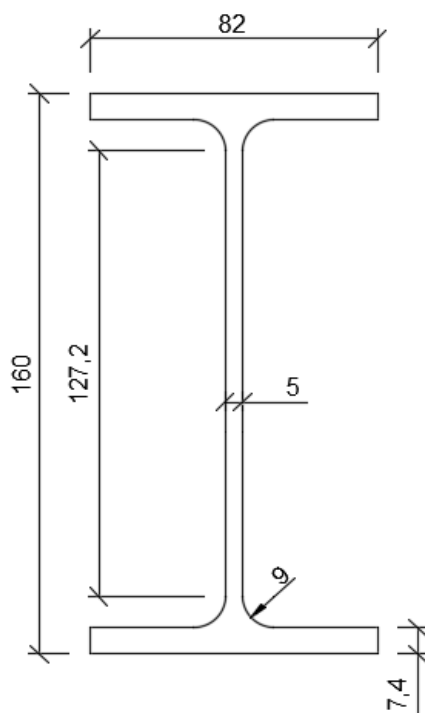
12 pav. Perdangų su medinėmis sijomis kirpimo įtempių grafikas



13 pav. Perdangų su medinėmis sijomis įlinkio grafikas

3.2. Metalinės sijos IPE 160 stiprumo skaičiavimas

Perdangos metalinės sijos IPE 160 išdėstyti kas 1,14 m, tolygiai paskirstyta apkrova $p_d = 1,5 \text{ kN/m}^2$, IPE 160 profilio skaičiuotinis ilgis $l_{ef} = 5 \text{ m}$.



14 pav. IPE 160 sijos skerspjūvis

7 lentelė

Nuolatinė perdangos apkrova su metalinėmis IPE 160 sijomis

Pavadinimas	Charakteringoji apkrova kN/m^2	Apkrovos dalinis patikimumo koeficientas	Skaičiuotinė apkrova, kN/m^2
Grindų danga, keraminės plytelės 18 kg/m^2	0,180	1,35	0,243
Išlyginamasis betono sluoksnis $t=10 \text{ mm}$, 2200 kg/m^3	0,220	1,35	0,297
Durelio plokštė $t=22 \text{ mm}$, 700 kg/m^3	0,154	1,35	0,208
IPE 160, $c = 600 \text{ mm}$, $15,8 \text{ kg/m}$	0,263	1,35	0,355
Mineralinė vata 100 mm , 40 kg/m^2	0,040	1,35	0,054
Tašeliai $25 \times 45 \text{ mm}$, $c=600 \text{ mm}$, 520 kg/m^3	0,012	1,35	0,016
GKP, 9 kg/m^2	0,090	1,35	0,122
VISO	0,959	1,35	1,295

Skaičiuotinė apkrova apskaičiuojama pagal (1) formulę:

$$p_d = 1,5 + 1,295 = 2,795 \text{ kN/m}^2$$

Tolygiai išskirstyta apkrova tenkanti vienam sijos tiesiniam metrui apskaičiuojama pagal (2) formulę:

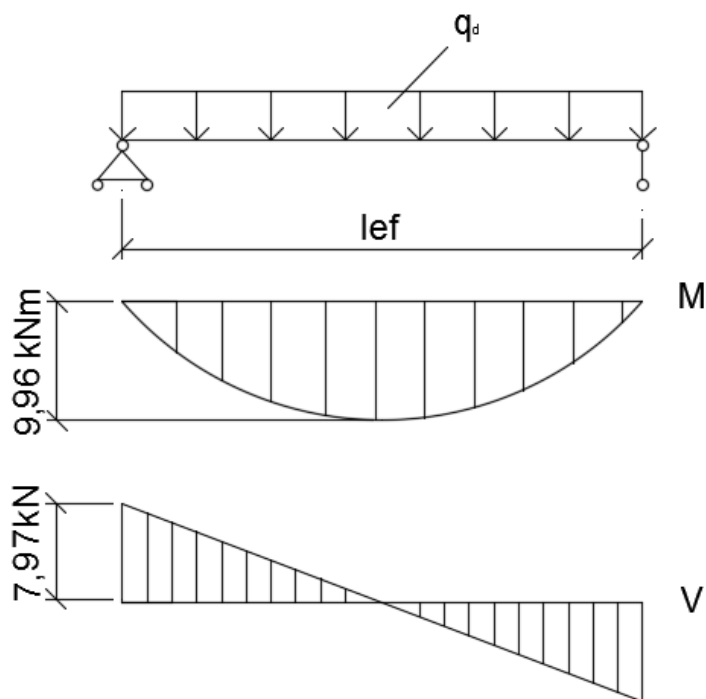
$$p = 3,19 \text{ kN/m}$$

Apskaičiuojamas lenkimo momentas pagal (3) formulę :

$$M_d = \frac{3,19 \cdot 5^2}{8} = 9,96 \text{ kNm}$$

Apskaičiuojama skersinė jėga pagal (4) formulę:

$$V_d = \frac{3,19 \cdot 5}{2} = 7,97 \text{ kN}$$



15 pav. Metalinės sijos IPE 160 skaičiavimo schema ir jos lenkimo momentų bei skersinių jėgų diagramos

Saugos ribinis būvis:

Lenkiant vienoje iš svarbiausių plokštumų, kai tangentiniai įtempiai $\tau \leq 0,9 f_{s,d}$, tuomet stiprumas:

$$\frac{M_d}{M_{pl,Rd}} \leq 1; \quad (14)$$

čia: $M_{pl,Rd}$ – skaičiuojamasis skerspjūvio lenkiamasis atsparis pagal takumo ribą.

$$M_{pl,Rd} = c_{pl} \cdot W_{net,min} \cdot f_{y,d} \cdot \gamma_c; \quad (15)$$

čia: c_{pl} – ribotųjų plastinių deformacijų koeficientas; $W_{net,min}$ – skerspjūvio atsparumo momentas; $f_{y,d}$ – skaičiuojamasis plieno stipris pagal takumo ribą; $\gamma_c = 0,9$ – elemento darbo sąlygų koeficientas (žr. [17] 7.1 lentelė)

Plieno klasė S275, plieno charakteristinis stipris pagal takumo ribą $f_y = 275$ MPa (žr. [17] 6.5 lentelę).

Plieno skaičiuotinis stipris:

$$f_{y,d} = \frac{f_y}{\gamma_M} = \frac{275}{1,1} = 250 \text{ MPa};$$

čia: $\gamma_M = 1,1$ – medžiagos patikimumo koeficientas (žr. [17] 35 p.).

Plieno skaičiuojamasis šlyties stipris apskaičiuojamas pagal [17] 6.3 lentelę:

$$f_{s,d} = 0,58 \cdot \frac{275}{\gamma_M} = 0,58 \cdot \frac{275}{1,1} = 145 \text{ MPa}$$

$$\frac{A_f}{A_w} = \frac{t_f b}{t_w h_w} = \frac{7,4 \cdot 82}{5 \cdot 145,2} = 0,8, \text{ tuomet } c_{pl} = 1,09 \text{ (žr. [17] 7.5 lentelė)}.$$

Tangentiniai įtempiai apskaičiuojami pagal formulę:

$$\tau = \frac{V_d}{t_w \cdot h} \leq 0,9 f_{s,d} \quad (16)$$

čia: t_w – sienelės storis; h – profilio aukštis.

$$\tau = \frac{7,97 \cdot 10^3}{5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,16} = 9,96 \text{ MPa} < 0,9 \cdot 145 = 130,5 \text{ MPa}$$

Skerspjūvio skaičiuojamasis atsparis:

$$M_{pl,Rd} = 1,09 \cdot 109 \cdot 10^{-6} \cdot 250 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 26,73 \text{ kNm}$$

Tikrinamas stiprumas

$$\frac{9,96}{26,73} = 0,39 < 1$$

Tikrinamas ribinis būvis pagal (12) formulę:

$$u = \frac{5 \cdot p_k \cdot l_{ef}^4}{384 \cdot E \cdot I_x} \leq u_{rib}$$

čia: p_k – tolygiai išskirstytos apkrovos charakteristinė reikšmė; E – plieno tamprumo modulis; I_x – sijos inercijos momentas; u – įlinkis tarpatramio viduryje, m; u_{rib} – ribinė įlinkio reikšmė, m.

