



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS

Ramūnas Bundzinskas

GEGNĖS IĻINKIO ATSIŽVELGIANT Į SKERSPJŪVĮ TYRIMAS

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas
lekt. dr. Danas Garuckas

PANEVĖŽYS, 2017

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS

GEGNĖS IĻINKIO ATSIŖVELGIANT Į SKERSPJŪVĮ TYRIMAS

Baigiamasis magistro projektas
Studijų programos pavadinimas (621J80001)

Vadovas

(parašas) lekt. dr. Danas Garuckas
(data)

Recenzentas

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

Projektą atliko

(parašas) Ramūnas Bundzinskas
(data)

PANEVĖŽYS, 2017

Bundzinskas, Ramūnas. Gegnės įlinkio atsižvelgiant į skerspjūvį tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas lekt. dr. Danas Garuckas; Kauno technologijos universitetas, Panevėžio technologijos ir verslo fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Statybos inžinerija.

Reikšminiai žodžiai: mediena.

Panevėžys, 2017. 47 p.

SANTRAUKA

Baigiamajame magistro darbe tiriamas gegnės įlinkis priklausomai nuo skerspjūvio ir pagamintos medžiagos. Mediena yra statybinė medžiaga per daugelį metų sukurta gyvos gamtos, naudojant pastovią saulės energiją. Medžiai yra seniausi augalai. Mūsų klimatinėje juostoje medžio kamienas iki tinkamo statyboje naudoti dydžio išauga per 100 ir daugiau metų. Todėl medieną reikia naudoti racionaliai [1].

Tiriamų gegnių bandinių matmenys: aukštis 150 mm, ilgis 600 mm, plotis 50 mm. Iš viso ištirti 32 bandiniai. Darbe panaudoti 7 skirtingi komponentai gegnės įlinkiui pagerinti: 1,5 mm ir 3 mm storio skardos lakštai, 6,8, 10 mm storio orientuotų skiedrų plokštė (OSB), ir 5 mm storio medžio plaušo plokštė (MPP kartonas).

Bundzinskas, Ramūnas. Joist Deflection Depending On The Cross-section Research. Master's final project / supervisor assoc. lekt. dr Danas Garuckas. The Faculty of technology and business in Panevėžys, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Civil Engineering.

Key words: wood.

Panevėžys, 2017. 47 p.

SUMMARY

The master thesis studied the joist deflection, depending on the cross section and produced material. Wood is a building material over the years created by the nature, using fixed solar energy. Trees are the oldest plants. In our climatic zone, tree trunk to an appropriate size to use in construction growing 100 year or more. That's why we should use wood ration [1].

Dimensions of examined joist samples: height 150 mm, length 600 mm, width 50 mm. Total 32 samples. It was used 7 different components to improve the joist deflection: 1,5 and 3 mm thick sheets of tin, 6, 8, 10 mm thick oriented strand board (OSB), and 5 mm thick wood fiber panel (MPP cardboard).

TURINYS

TURINYS.....	7
ĮVADAS.....	9
LITERATŪROS APŽVALGA	10
2. GEGNĖ KAIP TYRIMO OBJEKTAS	13
2.1 Tyrimo objektas, naudotos medžiagos.....	13
2.2 Bandinių paruošimas.....	14
2.3 Medienos atpažintis ir klasifikacija	15
2.4 Medienos standartų analizė.....	16
2.5 Medienos įlinkio stiprio tyrimas ir analitinės formulės	17
2.6 Laboratorinė įranga.....	20
3. LENKIAMŲ GEGNIŲ BANDINIŲ TYRIMO REZULTATAI	21
3.1 Medinių gegnių Nr. 1–4 tyrimo rezultatai	21
3.2 Gegnių su skardos 1,5 mm priedu Nr. 5–8 tyrimo rezultatai.....	22
3.3 Gegnių su skardos 3 mm priedu Nr. 9–12 tyrimo rezultatai.....	23
3.4 Gegnių su OSB 6 mm priedu Nr. 13–16 tyrimo rezultatai	25
3.5 Gegnių su OSB 8 mm priedu Nr. 17–20 tyrimo rezultatai	26
3.6 Gegnių su OSB 10 mm priedu Nr. 21–24 tyrimo rezultatai	27
3.7 Gegnių su kartono 5 mm priedu Nr. 25–28 tyrimo rezultatai.....	29
3.8 Gegnių su kartono 5 mm trigubu priedu Nr. 29–32 tyrimo rezultatai	30
3.9 Eksperimentinis standumas lenkimui	31
4. LENKIAMŲ GEGNIŲ TYRIMO REZULTATŲ ANALIZĖ	35
4.1 Lenkiamų gegnių tyrimo rezultatų suvestinė.....	35
4.2 Gniuždomųjų jėgų palyginimas	37
4.3 Gniuždomo stiprio palyginimas.....	38
4.4 Bandinių kainų palyginimas	39
4.5 Bandinių svorių palyginimas	40

4.6 Bandinių medžiagų tankių palyginimas.....	41
4.7 Įlinkio priklausomybė nuo gegnės ilgio.....	42
IŠVADOS.....	45
LITERATŪRA.....	46
PRIEDAI.....	47

IVADAS

Šiuolaikinėje statyboje mediena turi labai svarbų vaidmenį, be jos neįmanoma apsieiti. Statyboje naudojama mediena skiriama į apvalią ir pjautinę medieną. Konstrukcijų gamybai naudojama tiek apvali, tiek pjautinė mediena. Mediniai rąstai žiūrint į standartą skirstomi pagal skersmenis rąsto pabaigoje. Kai rąsto skersmuo yra apie 6–12 cm, tai rąstas smulkus, kai skersmuo 14–24 cm, tai rąstas vidutinis, kai daugiau nei 26 cm, rąstai stambūs. Medinių rąstų ilgis paprastai būna apie 4–6,5 m, ilgio gradacijos kas 0,5 m, o skersmens gradacija kas 2 cm. Reikėtų paminėti, kad prie apvalios miško medienos priskiriami ir pusrąščiai, tai rąsto dalys, gaunamos perpjovus rąstą išilgai. Pjautinė mediena – išilgai pjaustant ar smulkinant rąstus gauti medienos gabalai. Ji skirstoma į tašus, tašelius, lentas. Pjautinės medienos ilgis būna nuo 1 iki 6 m, o ilgio gradacija kas 0,25 m.

Iškyla klausimas, kodėl mediena tokia vertinga. Atsakymą galėtume padalyti į dvi grupes – tai gerąsias medienos savybes ir blogąsias. Gerosios medienos savybės: 1. Didelis stiprumas, kuris ypač pasireiškia gniuždant ir lenkiant. 2. Maža tūrio masė. 3. Paprastas apdorojimas. 4. Galimybė tuoj pat eksploatuoti, tai paprastina statybos darbus. 5. Lengvas demonstravimas ir pakartotinis panaudojimas. Tobuli sujungimo mazgai leidžia išardyti ir vėl surinkti elementą. 6. Geras estetiškas vaizdas. 7. Greita statyba. Naudojant surenkamus elementus, montavimas vyksta labai sparčiai. 8. Fizinės savybės – mažas šilumos laidumas, gera garso izoliacija, mažas temperatūrinis plėtimosi koeficientas ir dielektrinės savybės. 9. Didelis ilgaamžiškumas. Gerai sukonstruotos, pastatytos ir eksploatuojamos konstrukcijos tarnauja ne mažiau kaip 50 metų, tačiau eksploatavimo laikas gali būti skaičiuojamas ir šimtais metų. 10. Geras kompleksinis panaudojimas su kitomis medžiagomis. Mediena dažniausiai naudojama su metalu ir plastikais, tuo būdu maksimaliai išnaudojant kiekvienos medžiagos privalumus. Blogosios savybės: 1. Irimas veikiant grybams, vabzdžiams ir kitiems kenkėjams (šio irimo galima išvengti naudojant atitinkamas chemines priemones). 2. Deformacija kintant drėgmei. Tai visais atvejais nepageidaujamas reiškinys. 3. Nevienodas stiprumas ir savybių nepastovumas, tai priklauso nuo medienos ydų (šakų, plyšių, stiebo formos, staigaus drūtgalo pastorėjimo, kreivumo, gyvūnų padarytų pažeidimų, ir t.t.). 4. Degumas (naudojant tinkamas chemines priemones, medieną galima padaryti sunkiai degančia medžiaga).