$$u = \frac{5 \cdot 2,306 \cdot 10^3 \cdot 5^4}{384 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 869 \cdot 10^{-8}} = 0,011 \text{ m}$$

$$u_{rib} = \frac{l_{ef}}{200} = \frac{5}{200} = 0,025 \text{ m}$$

$$u \leq u_{rib}$$

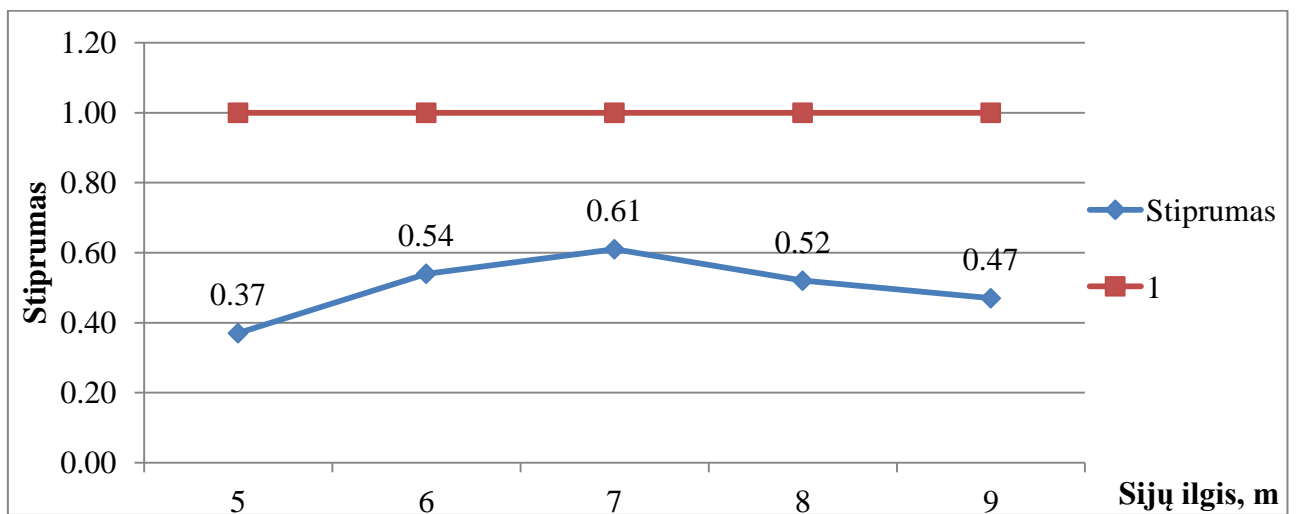
$$0,011 \text{ m} < 0,025 \text{ m}$$

Sąlyga tenkinama, sija neviršija ribinio įlinkio.

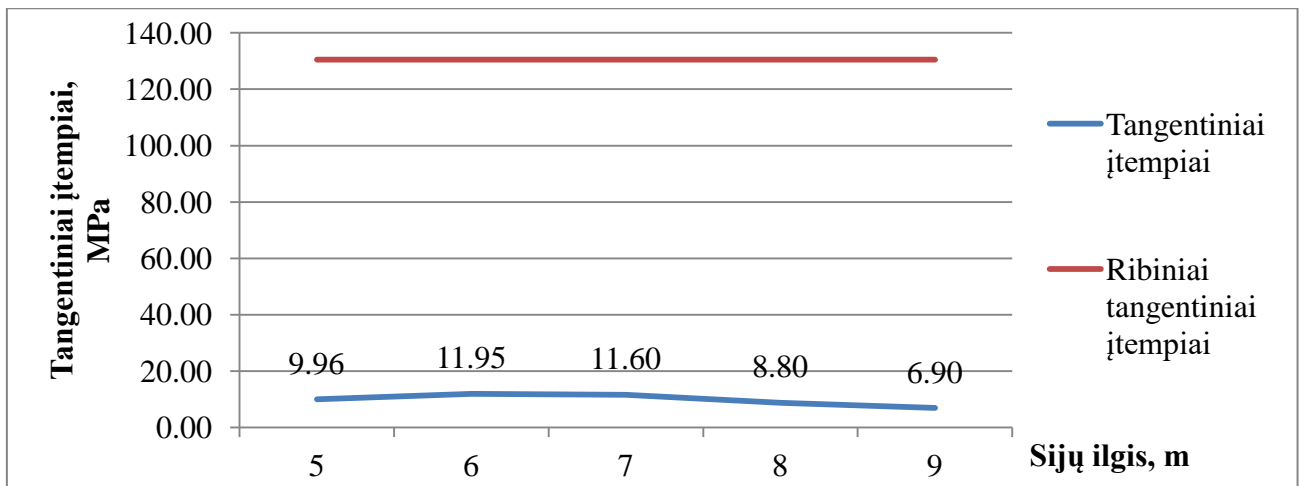
8 lentelė

Perdangų su metalinėmis IPE 160 sijomis stiprumo duomenys

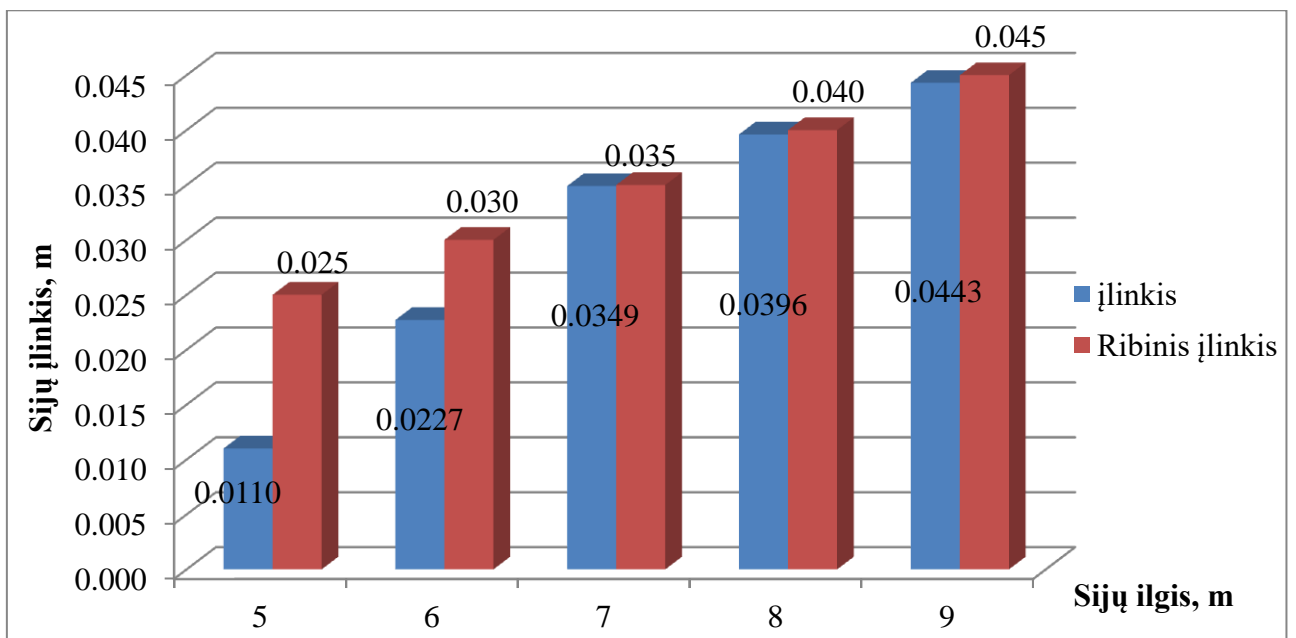
Sijų ilgis, m	Sijų žingsnis b, m	Stiprumas, $M_d/M_{pl,rd} < 1$	Tangentiniai įtempiai $\tau < 130,5 \text{ MPa}$	Įlinkis	Ribinis įlinkis $U=1/200, \text{ m}$
5	1,14	0,37	9,96	0,0110	0,025
6	1,14	0,54	11,95	0,0227	0,030
7	0,95	0,61	11,62	0,0349	0,035
8	0,63	0,52	8,80	0,0396	0,040
9	0,44	0,47	6,90	0,0443	0,045



16 pav. Perdangos su metalinėmis IPE 160 sijomis stiprumo grafikas



17 pav. perdangos su metalinėmis IPE 160 sijomis tangentinių įtempių grafikas



18 pav. Perdangos su metalinėmis IPE 160 sijomis įlinkio grafikas

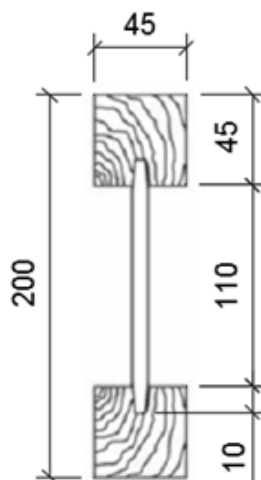
Išvada: 5 m perdanga su metalinėmis sijomis IPE 160, kurios išdėstytos kas 1,14 m, kurią veikė konstrukcijos svoris ir nuolatinė tolygiai paskirstyta apkrova, tenkina stiprumo sąlygą

$$\frac{M_d}{M_{pl,Rd}} = \frac{9,96}{26,73} = 0,37 < 1, \text{ tangentinius įtempius } \tau = 9,96 \text{ MPa} \leq 130,5 \text{ MPa} \text{ bei ribinius įlinkius}$$

$0,01 \text{ m} < 0,025 \text{ m}$. 6 m perdanga su IPE 160 sijomis taip pat išdėstytos kas 1,14 m ir tenkina visus reikalavimus. 5 m perdangos sijos gali būti išdėstytos 2,6 m žingsniu, 6 m perdangos sijos gali būti išdėstytos 1,5 m žingsniu, tačiau žingsnis parinktas 1,14 nes paklotas netenkina lenkiamųjų įtempių sąlygos. 7 m, 8 m ir 9 m perdangos sijos tenkina reikalavimus, didinant žingsnį netenkinama įlinkio sąlyga.

3.3. Perdangos su „STEICO Joist“ SJ45 dvitėjinėmis sijomis stiprumo skaičiavimas

Perdangos medinės dvitėjinės „STEICO Joist“ SJ45 200 sijos išdėstytos kas 0,8 m, tolygiai paskirstyta apkrova $p_d = 1,5 \text{ kN/m}^2$, SJ45 profilio skaičiuotinis ilgis $l_{ef} = 5 \text{ m}$.



19 pav. Medinės dvitėjinės sijos skerspjūvis

9 lentelė

Nuolatinė perdangos apkrova su medinėmis dvitėjinėmis SJ45 sijomis

Pavadinimas	Charakteringoji apkrova kN/m^2	Apkrovos dalinis patikimumo koeficientas	Skaičiuotinė apkrova, kN/m^2
Grindų danga, keraminės plytelės 18 kg/m^2	0,180	1,35	0,243
Išlyginamasis sluoksnis $t=10 \text{ mm}$, 2200 kg/m^3	0,220	1,35	0,297
Durelio plokštė $t=22 \text{ mm}$, 700 kg/m^3	0,154	1,35	0,208
SJ45 200, $c = 600 \text{ mm}$, $2,9 \text{ kg/m}$	0,048	1,35	0,065
Mineralinė vata 100 mm , 40 kg/m^2	0,040	1,35	0,054
Tašeliai $25 \times 45 \text{ mm}$, $c=600 \text{ mm}$, 520 kg/m^3	0,012	1,35	0,016
GKP, 9 kg/m^2	0,090	1,35	0,122
VISO	0,744	1,35	1,004

Skaičiuotinė apkrova apskaičiuojama pagal (1) formulę:

$$p_d = 1,004 + 1,5 = 2,504 \text{ kN/m}^2$$

Tolygiai išskirstyta apkrova tenkanti vienam sijos tiesiniam metrui apskaičiuojama pagal (2) formulę:

$$p = p_d \cdot B = 2,504 \cdot 0,8 = 2,00 \text{ kN/m}$$

Poveikių efektai (įrašos). Skaičiuotiniai poveikių efektai nuolatinei situacijai apskaičiuojami:

- 1) lenkimo momentas pagal (3) formulę

$$M_d = \frac{2 \cdot 5^2}{8} = 6,26 \text{ kNm}$$

2) skersinė jėga pagal (4) formulę

$$V_d = \frac{2 \cdot 5}{2} = 5 \text{ kNm}$$

Dvitėjinio skerspjūvio su fanerine sienele lenkiamojo elemento stiprumas apskaičiuojamas pagal (7) formulę:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} \leq f_{m,g,d}$$

čia: $\sigma_{m,d}$ – skaičiuotinis lenkimo įtempis; M_d – skaičiuotinis lenkiamasis momentas; $f_{m,g,d}$ – skaičiuotinis lenkiamos klijuotosios medienos stipris (stiprumo klasė GL28h); W – skaičiuotinis skerspjūvio atsparumo momentas.

$$W = W_{red}$$

$$W_{red} = \frac{I_{pw,red}}{a_z}; \quad (17)$$

čia: $I_{pw,red}$ – redukuotai fanerai skerspjūvio inercijos momentas; a_z – atstumas nuo redukuotojo skerspjūvio svorio centro iki apmušo viršutinės briaunos.

$$W_{red} = \frac{1,80 \cdot 10^{-6}}{0,004} = 450 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{6,26 \cdot 10^3}{450 \cdot 10^{-6}} = 13,9 \text{ MPa} \leq 14 \text{ MPa}$$

Redukuotasis skerspjūvio inercijos momentas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$I_{pw,red} = I_{pw} + \frac{E}{E_{pw}} \cdot I; \quad (18)$$

čia: I_{pw} – fanerinių apmušų skerspjūvio inercijos momentas; I – išilginių medinių briaunų skerspjūvio inercijos momentas; E – medienos tamprumo modulis; E_{pw} – faneros tamprumo modulis

$$I_{pw,red} = 1,15 + \frac{11}{11,6} \cdot 0,68 = 1,80 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$E = E_{0,mean} = 11 \text{ MPa}; E_{pw} = 11,6 \text{ MPa}$$

Fanerinių apmušų ir išilginių medinių briaunų skerspjūvio inercijos momentai apskaičiuojami pagal (11) formulę

$$I_{pw} = \frac{0,008 \cdot 0,12^3}{12} = 1,15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4;$$

$$I = 2 \cdot \frac{0,045 \cdot 0,045^3}{12} = 0,68 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4.$$

Sienelės kirpimo neutralioje ašyje apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\tau = \frac{V_d S_{pw}}{I_{red} t_w} \leq f_{v,pw,d}; \quad (19)$$

čia: V_d – skaičiuotinė skersinė jėga; S_{pw} – atskeliamo fanerinio apmušo skerspjūvio statinis momentas plokštės neutralios ašies atžvilgiu; t_w – sienelės storis; I_{red} – redukuoto medienai skerspjūvio inercijos momentas; $f_{v,pw,d}$ – skaičiuotinis skeliamos (kerpamos) skersai lukštų faneros stipris.

$$\tau = \frac{5 \cdot 10^3 \cdot 14,4 \cdot 10^{-6}}{1,80 \cdot 10^{-6} \cdot 0,008} = 6,8 \text{ MPa}$$

$$f_{v,pw,d} = \frac{14}{1,2} \cdot 0,6 = 7 \text{ MPa}$$

$$S_{pw} = \frac{0,008 \cdot 0,12^2}{8} = 0,0000144 \text{ m}^3$$

$$\tau \leq f_{v,pw,d}$$

$$6,8 \text{ MPa} < 7 \text{ MPa}$$

Sienelė kirpimo jėgai yra atspari.

Įlinkis, veikiant tolygiai išskirstytai apkrovai, apskaičiuojamas pagal (12) formulę:

$$u = \frac{5 \cdot 1,9 \cdot 10^3 \cdot 5^4}{384 \cdot 11,6 \cdot 10^9 \cdot 1,80 \cdot 10^{-6}} = 0,0005 \text{ m}$$

$$u_{rib} = \frac{l}{250} = \frac{5}{250} = 0,02 \text{ m}$$

$$u \leq u_{rib}$$

$$0,0005 \text{ m} < 0,02 \text{ m}$$

Sijos išdėstomos maksimaliu žingsniu kai perdangos ilgiai yra 6 m, 7 m, 8 m, ir 9 m, apkrova išlieka ta pati.

Skaičiuojamas dvitėjinio skerspjūvio su fanerine sienele lenkiamojo elemento stiprumas apskaičiuojamas pagal (7) formulę:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W} \leq f_{m,g,d}$$

Sienelės kirpimo neutralioje ašyje tikrinimas pagal (19) formulę:

$$\tau = \frac{V_d S_{pw}}{I_{red} t_w} \leq f_{v,pw,d}$$

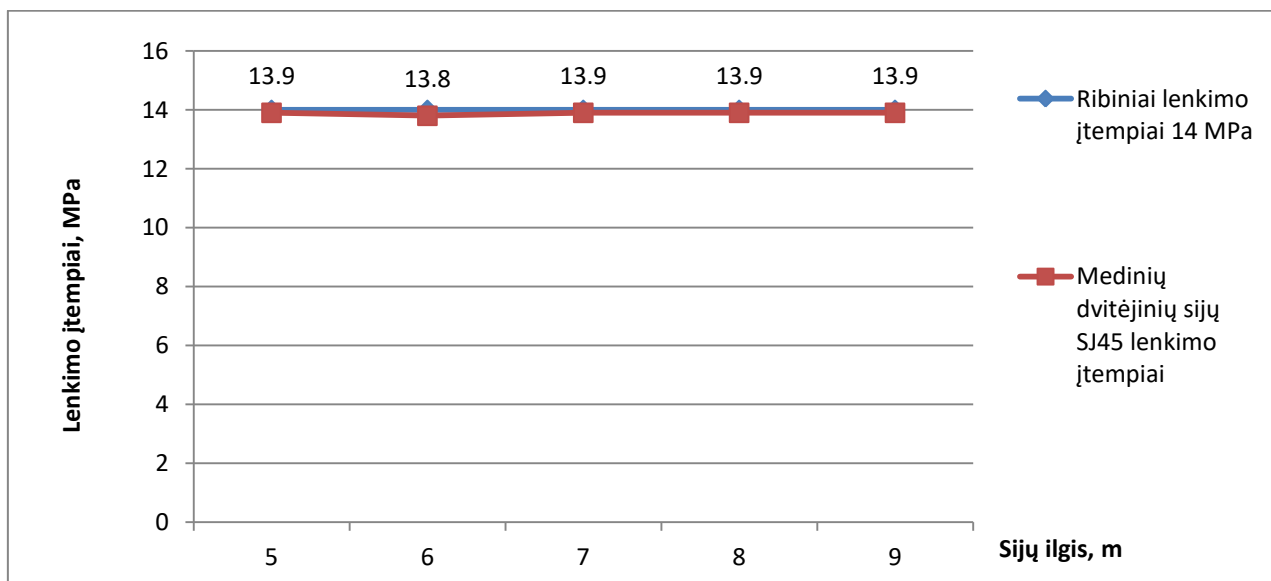
Įlinkis ir ribinis įlinkis apskaičiuojamas pagal (12) ir (13) formules:

$$u \leq u_{rib}$$

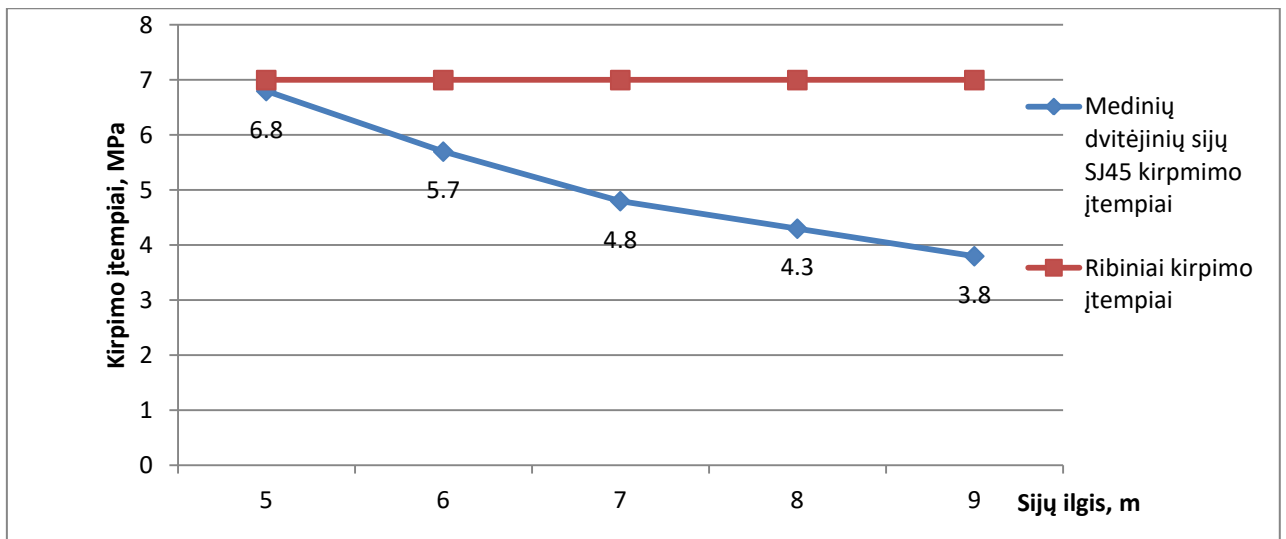
10 lentelė

Perdangų su medinėmis dvitėjinėmis SJ45 sijomis stiprumo duomenys

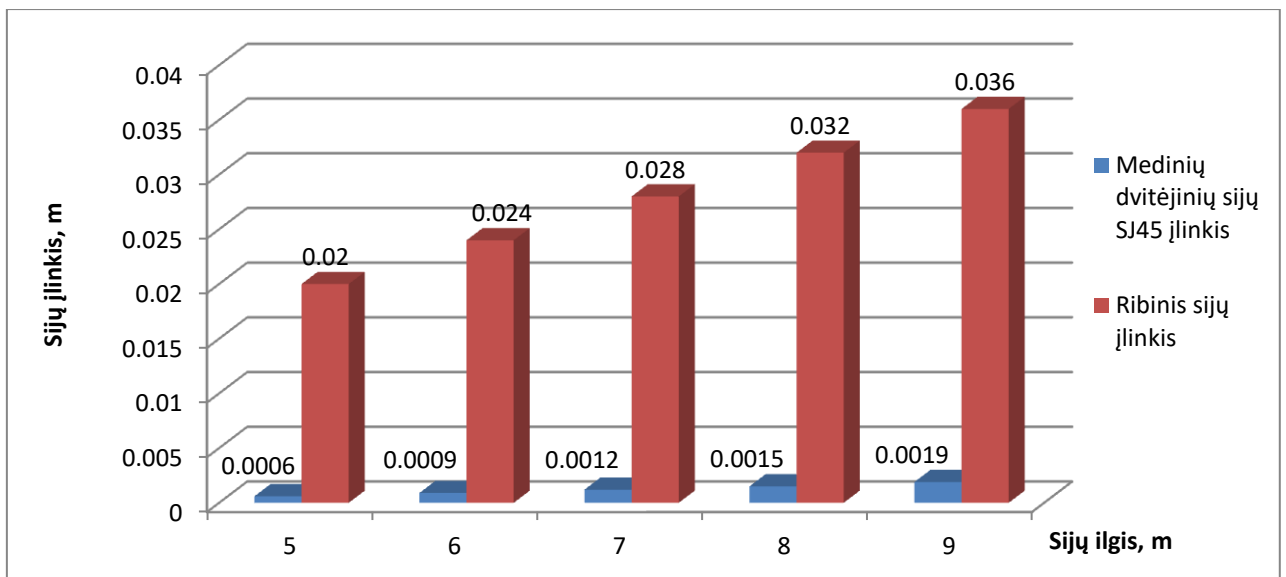
Sijų ilgis, m	Sijų žingsnis b, m	Skaičiuotiniai lenkimo įtempiai $\sigma_{m,d} < 14$ MPa	Skaičiuotiniai kirpimo įtempiai $\tau < 7$ MPa	Įlinkis	Ribinis įlinkis $U=1/200$, m
5	0,80	13,9	6,8	0,0006	0,020
6	0,76	13,8	5,7	0,0009	0,024
7	0,56	13,9	4,8	0,0012	0,028
8	0,43	13,9	4,3	0,0015	0,032
9	0,34	13,9	3,8	0,0019	0,036



20 pav. Perdangų su medinėmis dvitėjinėmis SJ45 sijomis lenkimo įtempių grafikas



21 pav. Perdangų su medinėmis dvitėjinėmis SJ45 sijomis kirpimo įtempių grafikas



22 pav. Perdangų su medinėmis dvitėjinėmis SJ45 sijomis įlinkio grafikas

Išvada: 5 m perdanga su dvitėjėmis medinėmis sijomis „STEICO Joist“ SJ45, kurios išdėstytos kas 0,8 m tenkina stiprumo sąlygą $\sigma_{m,d} = 13,9MPa < 14MPa$, kirpimo stiprio sąlygą $6,8MPa < 7MPa$ bei ribinius įlinkius $0,0006m < 0,02m$. 6 m, 7 m, 8 m ir 9 m sijos tenkina reikalavimus, didinant sijų žingsnį, sijos netenkina lenkimo įtempių sąlygos, o įlinkis yra su didele atsarga.

grafikas

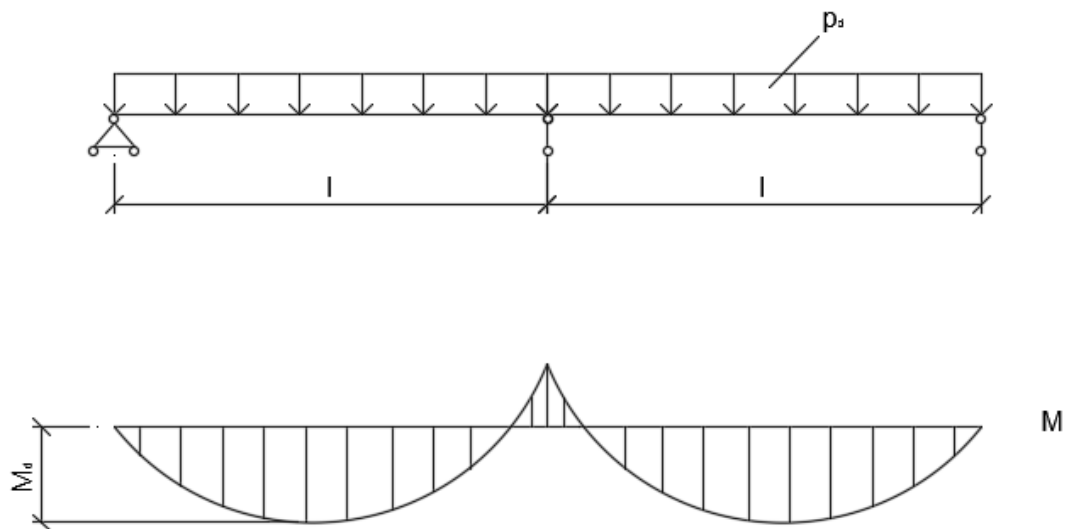
3.4. Pakloto su plokštėmis „DURELIS“ stiprumo skaičiavimas

3.4.1. Perdangos su medinėmis sijomis pakloto skaičiavimas

11 lentelė

Nuolatinė paklotą veikianti apkrova

Pavadinimas	Charakteristinė apkrova kN/m ²	Dalinis patikimumo koeficientas	Skaičiuojamoji apkrova kN/m ²
Grindų danga, keraminės plytelės 18 kg/m ²	0,180	1,35	0,243
Išlyginamasis sluoksnis t=10 mm, 2200 kg/m ³	0,220	1,35	0,297
Durelio plokštė t=22 mm, 690 kg/m ³	0,154	1,35	0,208
Viso	0,554	1,35	0,748



23 pav. Pakloto skaičiuojamoji schema

Skaičiuotinė apkrova apskaičiuojama pagal (1) formulę

$$p_d = 0,748 + 1,5 = 2,248 \text{ kN/m}^2$$

Apskaičiuojamas lenkiamasis momentas pagal (3) formulę

$$M_d = \frac{2,248 \cdot 0,765^2}{8} = 0,164 \text{ kNm}$$

Imame 1 m pločio pakloto juostą. Atsparumo momentas apskaičiuojamas pagal (8) formulę:

$$W_d = \frac{1 \cdot 0,022^2}{6} = 80,6 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

Paklotui naudojama 22 mm „DURELIS“ plokštės, kurios charakteristinis stipris lenkimui $f_{m,k} = 15 \text{ MPa}$.