Darbo tikslas: Atlikti kompozitinės gegnės įlinkio tyrimus priklausomai nuo gegnės konstrukcijoje naudojamų medžiagų, jų sluoksnių išdėstymo skerspjuvyje [2].

Darbo uždaviniai:

- Atlikti literatūros šaltinių apžvalgą.
- Surinkti metodinę medžiagą ir reikalavimus įlinkio tyrimams.
- Pasiruošti medinės gegnės bandinius, susipažinti su tyrimo įrangą ir priemonėmis, atlikti eksperimentus kompozicinių gegnių tyrimui.
- Iš eksperimentinių tyrimo rezultatų nustatyti tiriamų sijų standumą lenkimui D.
- Atlikti medinės gegnės įlinkio tyrimus.
- Apdoroti rezultatus, atlikti jų analizę ir pateikti išvadas.

LITERATŪROS APŽVALGA

XXI amžiuje labai smarkiai yra atsižvelgiama į aplinkos tvarkymą, energijos suvartojimą, bei natūralią anglies dvideginio neutralizaciją, todėl medienos naudojimas kaip atsinaujinanti statybinė medžiaga, sulaukia vis daugiau dėmesio šiuolaikinėje statyboje. Mediena visais laikais buvo viena populiariausių statybinių medžiagų [žr. 1.1 pav.]. Šiuolaikinių technologijų pokyčiai atnaujino medienos, kaip stabilios ir ekologiškos statybinės medžiagos reikšmę. Dėl puikių tankio ir struktūros savybių, sluoksniuotos medienos plokštė (CLT) atitinka aukščiausios kokybės, naujoviškumo ir sudėtingumo reikalavimus šiuolaikinėje statybų inžinerijoje. Dideles apkrovas laikančios konstrukcijos leidžia atsisakyti griozdiškų architektūrinių sprendimų. Konstrukcijos lengvai realizuojamos ir ekonomiškai efektyvios. Sluoksniuotos medienos plokštės gaminamos iš eglės medienos, sudėtų sluoksniais 90 laipsnių kampu vienas ant kito. Aukšta spaudimo galia ir didelis presas leidžia pagaminti didelio formato stabilius medienos elementus. Sluoksnių išdėstymas skirtingomis kryptimis sumažina plokščių judėjimą, t.y. susitraukimą ar išbrinkimą iki minimumo. Siekiant išvengti žalingų medienos kenkėjų – pelėsio, grybelio, vabzdžių atakų, - sluoksniuotų medienos plokščių (CLT) gamybai naudojama tik džiovinta mediena, kurios drėgnumas 12% (+/- 2%). Medienos konstrukcija – nauja perspektyvi medžiaga statybų sektoriuje. Jei XIX amžius buvo plieno, XX – betono, tai XXI – medienos inžinerijos amžius. Pastatas pastatytas iš sluoksniuotos medienos yra vertingas indėlis į klimato ir aplinkos apsaugą. Taip teigia UAB „Mediniai namai“ atstovas Lietuvoje [7].



1.1 pav. Auganti statybinė mediena.

Šiuolaikiniame namų eksterjero kūrimui dažnai naudojamos egzotinės medienos – sibiuro maumedis, tolimųjų kraštų kietmedis, ažuolas, ar kitokia statybinė mediena, kuri reikalauja specialaus paruošimo ir apdorojimo. Pasirinkimas geras, tačiau dažnai vertinant iš ilgalaikės perspektyvos, tai gali būti nepaprastai brangu. Vakarų šalių statybų pramonėje jau senai naudojama puiki alternatyva natūraliam medžiui pakeisti – medžio ir plastiko kompozitas WPC („wood plastic composite“). Ši medžiaga plačiai paplitusi Kanadoje, Japonijoje, JAV, populiarėja ir Europoje, ypač kur iškrenta daug lietaus ir yra nemažai vandens telkinių. Gaminiai iš medžio kompozito vertinami dėl jos unikalių savybių suderinamumo: didelio paviršiaus kietumo, atsparumo vandeniui ir UV spindulių poveikiui, bei mažos priežiūros. Medžio ir plastiko kompozito gaminiai pasižymi vientisa spalva per visą gaminio storį, todėl net ir intensyvus gaminių naudojimas neturi jokios įtakos spalviniam pokyčiui. Lentų paviršius yra glotnus, neturi įskilimų, ištrupėjimų, išeižėjimų, šakų, ar kitokių natūraliam medžiui būdingų defektų. Gaminiai montuojami specialiais tvirtinimo elementais, dėl kurių paviršiuje nematyti vinių ar medšraigčių, pritvirtintos lentos nesikraipo net po kelių metų. Įprastai medžio – plastiko kompozito žaliavą sudaro dvi – plastiko ir medienos (dažniausiai pjuvenos arba medžio miltai) dalys. Medžiagos sudėtis yra tausojanti aplinką, taip pat švelnaus ir glotnaus paviršiaus, turintis medienos kvapą. Gaminiai iš medžio – plastiko kompozito išvaizda niekuo nesiskiria nuo natūralios medienos, dėl geros estetiškos ir eksploatacinių savybių medžiaga dažnai vadinama „amžinuoju medžiu“. Savo internetiniame puslapyje teigia UAB „InterVilža“ [8].

Apžvelgiant informacijos šaltinius matyti, kad kompozitinės konstrukcijos yra labai svarbios, jos ženkliai pagerina gaminio savybes ir leidžia tausoti gamtą. Todėl reikėtų labai trumpai paminėti apie kompozitus ir jų gamybą. Kompozitinė medžiaga susideda iš:

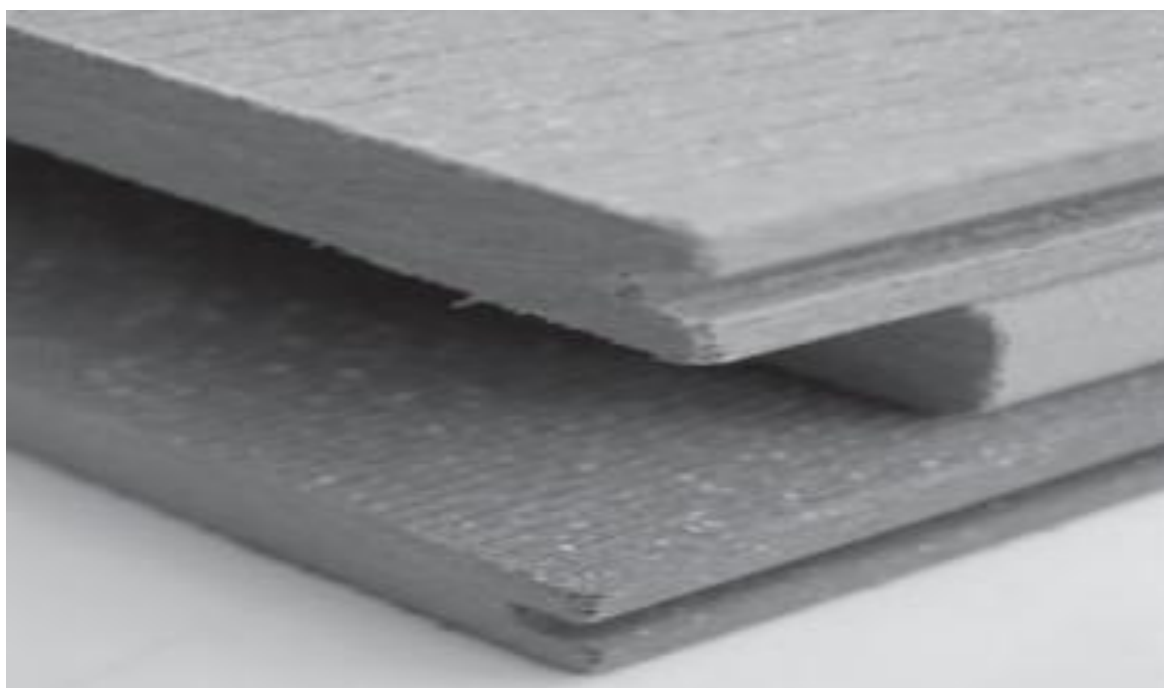
1. Armuojančios medžiagos (stiklo, anglies, ar kitokio pluošto audinio).
2. Rišančiosios medžiagos (epoksidinės, poliesterinės, vinilesterinės dervos ir t.t.).

Kaip teigia UAB „Compositus“ atstovai, kompozite pagrindinę apkrovą priima armuojanti medžiaga, o rišančioji medžiaga tiesiog suriša armuojančią medžiagą, suteikia detalei stabilią formą. Tačiau rišančiosios medžiagos svarba yra labai didelė ir smarkiai įtakoja galutines kompozito charakteristikas. Renkantis medžiagas detalėms iš kompozitų gamybai yra svarbu [9]:

1. Medžiagos būtų skirtos kompozitų gamybai.
2. Rišančioji ir armuojanti medžiagos būtų tarpusavyje suderinamos.
3. Išlaikyti technologinius gamybos režimus.

Didinti pastatų energinį efektyvumą yra vienas iš svarbiausių ne tik šių dienų, bet ir ateities technikos bei ekonomikos uždavinių. Jį sprendžiant, pagrindinis dėmesys turi būti nukreipiamas naujų statybinių medžiagų ir dirbinių kūrimui ir gamybai. Naujos statybinės medžiagos bei konstrukcijos turi turėti geras fizikines – mechanines savybes, būti gaminamos su mažiausiomis žaliavų ir energijos sąnaudomis. Labai svarbu sukurti efektyvias statybos medžiagas ir konstrukcijas iš vietinių žaliavų, naudojant pramonės ir žemės ūkio gamybos technogenines atliekas, žaliavas iš atsinaujinančiųjų išteklių ir kt. Praktika ir tyrimai rodo, kad efektyvias medžiagas bei šiuolaikinius reikalavimus atitinkančias konstrukcijas galima sukurti tik optimaliai parenkant ir išdėstant jas sudarančius komponentus. Taip teigė Albinas Gailius savo knygoje „Kompozicinės medžiagos ir dirbiniai energetiškai efektyvių pastatų statybai“ [10].

Medienos plastiko kompozito gaminiai (žr. 1.2 pav.) – tai naujos kartos produktas, pagamintas iš 70% natūralaus medžio drožlių ir 30% polietileno. Unikalaus technologinio proceso metu sujungiamos pačios geriausios abiejų komponentų savybės: natūralaus medžio pojūtis ir išvaizda – su plastiko tvirtumu, elastingumu ir atsparumu aplinkos sąlygų poveikiui. Tai ekologiškas produktas, kurio sudėtyje nėra jokių kenksmingųjų medžiagų, todėl gamybos metu neišskiriamos žalingos medžiagos. Medienos plastiko kompozito gaminiai yra ilgaamžiai, nereikalaujantys priežiūros. Dėl savo išskirtinių savybių jų panaudojimo galimybės yra neribotos [10]. Pasaulyje nuolat sukuriama naujų kompozicinių medžiagų. Dauguma sukurtų naujų medžiagų yra tokių pat savybių kaip ir dauguma jau žinomų. Šiame darbe bus sukurtos septynios naujos konstrukcijos ir palygintos su jau gerai visiems žinoma konstrukcija.

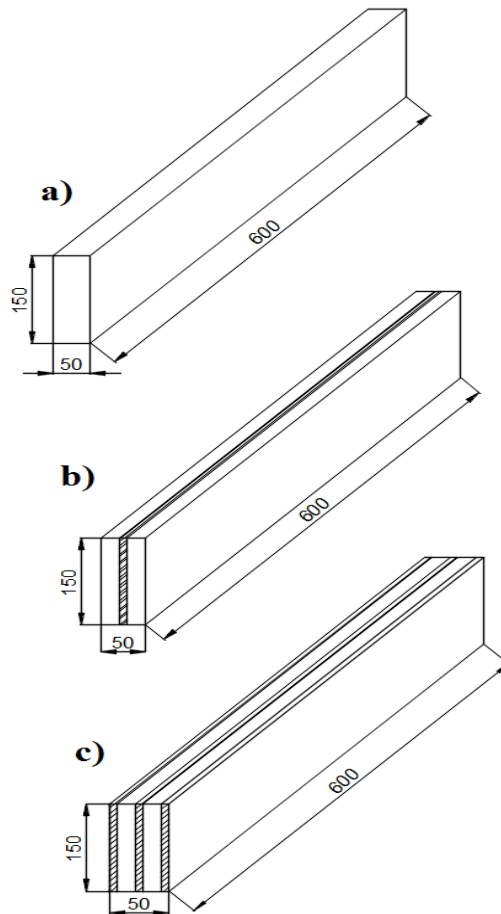


1.2 pav. Medienos ir plastiko kompozito pavyzdys.

2. GEGNĖ KAIP TYRIMO OBJEKTAS

2.1 Tyrimo objektas, naudotos medžiagos

Tyrimo objektas – medinė gegnė ir gegnė su komponentais. Gegnės skerspjūvio konstrukcijos variantai parinkti 3 (žr. 2.1 pav.).



2.1 pav. Bandinių skerspjūviai: a) grynos gegnės skerspjūvis; b) gegnės su vienu komponentu skerspjūvis; c) gegnės su trigubu komponentu skerspjūvis.

Tyrimams naudota spygliuočio (pušies) medžio mediena, taip pat medžio plaušo plokštė (MPP – kartonas), orientuotų skiedrų plokštė (OSB), metalo lakšto skarda, taip pat medžio klijai lipalas (žr. 2.1 lent.). Mediena naudojama sausa, nes kitu atveju nedžiūtų klijai ir gauti rezultatai būtų neteisingi. Bandinių pagaminta po keturis gniuždomo stiprio ir jėgos tyrimui. Iš viso tiriami tokie bandiniai:

- 1) Gryna medinė gegnė be priedų ((žr. 2.1 pav. a) (toliau tekste žymėsime M));

- 2) Mediena + skardos lakštas (1) + mediena ((žr. 2.1 pav. b) (toliau tekste žymėsime M+SL(1)+M));
- 3) Mediena + skardos lakštas (2) + mediena ((žr. 2.1 pav. b) (toliau tekste žymėsime M+SL(2)+M));
- 4) Mediena + orientuotų skiedrų plokštė (3) + mediena ((žr. 2.1 pav. b) (toliau tekste žymėsime M+OSB(3)+M));
- 5) Mediena + orientuotų skiedrų plokštė (4) + mediena ((žr. 2.1 pav. b) (toliau tekste žymėsime M+OSB(4)+M));
- 6) Mediena + orientuotų skiedrų plokštė (5) + mediena ((žr. 2.1 pav. b) (toliau tekste žymėsime M+OSB(5)+M));
- 7) Mediena + medžio plaušo plokštė + mediena ((žr. 2.1 pav. b) (toliau tekste žymėsime M+MPP+M));
- 8) Medžio plaušo plokštė + mediena + medžio plaušo plokštė + mediena + medžio plaušo plokštė ((žr. 2.1 pav. c) (toliau tekste žymėsime MPP+M+MPP+M+MPP)).

Susiruošus visas reikalingas medžiagas, jos buvo atitinkamai suklijuojamos ir laukiama, kol sudžius klėjai.