Kadangi lenkiamojo elemento aukštis yra mažesnis nei 150 mm, tai charakteristinio stiprio reikšmė turi būti koreguojama dauginant iš koeficiento k_k , kuris apskaičiuojamas pagal formulę:

$$k_h = \min \left\{ \left(\frac{150}{h} \right)^{0,2} \right. \\ \left. 1,3 \right\} \quad (20)$$

$$k_h = \min \left\{ \left(\frac{150}{22} \right)^{0,2} = 1,47 \right. \\ \left. 1,3 \right\}$$

$$f_{m,k} = 15 \cdot 1,47 = 22,05 \text{ MPa}$$

Skaičiuojamasis medienos stipris nustatomas pagal (5) formulę:

$$f_{m,d} = \frac{22,05}{1,2} \cdot 0,25 = 4,58 \text{ MPa}$$

Paklotą veikiantys įtempiai apskaičiuojami pagal (7) formulę:

$$\sigma = \frac{0,143 \cdot 10^3}{80,6 \cdot 10^{-6}} = 2,04 \text{ MPa} < 4,58 \text{ MPa}$$

Tikriname pakloto įlinkį pagal (12) formulę:

$$u = \frac{2,13 \cdot 1,5 \cdot 0,675^4}{384 \cdot 2,6 \cdot 10^9 \cdot 0,887 \cdot 10^{-6}} = 0,0014 \text{ m}$$

$$u_u = 0,0045 \text{ m}$$

$$0,0014 \text{ m} < 0,0045 \text{ m}$$

Išvada: pagal medinės sijos maksimalų žingsnį paklotas yra parenkamas 22 mm storio plokštės. Plokštės tenkina įtempius $\sigma = 2,04 \text{ MPa} < 4,58 \text{ MPa}$ ir įlinkius – $u = 0,0014 \text{ m} < 0,0045 \text{ m}$.

3.4.2. Perdangos su metalinėmis IPE 160 sijomis pakloto skaičiavimas

Skaičiuotinė apkrova apskaičiuojama pagal (1) formulę:

$$p_d = 0,748 + 1,5 = 2,248 \text{ kN/m}^2$$

Apskaičiuojamas lenkiamasis momentas su IPE 160 sijomis pagal (3) formulę:

$$M_d = \frac{2,248 \cdot 1,2^2}{8} = 0,365 \text{ kNm}$$

Imame 1 m pločio pakloto juostą. Atsparumo momentas apskaičiuojamas pagal (8) formulę:

$$W_d = \frac{1 \cdot 0,022^2}{6} = 80,6 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

Paklotui naudojama 22 mm „DURELIS“ plokštės, kurios charakteristinis stipris lenkimui $f_{m,k} = 15 \text{ MPa}$.

Skaičiuojamasis medienos stipris nustatomas pagal [16] 6.3 formulę:

$$f_{m,d} = \frac{22,05}{1,2} \cdot 0,25 = 4,58 \text{ MPa}$$

Paklotą veikiantys lenkiamieji įtempiai apskaičiuojami pagal (7) formulę:

$$\sigma = \frac{0,365 \cdot 10^3}{80,6 \cdot 10^{-6}} = 4,53 < 4,58 \text{ MPa}$$

Tikriname pakloto įlinkį pagal (12) formulę:

$$u = \frac{2,13 \cdot p_k \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I} \leq u_u$$

$$u = \frac{2,13 \cdot 1,73 \cdot 1,14^4}{384 \cdot 2,6 \cdot 10^9 \cdot 0,887 \cdot 10^{-6}} = 0,007 \text{ m}$$

$$u_u = 0,008 \text{ m}$$

$$0,007 \text{ m} < 0,008 \text{ m}$$

Išvada: pagal IPE 160 sijų maksimalų žingsnį paklotas parenkamas 22 mm storio plokštė. Plokštė tenkina įtempius $\sigma = 4,53 \text{ MPa} < 4,58 \text{ MPa}$ ir įlinkis – $u = 0,007 \text{ m} < 0,008 \text{ m}$.

3.4.3. Perdangos su medinėmis dvitėjinėmis SJ45 sijomis pakloto skaičiavimas

Skaičiuotinė apkrova apskaičiuojama pagal (1) formulę:

$$p_d = 0,748 + 1,5 = 2,248 \text{ kN/m}^2$$

Apskaičiuojamas lenkiamasis momentas su SJ45 sijomis pagal (3) formulę

$$M_d = \frac{2,248 \cdot 0,8^2}{8} = 0,18 \text{ kNm}$$

Imame 1 m pločio pakloto juostą. Atsparumo momentas apskaičiuojamas pagal (8) formulę:

$$W_d = \frac{1 \cdot 0,022^2}{6} = 80,6 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

Paklotui naudojama 22 mm „DURELIS“ plokštės, kurios charakteristinis stipris lenkimui $f_{m,k} = 15 \text{ MPa}$.

Paklotą veikiantys įtempiai apskaičiuojami pagal (7) formulę:

$$\sigma = \frac{0,18 \cdot 10^3}{54 \cdot 10^{-6}} = 2,23 \text{ MPa} < 5,25 \text{ MPa}$$

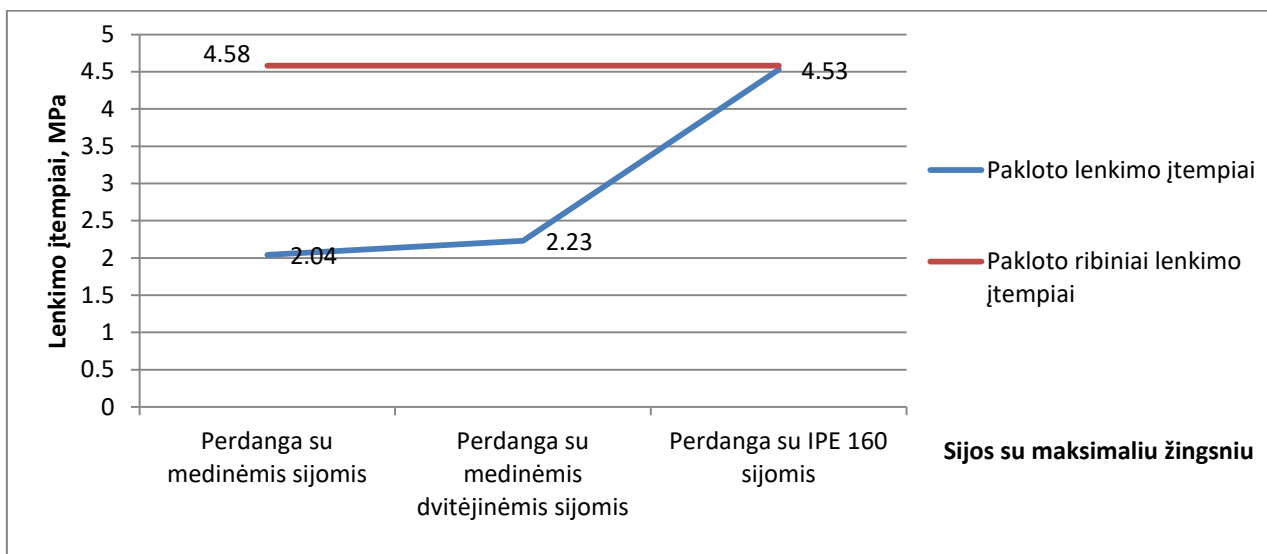
Tikriname pakloto įlinkį pagal (12) formulę:

$$u = \frac{2,13 \cdot 1,73 \cdot 1,2^4}{384 \cdot 2,7 \cdot 10^9 \cdot 0,486 \cdot 10^{-6}} = 0,0031 \text{ m}$$

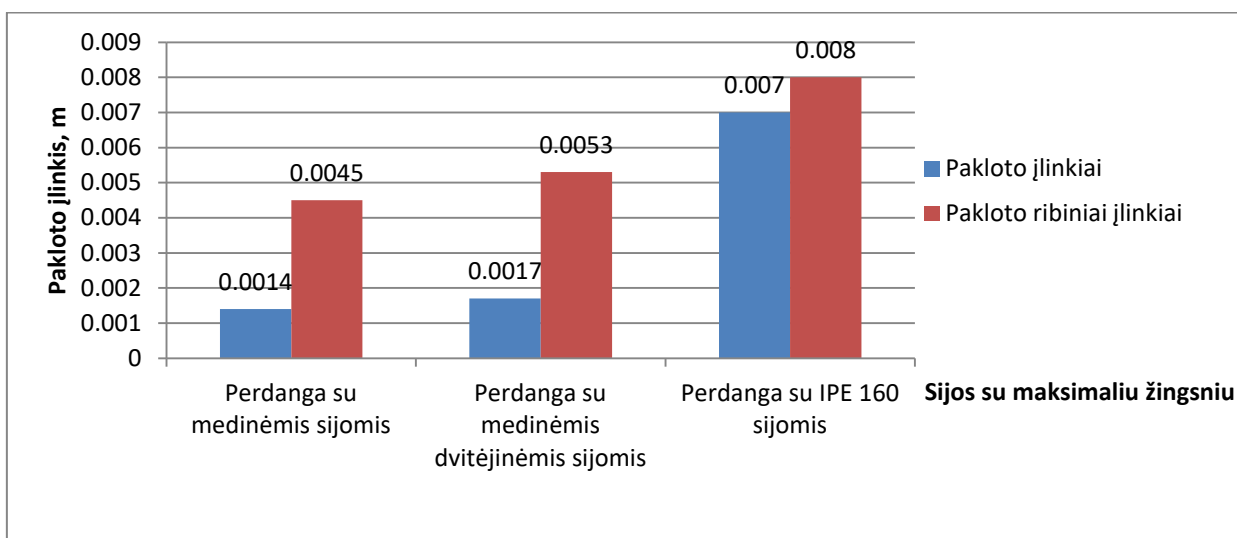
$$u_u = 0,0053 \text{ m}$$

$$0,0017 \text{ m} < 0,0053 \text{ m}$$

Išvada: pagal maksimalų medinių dvitėjinių sijų žingsnį paklotas yra parenkamas 22 mm storio plokštės. Plokštės tenkina įtempius $\sigma = 2,23MPa < 4,58MPa$ ir įlinkius – $u = 0,0017m < 0,0053m$.



24 pav. Pakloto lenkimo įtempių grafikas



25 pav. Pakloto įlinkių grafikas

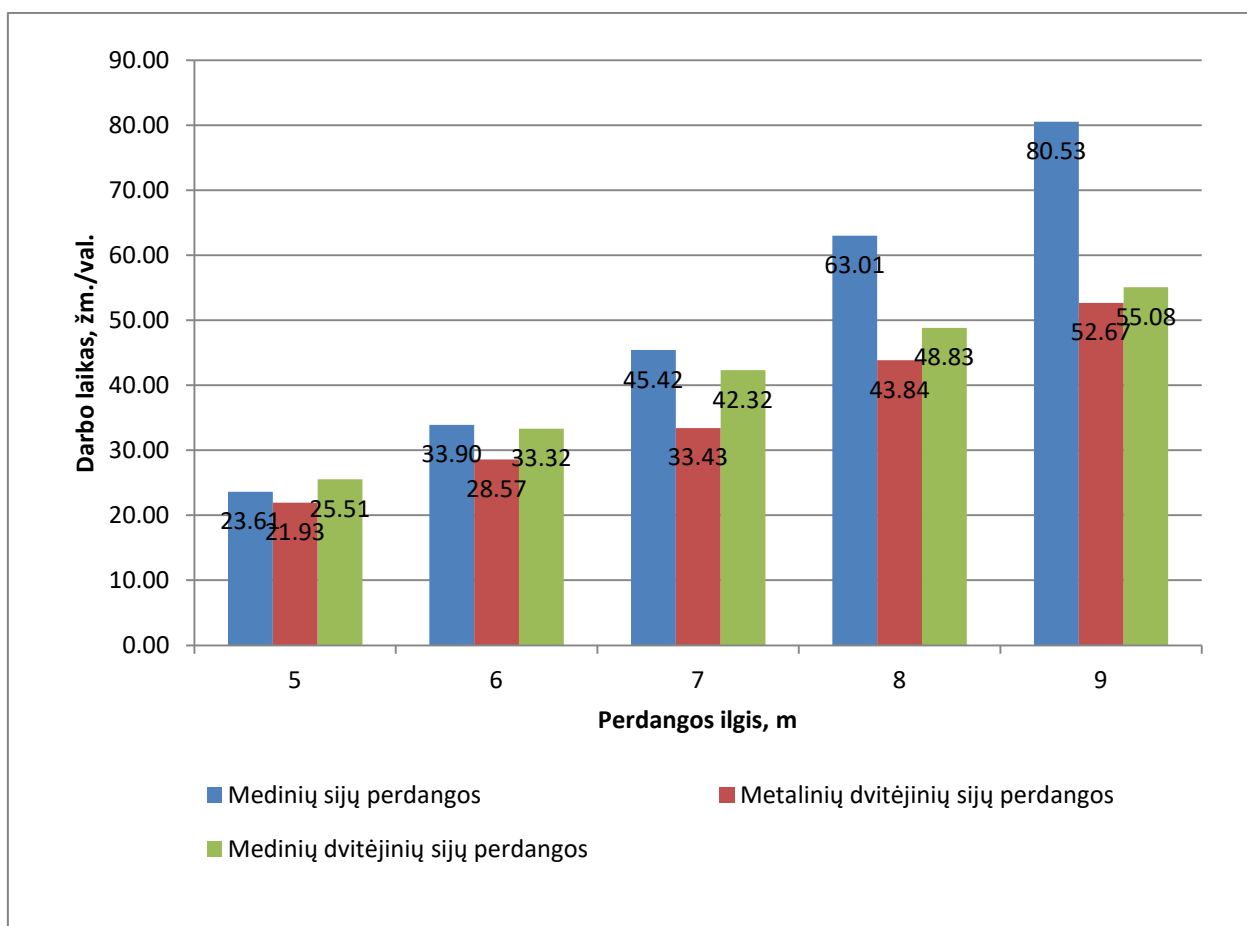
3.5. Perdangų pagaminimo darbo sąnaudos

Darbo sąnaudos ir kaina buvo skaičiuojama sąmatos programa „Sistela“. Darbų kiekiai parinkti be apdailos ir išlyginamojo sluoksnio dėl gabenimo. Transportavimo metu dėl vibracijos dažniausiai išlyginamasis sluoksnis sutrukinėja, o plytelės atšoka nuo pagrindo. Tokie darbai atliekami sumontavus perdangas objekte.

12 lentelė

Reikalingas laikas pagaminti perdangai, žm./val.

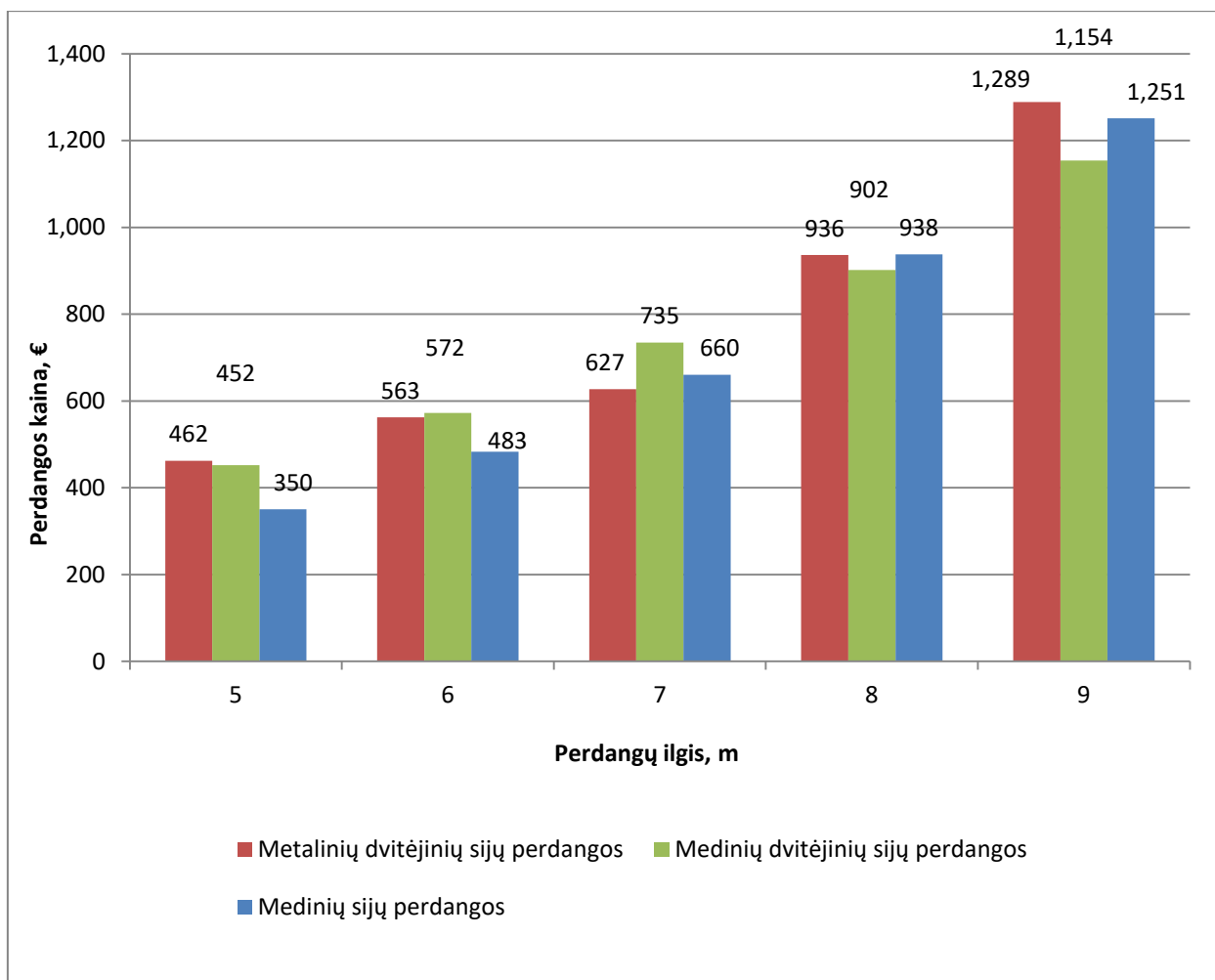
Perdangos ilgis, m	Medinių sijų perdangos	Metalinių dvitėjinių sijų perdangos	Medinių dvitėjinių sijų perdangos
5	23,61	21,93	25,51
6	33,90	28,57	33,32
7	45,42	33,43	42,32
8	63,01	43,84	48,83
9	80,53	52,67	55,08