2.1 lent. Tyrimuose naudotos medžiagos

Tyrimuose naudotos medžiagos		
Eil. Nr.	Medžiaga	Medžiagos storis, mm
1	Mediena	20-50
2	Skardos lakštas (1)	1,5
3	Skardos lakštas (2)	3
4	Orientuotų skiedrų plokštė (OSB) (3)	6
5	Orientuotų skiedrų plokštė (OSB) (4)	8
6	Orientuotų skiedrų plokštė (OSB) (5)	10
7	Medžio plaušo plokštė (MPP kartonas)	5

2.2 Bandinių paruošimas

Bandinių paruošimui naudotos vieno pjovimo lentos, kurios buvo tiksliai atpjauamos po 600 mm ilgio ir 150 mm aukščio, lentos storis buvo pasirenkamas kiekvieno bandinio atveju atskirai, kad suklijuoto bandinio su priedais storis būtų lygus 50 mm. Tokių ruošinių padaryta 56 vnt. (2.1 pav.). Kadangi tyrimai vyko ne tik su mediena, bet dar ir su priedais pagerinančiais ruošinio savybes, buvo paruošti ir priedai. Medienos pagerinimui naudojamos 1,5 ir 3 mm storio

skardos lakštai, kurių aukštis 150 mm, o ilgis 600 mm (2.2 pav.). Kiekvieno storio skardos lakštai buvo paruošti po 4 vnt. Taip pat buvo naudojamos orientuotų skiedrų plokštės (OSB) 6, 8 ir 10 mm storio. Plokštės buvo atpjaunamos po 150 mm aukščio ir 600 mm ilgio, kiekvieno storio paruošiama po 4 vnt. Be viso to paruošiama ir medžio plaušo plokštės (MPP) kartonas (2.3 pav). Jis taip pat buvo atpjaunamas po 150 mm aukščio ir 600 mm ilgio, tokių ruošinių buvo paruošta 16 vnt. Bandinių sujungimui pasirinkti universalūs klijai „Lipalas“, kurie skirti suklijuoti popierių, kartonui, medienai, odai ir t.t.



2.2 pav. a) medinės lentos atpjovimas; b) medinė lenta paruošta bandiniui; c) paruošta medžio plaušo plokštė (MPP) kartonas; d) paruošti skardos lakštai.

2.3 Medienos atpažintis ir klasifikacija

Pagal kokybę apvalioji mediena klasifikuojama, atsižvelgiant į šias ydas ir defektus: kreivumą, įvijumą, nuolaibį, ir t.t. Ji skirstoma į 4 klases:

A klasė – aukščiausios kokybės apvalioji mediena, be ydų arba tik su nereikšmingomis ydomis, kurios neturi įtakos jos panaudojimui;

B klasė – normalios kokybės, įskaitant sausuolių, apvalioji mediena, kuri turi vieną ar kelias iš šių ydų: nedidelį kreivumą, įvijumą ir nuolaibį, smulkias ar vidutinio dydžio sveikas šakas, šiek tiek smulkių pūvančiųjų šakų, nežymų šerdies poslinkį, keletą paviršiaus nelygumų ar kitų atskirų ydų, kurias kompensuoja bendra gera kokybė;

C klasė – apvalioji mediena, kurios dėl ydų negalima priskirti A ir B klasėms, tačiau ją galima naudoti pramonėje. Tai mediena su stambiomis šakomis, dideliais nelygumais, stipriai nulaibėjusi, didelio įvijumo, su giliomis pūvančiomis šakomis, dideliais pūvimo plotais bei kitaip stipriai pažeista;

D klasė – blogos kokybės mediena, kurios negalima priskirti A, B ir C klasėms, tačiau daugiau kaip 40% jos tūrio tinka panaudoti pramoniniam apdirbimui ar perdirbimui.

Kokybės klasė pažymima vienu iš šių būdų:

- 1) Užrašant kokybės klasės raidę;
- 2) Spalvotais taškais: A – raudonos, B – žalios, C – mėlynos, D – juodos spalvos;
- 3) Vienos spalvos taškais: A – keturi taškai, B – trimis taškais, C – dviem taškais, D – vienu tašku [5].

2.4 Medienos standartų analizė

Medinėms konstrukcijoms gaminti daugiausia naudojama spygliuočių mediena. Kietųjų lapuočių medieną būtina naudoti kaiščiams, pagalvėms ir kitoms svarbioms detalėms. Mediena turi būti rūšiuota pagal stiprumą, remiantis reikalavimais, garantuojančiais, kad medienos savybės tinka naudoti ir yra patikimos. Apžiūrimasis rūšiavimas turi atitikti standarto LST EN 518 [9.10] reikalavimus, o mašininis rūšiavimas – standarto LST EN 519 [9.11] reikalavimus. Medinėms konstrukcijoms naudojama apvalioji mediena turi atitikti LST EN 1315 – 1,2 [9.18], LST EN 1316 – 1,2,3 [9.19] ir LST L ENV 1927 – 1,2,3 [9.36] standartų reikalavimus. Rąstų laibėjimas, skaičiuojant konstrukcijų elementus, turi būti imamas 0,8 cm/1 m ilgio, o maumedžiams – 1 cm/1 m ilgio. Vientisosios ir klijuotosios statybinės medienos stiprumo klasės ir jų savybių charakteristinės reikšmės turi atitikti standartų LST EN 338 [9.12] ir EN 1194 [9.13] reikalavimus. Fanera, naudojama fanerinėms konstrukcijoms gaminti, turi atitikti LST EN 636 – 1,2,3 [9.15] reikalavimus. Statybinėms konstrukcijoms taikomų orientuotų skiedrų (OSB), smulkinių ir plaušų plokštės turi atitikti LST EN 300 [9.30], LST EN 312 [9.28], LST EN 622 – 2 [9.29] standartų reikalavimus. Klįjai medienai ir medienai su fanera arba medžio plokštėmis klijuoti klijuotinio skerspjuvio medinėse konstrukcijose turi patikimai suklijuoti jungiamuosius elementus. Klijuotinės jungties vienišumas turi išlikti pagal priskirtą tarnavimo klasę per visą numatytą konstrukcijos

eksploatacijos laiką. Klėjai, naudojami klėjutosioms konstrukcijoms, turi atitikti standarto LST EN 301 [9.14] reikalavimus. Klėjai, kurie atitinka šio standarto 1-ojo tipo specifikacijas, gali būti naudojami visose eksploatacijos klasėse, o klėjai, kurie atitinka 2-ojo tipo specifikacijas, gali būti naudojami 1 ir 2 eksploatacijos klasėse ir negali būti naudojami, kai temperatūra viršija 50⁰C. Medinių konstrukcijų plieniniams elementams reikia naudoti plieną, remiantis atitinkamais STR 2.05.08:2005 „Plieninių konstrukcijų projektavimas“ ir STR 2.05.05:2005 [9.4] skyriais [3].

2.5 Medienos įlinkio stiprio tyrimas ir analitinės formulės

Pagal STR 2.05.04:2003 9 priedą „Įlinkių ir poslinkių nustatymas“. Skaičiuojant įlinkius ir poslinkius būtina įvertinti visus svarbiausius veiksnius, darančius įtaką jų reikšmėms (medžiagų plastinės deformacijos, plyšių susidarymas, deformuotos schemos įvertinimas, gretimų elementų įvertinimas, sujungimo mazgų pasislinkimas, pagrindų deformavimasis). Pagrindus, tam tikri veiksniai gali būti neįvertinti arba įvertinti apytiksliais metodais [3].

Skaičiuojamosios situacijos, kurioms reikia skaičiuoti įlinkius ir poslinkius arba jiems atitinkančias apkrovas, reikia imti atsižvelgiant į tai, pagal kokius reikalavimus atliekami skaičiavimai:

Jeigu skaičiavimai atliekami atsižvelgiant į technologinius reikalavimus, skaičiuojamoji situacija turi būti susijusi su apkrovomis, turinčiomis įtaką technologinės įrangos darbui, poveikiu. Jeigu skaičiavimai atliekami atsižvelgiant į konstrukcinius reikalavimus, skaičiuojamoji situacija turi būti susijusi su apkrovomis, kurioms veikiant atsirandantys įlinkiai ir poslinkiai gali pažeisti jungiančiuosius elementus;

Skaičiuotinės medienos, faneros ir skiedrų plokščių (OSB) stiprio reikšmės turi būti apskaičiuotos pagal 2.1 formulę [6]:

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_M} k_{mod} \quad (2.1)$$

Čia: f_d – skaičiuotinis stipris; f_k – charakteristinis stipris; γ_M – medžiagos savybės rodiklio dalinis koeficientas; k_{mod} – modifikacijos koeficientas, įvertinantis apkrovos veikimo pobūdį ir eksploatacines (drėgmės) sąlygas. Jei apkrova sudaryta iš poveikių, priklausančių skirtingoms apkrovos trukmėms klasėms, reikšmė k_{mod} pasirenkama ta, kuri atitinka trumpiausios trukmės poveikį, t.y. viso krūvio ir trumpalaikės apkrovos poveikiui k_{mod} imama reikšmė, atitinkanti trumpalaikę apkrovą.

Centriškai tempiamųjų vientisinio ir klijuotinio skerspjuvio elementų stiprumas tikrinimas pagal 2.2 formulę [3]:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{t,d}}{A_{net}} \leq f_{t,0,d}(f_{t,0,g,d}) \quad (2.2)$$

Čia: $\bar{\sigma}_{t,0,d}$ – skaičiuotinis tempimo išilgai pluošto įtempis; $N_{t,d}$ – skaičiuotinė ašinė tempimo jėga; A_{net} – skerspjuvio plotas neto. Nustatant A_{net} , susilpninimai 200 mm atkarpoje imami sutapatinti viename pjūvyje; $f_{t,0,d}(f_{t,0,g,d})$ – skaičiuotinis tempiamos išilgai pluošto vientisosios (klijuotosios) medienos stipris.

Pastovaus vientisinio ir klijuotinio skerspjuvio centriškai gniuždomieji elementai tikrinami pagal 2.3 ir 2.4 formules [3]:

Stiprumas:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,d}}{A_{net}} \leq f_{c,0,d}(f_{c,0,g,d}) \quad (2.3)$$

Pastovumas:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,d}}{\varphi \cdot A_d} \leq f_{c,0,d}(f_{c,0,g,d}) \quad (2.4)$$

Čia $\bar{\sigma}_{c,0,d}$ – skaičiuotinis gniuždymo išilgai pluošto įtempis; $N_{c,d}$ – skaičiuotinė ašinė gniuždymo jėga; φ – klupumo koeficientas nustatomas pagal (1.5) ir (1.6) formules; A_{net} – skerspjuvio plotas neto; $f_{c,0,d}(f_{c,0,g,d})$ – skaičiuotinis gniuždomos išilgai pluošto vientisosios (klijuotosios) medienos stipris.

Klupumo koeficientas φ nustatomas pagal 2.5 ir 2.6 formules [3]:

1. kai elemento liaunis $\lambda \leq 70$

$$\varphi = \begin{cases} 1 - 0,8 \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2 & - \text{medienai,} \\ 1 - \left(\frac{\lambda}{100} \right)^2 & - \text{fanerai,} \end{cases} \quad (2.5)$$

2. kai elemento liaunis $\lambda > 70$

$$\varphi = \begin{cases} \frac{3000}{\lambda^2} & \text{– medienai,} \\ \frac{2500}{\lambda^2} & \text{– fanerai.} \end{cases} \quad (2.6)$$

Vientisinio ir klijuotinio skerspjuvio elementu liaunis nustatomas pagal 2.7 formulę [3]:

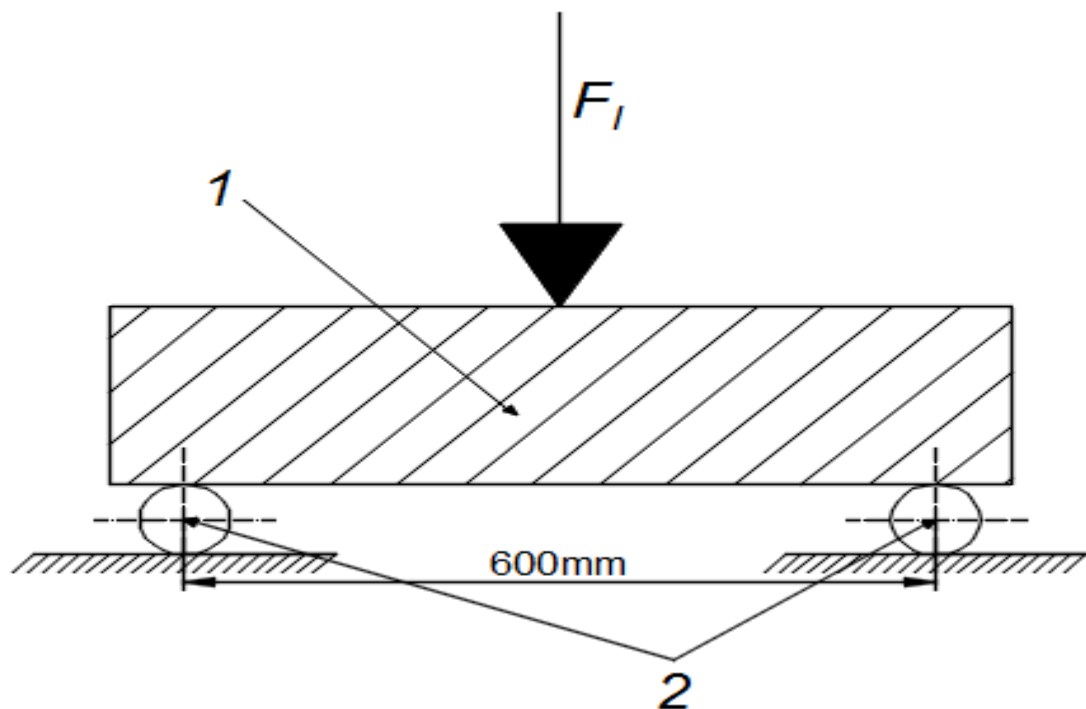
$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i}, \quad (2.7)$$

Čia: l_{ef} – skaičiuojamasis elemento ilgis; i – skerspjuvio inercijos spindulys atitinkamai y ir z ašiu atžvilgiu.

Atliekant lenkimo bandymus gaunama ardančioji lenkimo jęga, pagal kurią galima apskaičiuoti bandinio stiprį lenkiant. Bandinio stipris lenkiant apskaičiuojamas pagal 2.8 formulę, o lenkimo bandinio schema pavaizduota 2.3 pav.

$$f_l = \frac{3 \cdot F_l \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2}; \quad (2.8)$$

Čia: F_l – ardančioji lenkimo jęga, nustatyta bandymo metu, N; l – atstumas tarp atramų, mm; b – bandinio plotis, mm; h – bandinio aukštis, mm.



2.3 pav. Lenkimo bandinio schema: 1 – tiriamasis bandinys; 2 – atrama atremti bandinį. F_l – ardančioji lenkimo jęga, nustatyta tyrimo metu, N.

2.6 Laboratorinė įranga

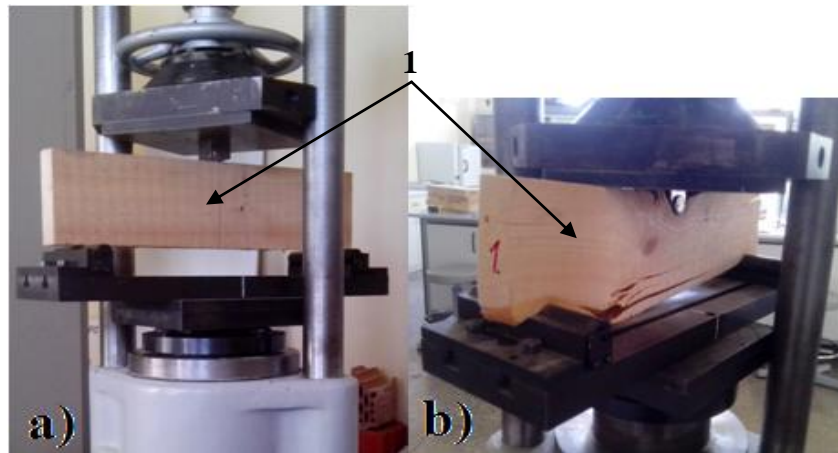
Kauno technologijos universiteto Panevėžio technologijų ir verslo fakulteto mokomojoje laboratorijoje, ruošinių įlinkiams buvo naudojama laboratorinė įranga. Įrangą sudaro: 1 – rusiškas presas „Geležis“ PMM-250; 2 – šveicariška skaitmeninė valdymo sistema DIGICON 2000 ir programinė įranga PROTEUS; 3 – tiriamas bandinys (žr. 2.2 pav.).