26 pav. Perdangų pagaminimo laikas, kai perdangas gamina 1 žmogus

Perdangų kainos, €

Perdangos ilgis, m	Medinių sijų perdangos	Metalinių dvitėjinių sijų perdangos	Medinių dvitėjinių sijų perdangos
5	350,42	462,32	452,13
6	483,19	562,59	572,19
7	660,27	627,38	734,83
8	938,19	936,49	902,19
9	1251,19	1288,98	1153,92



27 pav. Perdangų kainos

3.6. Optimalaus varianto parinkimas naudojant saw metodą

SAW – Simple Additive Weighting (MacCrimmon, 1968) metodas yra geriausiai žinomas, vienas iš paprastesnių ir plačiausiai naudojamų daugiakislės selektonovacijos metodų. Taikant šį metodą, išieties duomenys yra sprendimų matrica P ir kiekvieno efektyvumo rodiklio reikšmingumas q_i . Sprendžiant šiuo metodu, visų reikšmingumų suma turi būti lygi vienetui [24].

$$\sum_{i=1}^n q_i = 1; \quad (19)$$

Rodikliais gali būti: pastato statybos trukmė, darbininkų užimtumo skaičius, bendrosios darbo sąnaudos, darbo užmokestis ir t.t.

Šiuo metodu sprendžiama taip:

1. Sprendimų matrica normalizuojama – matrica perdirbama, norint suvienodinti rodiklių dimensijas arba kitaip pakeisti jų reikšmes, nekeičiant santykio tarp atskirų rodiklių.

Sprendimų matrica normalizuojama pagal formules:

$$\overline{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{ij}^{\max}}, \text{ jei matricos nariai yra maksimizuojami}; \quad (20)$$

$$\overline{x}_{ij} = \frac{x_{ij}^{\min}}{x_{ij}}, \text{ jei norima minimizuoti}. \quad (21)$$

2. Jau normalizuotos matricos kiekvienas narys dauginamas iš jo reikšmingumo q_i ir sudedamas su kitais gautais alternatyvos (eilutės) nariais. Pateikiama matematinė variantų racionalumo išraiška:

$$A = \left\{ A_i \left| \max_i \sum_{i=1}^n q_i \cdot \overline{x}_{ij} \right. \right\} \quad (22)$$

3. Išdėliojama prioritetų eilutė.

Tyriamajame darbe yra palyginta tryjų skirtingų perdangų laikančiųjų konstrukcijų įrengimo variantai:

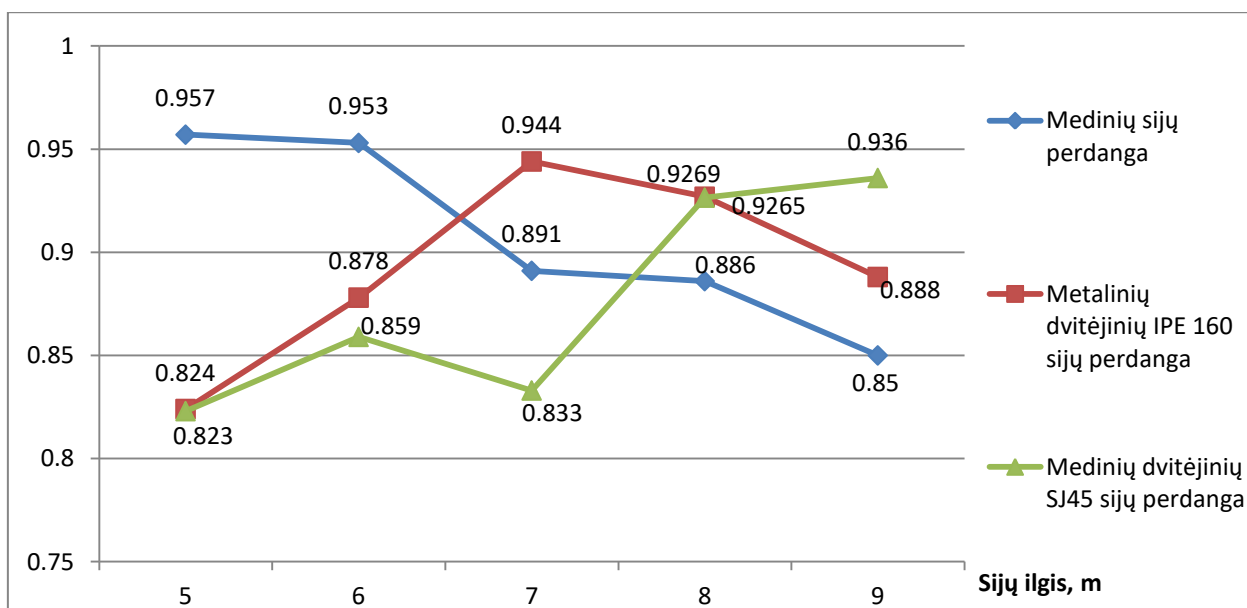
1. Medinių sijų perdangos;
2. Metalinių dvitėjinių IPE 160 sijų perdangos;
3. Medinių dvitėjinių SJ45 sijų perdangos.

Sprendimų priėmimo matricos, kai perdanga yra 5 m, 6 m, 7 m, 8 m, 9m ilgio

	Darbu sąnaudos, žm. val.	Darbo užmokestis, €	Perdangos kaina, €
5 m perdanga			
Medinių sijų perdanga	23,61	26,33	350,42
Metalinių dvitėjinių IPE 160 sijų perdanga	21,93	23,15	462,32
Medinių dvitėjinių SJ45 sijų perdanga	25,51	33,59	452,13
Q _i efektyvumo rodiklis	0,3 min	0,1 max	0,6 min
6 m perdanga			
Medinių sijų perdanga	33,90	44,18	483,19
Metalinių dvitėjinių IPE 160 sijų perdanga	28,57	27,73	562,59
Medinių dvitėjinių SJ45 sijų perdanga	33,32	41,99	572,19
Q _i efektyvumo rodiklis	0,3 min	0,1 max	0,6 min
7 m perdanga			
Medinių sijų perdanga	45,42	73,67	660,27
Metalinių dvitėjinių IPE 160 sijų perdanga	33,43	32,43	627,38
Medinių dvitėjinių SJ45 sijų perdanga	42,32	61,84	734,83
Q _i efektyvumo rodiklis	0,3 min	0,1 max	0,6 min
8 m perdanga			
Medinių sijų perdanga	63,01	126,25	938,19
Metalinių dvitėjinių IPE 160 sijų perdanga	43,84	61,73	936,49
Medinių dvitėjinių SJ45 sijų perdanga	48,83	72,14	902,19
Q _i efektyvumo rodiklis	0,3 min	0,1 max	0,6 min
9 m perdanga			
Medinių sijų perdanga	80,53	189,91	1251,19
Metalinių dvitėjinių IPE 160 sijų perdanga	52,67	97,19	1288,98
Medinių dvitėjinių SJ45 sijų perdanga	55,08	92,76	1153,92
Q _i efektyvumo rodiklis	0,3 min	0,1 max	0,6 min

Normalizuotos sprendimų matricos ir alternatyvos, kai perdangos 5 m, 6 m, 7 m, 8 m, 9 m ilgio

				Alternatyvos
5 m perdangos				
Medinių sijų perdanga	0,929	0,784	1	0,957
Metalinių dvitėjinių IPE 160 sijų perdanga	1	0,689	0,758	0,824
Medinių dvitėjinių SJ45 sijų perdanga	0,860	1	0,775	0,823
6 m perdangos				
Medinių sijų perdanga	0,843	1	1	0,953
Metalinių dvitėjinių IPE 160 sijų perdanga	1	0,628	0,859	0,878
Medinių dvitėjinių SJ45 sijų perdanga	0,857	0,950	0,845	0,859
7 m perdangos				
Medinių sijų perdanga	0,736	1	0,95	0,891
Metalinių dvitėjinių IPE 160 sijų perdanga	1	0,440	1	0,944
Medinių dvitėjinių SJ45 sijų perdanga	0,790	0,839	0,854	0,833
8 m perdangos				
Medinių sijų perdanga	0,696	1	0,962	0,886
Metalinių dvitėjinių IPE 160 sijų perdanga	1	0,489	0,963	0,9269
Medinių dvitėjinių SJ45 sijų perdanga	0,898	0,571	1	0,9265
9 m perdangos				
Medinių sijų perdanga	0,654	1	0,922	0,850
Metalinių dvitėjinių IPE 160 sijų perdanga	1	0,512	0,888	0,888
Medinių dvitėjinių SJ45 sijų perdanga	0,956	0,488	0,936	0,936



28 pav. Perdangų alternatyvų diagrama

IŠVADOS

1. Ištyrus 5 m perdanga su medinėmis sijomis 45x245 mm, kurios buvo išdėstytos kas 0,675 m, kurią veikė konstrukcijos svoris ir nuolatinė tolygiai paskirstyta apkrova, tenkina stiprumo sąlygą $\sigma_{m,d} = 11,98MPa < 12MPa$, kirpimo stiprio sąlygą $\tau_d = 0,59MPa < 1,25MPa$ bei ribinius įlinkius $0,017m < 0,02m$, daugiau didinant atstumą yra nebetenkinama lenkimo įtempių sąlyga. Maksimaliai išdėsčius 6 m, 7 m, 8 m ir 9 m sijas lenkimo įtempių sąlyga tenkinama, tačiau didinant atstumą tarp sijų netenkinama įlinkio sąlyga.
2. Ištyrus 5 m perdangą su metalinėmis sijomis IPE 160, kurios išdėstytos kas 1,14 m, kurią veikė konstrukcijos svoris ir nuolatinė tolygiai paskirstyta apkrova, tenkina stiprumo sąlygą $\frac{M_d}{M_{pl,Rd}} = 0,37 < 1$, tangentinis įtempis $\tau = 9,96MPa \leq 130,5MPa$ bei ribinius įlinkius $0,011m < 0,025m$. 6 m perdanga su IPE 160 sijomis taip pat išdėstytos kas 1,14 m ir tenkina visus reikalavimus. 5 m perdangos sijos gali būti išdėstytos 2,6 m žingsniu, 6 m perdangos sijos gali būti išdėstytos 1,5 m žingsniu, tačiau žingsnis parinktas 1,14 nes paklotas netenkina lenkiamųjų įtempių sąlygos. 7 m perdangos sijos yra išdėstomos kas 0,95 m, 8 m – 0,63 m, 9 m – 0,44 m, daugiau didinant atstumą tarp sijų 7 m, 8 m ir 9 m perdangoms yra netenkinama įlinkio sąlyga.
3. Ištyrus 5 m perdanga su dvitėjėmis medinėmis sijomis „STEICO Joist“ SJ45, kurios išdėstytos kas 0,8 m tenkina stiprumo sąlygą $\sigma_{m,d} = 13,9MPa < 14MPa$, kirpimo stiprio sąlygą $6,8MPa < 7MPa$ bei ribinius įlinkius $0,0006m < 0,02m$. Išvada: 5 m perdanga su dvitėjėmis medinėmis sijomis „STEICO Joist“ SJ45, kurios išdėstytos kas 0,8 m tenkina stiprumo sąlygą $\sigma_{m,d} = 13,9MPa < 14MPa$, kirpimo stiprio sąlygą $6,8MPa < 7MPa$ bei ribinius įlinkius $0,0006m < 0,02m$. 6 m perdangos sijos maksimaliai gali būti išdėstytos kas 0,76 m, 7 m – 0,56 m, 8 m – 0,43 m, 9 m – 0,34 m, daugiau didinant atstumą tarp sijų yra netenkinama lenkimo įtempių sąlyga, o įlinkis yra su didelę atsarga.
4. Apskaičiavus paklotą veikiančias apkrovas buvo parinktos plokštės „DURELIS“ 22 mm storio. Perdangos su medinėmis sijomis, kurių maksimalus žingsnis – 0,675 m, pakloto plokštės tenkina lenkimo įtempis $\sigma = 2,04MPa < 4,58MPa$ ir įlinkius – $u = 0,0014m < 0,0045m$ ir yra su atsarga. Perdangos su IPE 160 sijomis, kurių maksimalus žingsnis – 1,14 m, pakloto plokštės tenkina lenkimo įtempis $\sigma = 4,53MPa < 4,58MPa$ ir įlinkis – $u = 0,007m < 0,008m$. Daugiau didintan atstumą tarp sijų plokštė netenkina

įtempių. Perdangos su medinėmis dvitėjinėmis SJ45 sijomis, kurių maksimalus žingsnis – 0,8 m, pakloto plokštės tenkina lenkimo įtempius $\sigma = 2,23MPa < 4.58MPa$ ir įlinkius – $u = 0,0017m < 0,0053m$ ir turi didelę atsarga.

5. Dirbant vienam žmogui greičiausiai pagaminamos perdangos, kurioms naudojamos metalinės dvitėjinės IPE 160 sijos. Antra pagal greitį 5 m perdanga – medinių sijų, trečia – medinių dvitėjinių SJ45 sijų perdanga. Antros pagal pagaminimo laiką 6-9 m perdangos yra medinių dvitėjinių SJ45 sijų perdangos, trečios – 6-9 m perdangos yra medinių sijų perdangos.
6. Pagal gautus rezultatus, pigiausia 5 m perdanga yra medinių sijų, kurios kaina 350 €, 6 m – medinių sijų perdanga, kurios kaina 483 €, 7 m – metalinių dvitėjinių IPE 160 sijų perdanga, kurios kaina 627 €, 8 m – medinių dvitėjinių SJ45 sijų perdanga, kurios kaina 902 €, 9 m – medinių dvitėjinių SJ45 sijų perdanga, kurios kaina 1154 €.
7. Lyginant perdangos konstrukcijas SAW metodu buvo parinktas optimalus variantas. Įvertinus kriterijus buvo parinkti optimalūs sprendimai: 5 m ir 6 m medinių sijų perdangos, 7 m ir 8 m – metalinių dvitėjinių IPE 160 sijų perdangos, 9 m – medinių dvitėjinių SJ45 sijų perdanga.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Klasteris. Medinės statybos grupė [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-12-18] Prieiga per internetą: <<http://www.klasteris.lt/is.php?modulioid=309&id=1>>.
2. Chicago tribune [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-12-18] Prieiga per internetą: <<http://www.chicagotribune.com/bluesky/series/chicago-innovations/chi-balloon-frame-construction-1833-innovations-bsi-series-story.html>>.
3. Statybų ir būsto gidas [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-12-18] Prieiga per internetą: <<http://lt.lt.allconstructions.com/portal/categories/117/1/0/1/article/2458/mitai-apie-medinius-namus>>.
4. Klasteris. Medinės statybos grupė [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-12-18] Prieiga per internetą: <<http://www.klasteris.lt/is.php?modulioid=321&id=1>>.
5. UAB „Kriautė” [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-12-18]. Prieiga per internet: <<http://www.kriaute.lt/>>.
6. Skydiniai namai [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-12-18]. Prieiga per internetą: <<http://gildera.lt/skydiniai-namai/>>.
7. Perdangų tipai, savybės ir pasirinkimas. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-12-18]. Prieiga per internetą: <http://www.supernamai.lt/perdangu_tipai_savybes_ir_pasirinkimas/>.
8. European technical approval ETA-06/0238 [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-12-18]. Prieiga per internetą: <http://www.hesora.lt/steico/sertifikatai/STEICO_I-joists_ETA_-_European_Technical_Approval_-_english_version.pdf>.
9. Durelis [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-12-18]. Prieiga per internetą: <<http://www.delmint.com/uploads/image/PRISEGTUKAI/PLOKSTES/Durelis-populair.pdf>>.
10. Statyba jums. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-12-18] Prieiga per internetą: <<http://www.statybajums.lt/temos/mediena-gaminiai-pirtys/kalibruota-mediena>>.
11. Vilniaus Gedimino Technikos Universitetas [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-12-18] Prieiga per internetą: <<http://iti.vgtu.lt/imitacijosmain/Showobjektas.aspx?objid=120>>.
12. Statyba [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-12-18] Prieiga per internetą: <<http://www.statyba.info/content/view/81/80/>>.
13. Karkasiniai namai [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-12-18]. Prieiga per internetą: <<http://www.manonamai.lt/daraupats/apdaila/iso-res-apdaila/karkasiniai-namai-siuolaikine-muro-alternatyva.d?id=67343996>>
14. Klasteris. Medinės statybos grupė [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-12-18] Prieiga per internetą: <<http://www.klasteris.lt/is.php?modulioid=294&id=1>>

15. ST 121895674.205.01.05:2012 Medinių konstrukcijų įrengimas
16. STR 2.05.07:2005. Medinių konstrukcijų projektavimas.
17. STR 2.05.08:2005. Plieninių konstrukcijų projektavimas. Pagrindinės nuostatos.
18. STR 2.01.07:2003. Pastatų vidaus ir išorės aplinkos apsauga nuo triukšmo.
19. STR 2.05.04:2003. Poveikiai ir apkrovos.
20. STR 2.01.01(3):1999 Esminiai statinio reikalavimai. Higiena, sveikata, aplinkos apsauga.
21. STR 2.01.02:2016 Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas.
22. Mitrifanovas E. Medinių skydinių karkasinių namų rinkos analizė Lietuvoje. Magistro darbas. ŠU – Šiauliai 2009.
23. J.Porteous. Wood Composites: Composite section I-beams [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-12-18]. Prieiga per internetą:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781782424543000093>>.
24. Simanavičienė R., Quantitative multicriteria decision making methods application problems. 11-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ straipsnių rinkinys. VGTU Vilnius 2008. 101-107 p.
25. Parvickaitė K. Medinių konstrukcijų naujų sprendinių taikymo Lietuvoje galimybės. 14-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ straipsnių rinkinys. VGTU Vilnius 2011. 85-90 p.
26. Dragūnas A. Skydinių namų konstrukcijų ir jų apkrovų analizė. Technologijų ir verslo aktualijos – 2016, pranešimų medžiaga, Lietuva, Panevėžys, 2016 balandžio 15. 81-87 p.