2.4 pav. Laboratorinė įranga: 1 – rusiškas presas „Geležis“ PMM-250; 2 – šveicariška skaitmeninė valdymo sistema DIGICON 2000 ir programinė įranga PROTEUS; 3 – tiriamas bandinys.

3. LENKIAMŲ GEGNIŲ BANDINIŲ TYRIMO REZULTATAI

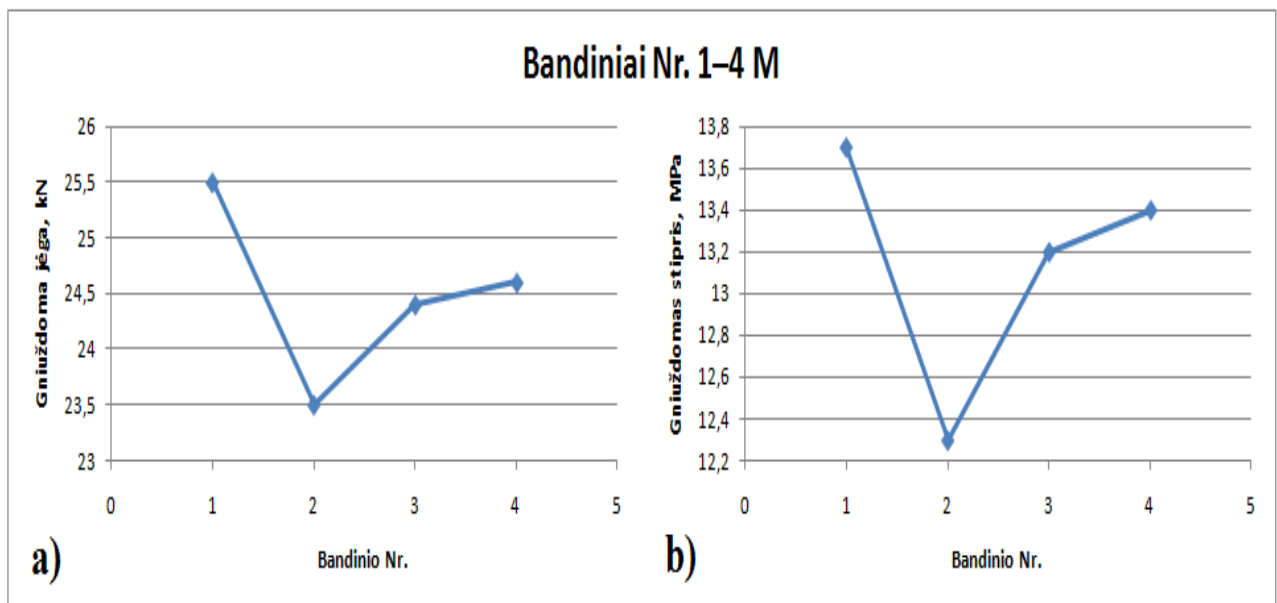
3.1 Medinių gegnių Nr. 1–4 tyrimo rezultatai



3.1 pav. Bandinys Nr. 1: a – bandinys prieš lenkimo tyrimą; b – bandinys po lenkimo tyrimo.

3.1 lent. Bandinių Nr. 1–4 tyrimo rezultatai.

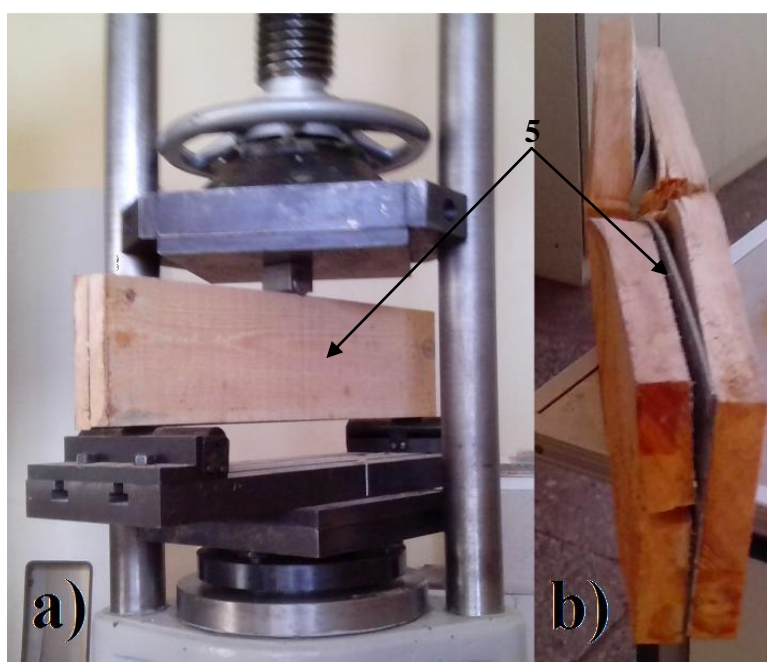
Band. Nr.	Svoris, kg	Matmenys			Medžiagos tankis, kg/m^3	Sudėtis	Gniuždymo jėga, kN	Gniuždymo stipris, MPa	Kaina, €
		Ilgis, mm	Plotis, mm	Aukštis, mm					
1	2,33	600	50	150	517,8	M	25,5	13,7	0,36
2	2,33	600	50	150	518,9	M	23,5	12,3	0,36
3	2,33	600	50	150	518,2	M	24,4	13,2	0,36
4	2,33	600	50	150	517,9	M	24,6	13,4	0,36



3.2 pav. Bandinių Nr. 1–4 gniuždymo grafikas: a) – gniuždoma jėga, kN; b) gniuždomas stipris, MPa.

Pirmaisiais keturiais tyrimais ištirtos gegnės be jokių priedų. 3.1 pav. bandinys Nr. 1 prieš ir po lenkimo tyrimo. Lengviausia mediena svėrė 2 330 g, sunkiausia 2 335 g. Visų keturių bandinių matmenys buvo vienodi, ilgis 600 mm, aukštis 150 mm, plotis 50 mm. Medžiagų tankis svyravo nuo 517,8 iki 518,9 kg/m³. Atlikus tyrimą gauta mažiausia gniuždomoji jėga 23,5 kN, didžiausia 25,5 kN. Atitinkamai mažiausias gniuždomasis stipris 12,3 MPa, didžiausias 13,7 MPa. Vieno bandinio kaina apie 0,36 € (į kainą neįskaičiuotas darbas bandiniui paruošti) (žr. 3.1 lent. ir 3.2 pav.).

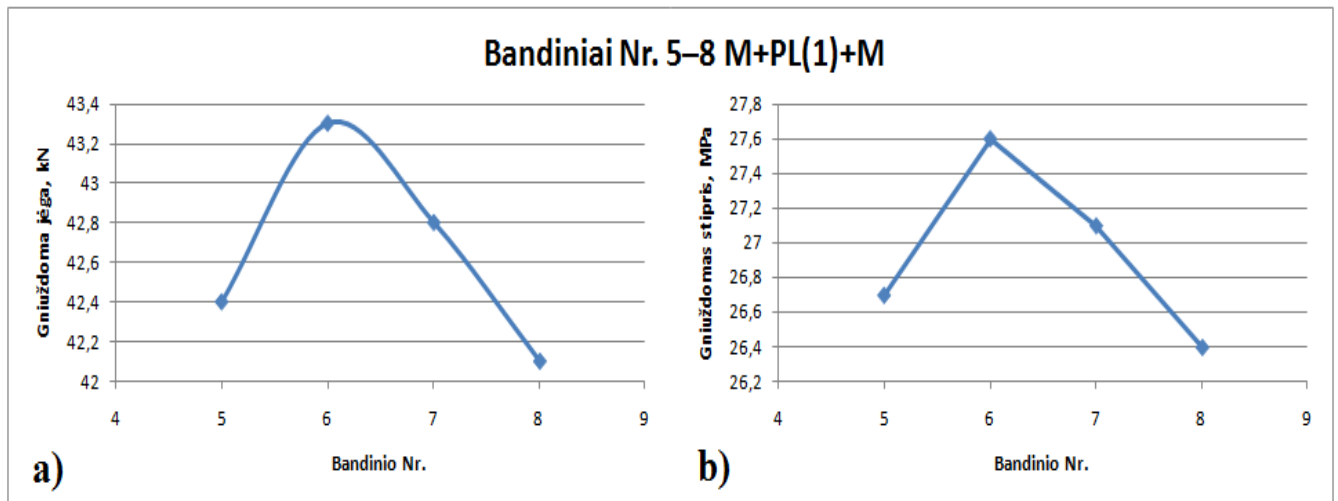
3.2 Gegnių su skardos 1,5 mm priedu Nr. 5–8 tyrimo rezultatai



3.2 pav. Bandinys Nr. 5: a – bandinys prieš lenkimo tyrimą; b – bandinys po lenkimo tyrimo.

3.2 lent. Bandinių Nr. 5–8 tyrimo rezultatai.

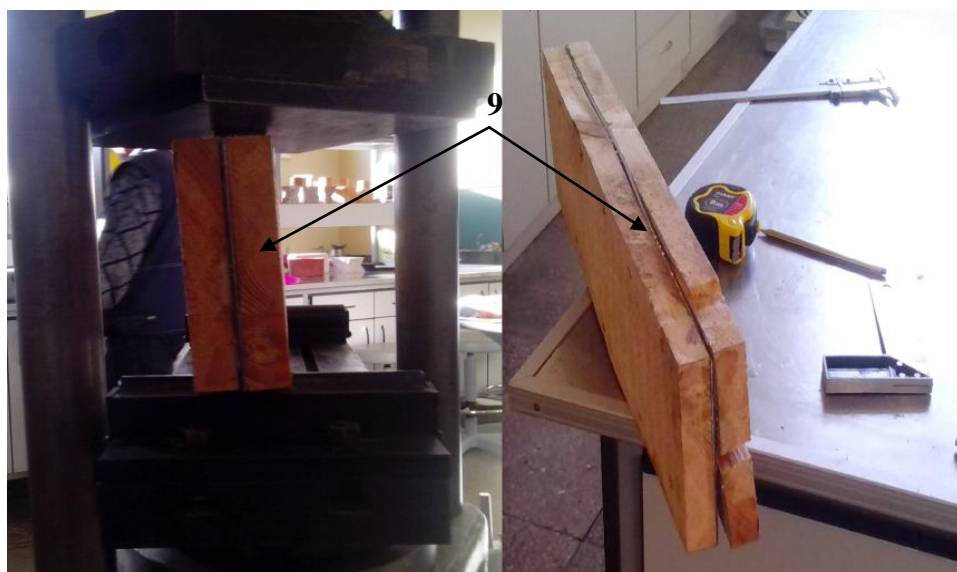
Band. Nr.	Svoris, kg	Matmenys			Medžiagos tankis, kg/m ³	Sudėtis	Gniuždymo jėga, kN	Gniuždymo stipris, MPa	Kaina, €
		Ilgis, mm	Plotis, mm	Aukštis, mm					
5	3,92	600	50	150	822,9	M+PL(1)+M	42,4	26,7	1,02
6	3,94	600	50	150	823,4	M+PL(1)+M	43,3	27,6	1,02
7	3,94	600	50	150	823,1	M+PL(1)+M	42,8	27,1	1,02
8	3,92	600	50	150	822,6	M+PL(1)+M	42,1	26,4	1,02



3.4 pav. Bandinių Nr. 5–8 gniuždymo grafikas: a) – gniuždoma jėga, kN; b) gniuždomas stipris, MPa.

Penktas–aštuntas tyrimai ištirtos gegnės su 1,5 mm skardos priedu. 3.3 pav. bandinys Nr. 5 prieš ir po lenkimo tyrimo. Lengviausias bandinys svėrė 3 921 g, sunkiausias 3 940 g. Visų keturių bandinių matmenys buvo vienodi, ilgis 600 mm, aukštis 150 mm, plotis 50 mm. Medžiagų tankis svyravo nuo 822,6 iki 823,4 kg/m³. Atlikus tyrimą gauta mažiausia gniuždomoji jėga 42,1 kN, didžiausia 43,3 kN. Atitinkamai mažiausias gniuždomasis stipris 26,4 MPa, didžiausias 27,6 MPa. Vieno bandinio kaina apie 1,02 € (į kainą neįskaičiuotas darbas bandiniui paruošti) (žr. 3.2 lent. ir 3.4 pav.).

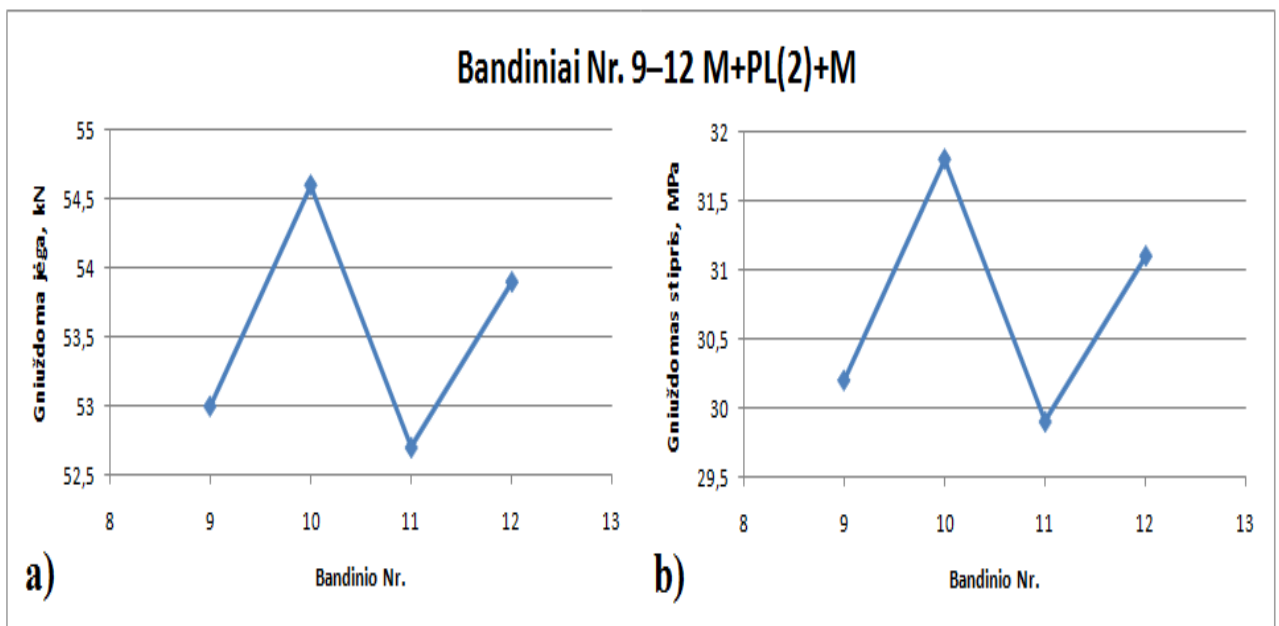
3.3 Gegnių su skardos 3 mm priedu Nr. 9–12 tyrimo rezultatai



3.5 pav. Bandinys Nr. 9: a – bandinys prieš lenkimo tyrimą; b – bandinys po lenkimo tyrimo.

3.3 lent. Bandinių Nr. 9–12 tyrimo rezultatai.

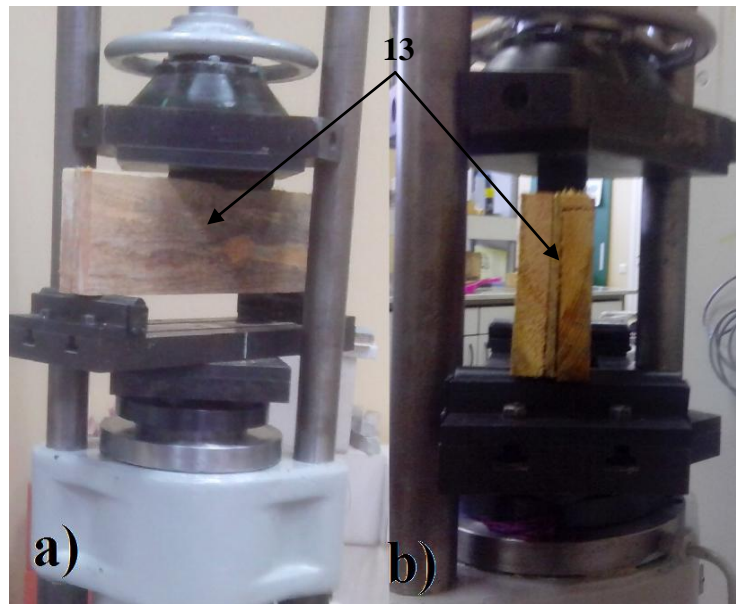
Band. Nr.	Svoris, kg	Matmenys			Medžiagos tankis kg/m^3	Sudėtis	Gniuždymo jėga, kN	Gniuždymo stipris, MPa	Kaina, €
		Ilgis, mm	Plotis, mm	Aukštis, mm					
9	5,14	600	50	150	976,3	M+PL(2)+M	53	30,2	1,21
10	5,15	600	50	150	982,3	M+PL(2)+M	54,6	31,8	1,21
11	5,14	600	50	150	975,6	M+PL(2)+M	52,7	29,9	1,21
12	5,14	600	50	150	979,1	M+PL(2)+M	53,9	31,1	1,21



3.6 pav. Bandinių Nr. 9–12 gniuždymo grafikas: a) – gniuždoma jėga, kN; b) – gniuždomas stipris MPa.

Devintas–dvyliktas tyrimai iširtos gegnės su 3 mm skardos priedu. 3.5 pav. bandinys Nr. 9 prieš ir po lenkimo tyrimo. Lengviausias bandinys svėrė 5 136 g, sunkiausias 5 153 g. Visų keturių bandinių matmenys buvo vienodi, ilgis 600 mm, aukštis 150 mm, plotis 50 mm. Medžiagu tankis svyravo nuo 975,6 iki 982,3 kg/m^3 . Atlikus tyrimą gauta mažiausia gniuždomoji jėga 52,7 kN, didžiausia 54,6 kN. Atitinkamai mažiausias gniuždomasis stipris 29,9 MPa, didžiausias 31,8 MPa. Vieno bandinio kaina apie 1,21 € (į kainą neįskaičiuotas darbas bandiniui paruošti) (žr. 3.3 lent. ir 3.6 pav.).

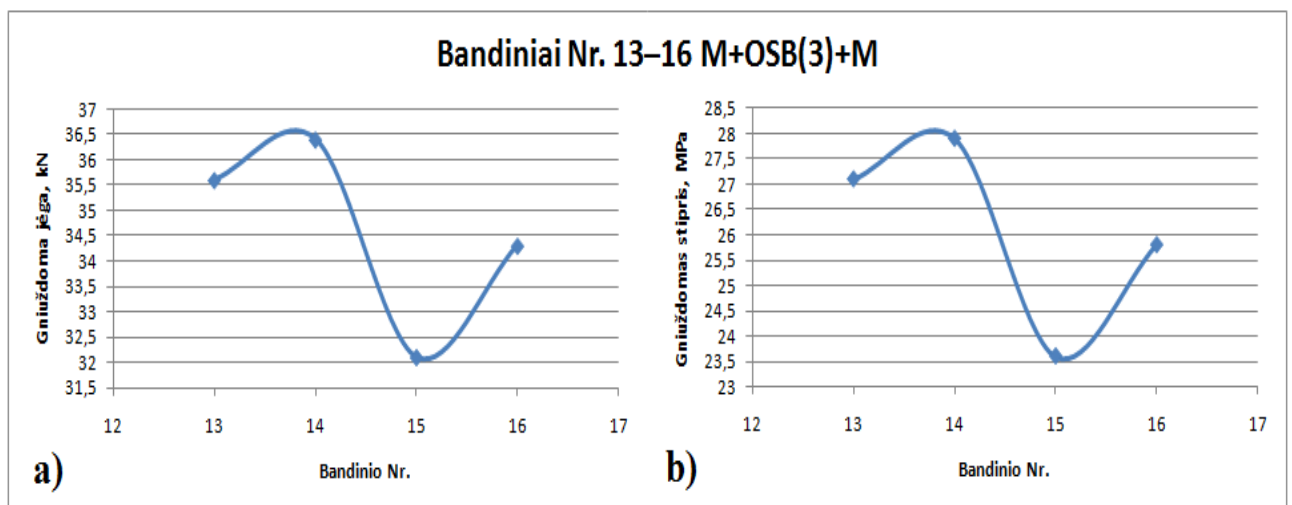
3.4 Gegnių su OSB 6 mm priedu Nr. 13–16 tyrimo rezultatai



3.7 pav. Bandinys Nr. 13: a – bandinys prieš lenkimo tyrimą; b – bandinys po lenkimo tyrimo.

3.4 lent. Bandinių Nr. 13–16 tyrimo rezultatai.

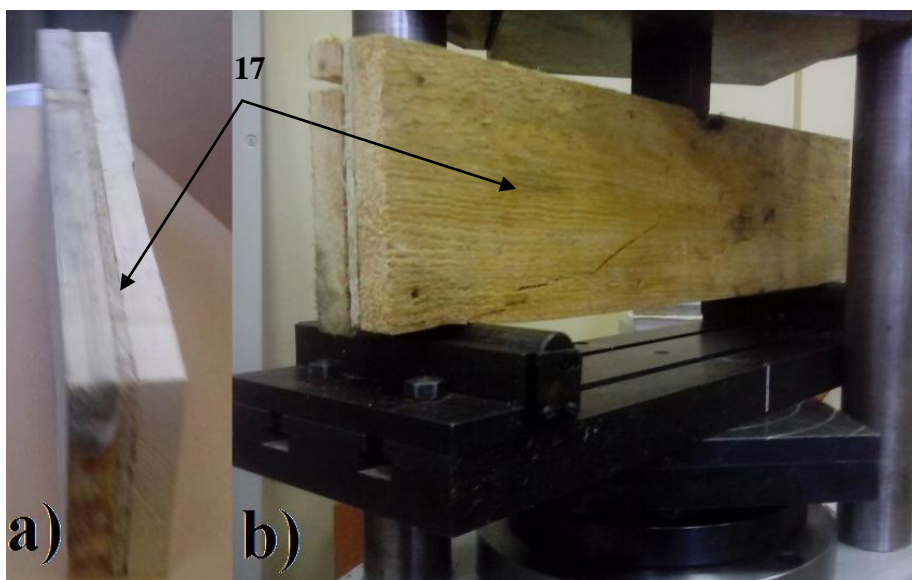
Band. Nr.	Svoris, kg	Matmenys			Medžiagos tankis, kg/m ³	Sudėtis	Gniuždymo jėga, kN	Gniuždymo stipris, MPa	Kaina, €
		Ilgis, mm	Plotis, mm	Aukštis, mm					
13	3,22	600	50	150	715,7	M+OSB(3)+M	35,6	27,1	0,92
14	3,26	600	50	150	746,9	M+OSB(3)+M	36,4	27,9	0,92
15	3,24	600	50	150	721,6	M+OSB(3)+M	32,1	23,6	0,92
16	3,23	600	50	150	719,3	M+OSB(3)+M	34,3	25,8	0,92



3.8 pav. Bandinių Nr. 13–16 gniuždymo grafikas: a) – gniuždoma jėga, kN; b) – gniuždomas stipris, MPa.

Tryliktas–šešioliktas tyrimai iširtos gegnės su 6 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB) priedu. 3.7 pav. bandinys Nr. 13 prieš ir po lenkimo tyrimo. Lengviausias bandinys svėrė 3 220,8 g, sunkiausias 3 260,9 g. Visų keturių bandinių matmenys buvo vienodi, ilgis 600 mm, aukštis 150 mm, plotis 50 mm. Medžiagų tankis svyravo nuo 715,7 iki 746,9 kg/m³. Atlikus tyrimą gauta mažiausia gniuždomoji jėga 32,1 kN, didžiausia 36,4 kN. Atitinkamai mažiausias gniuždomasis stipris 23,6 MPa, didžiausias 27,9 MPa. Vieno bandinio kaina apie 0,92 € (į kainą neįskaičiuotas darbas bandiniui paruošti) (žr. 3.4 lent. ir 3.8 pav.).

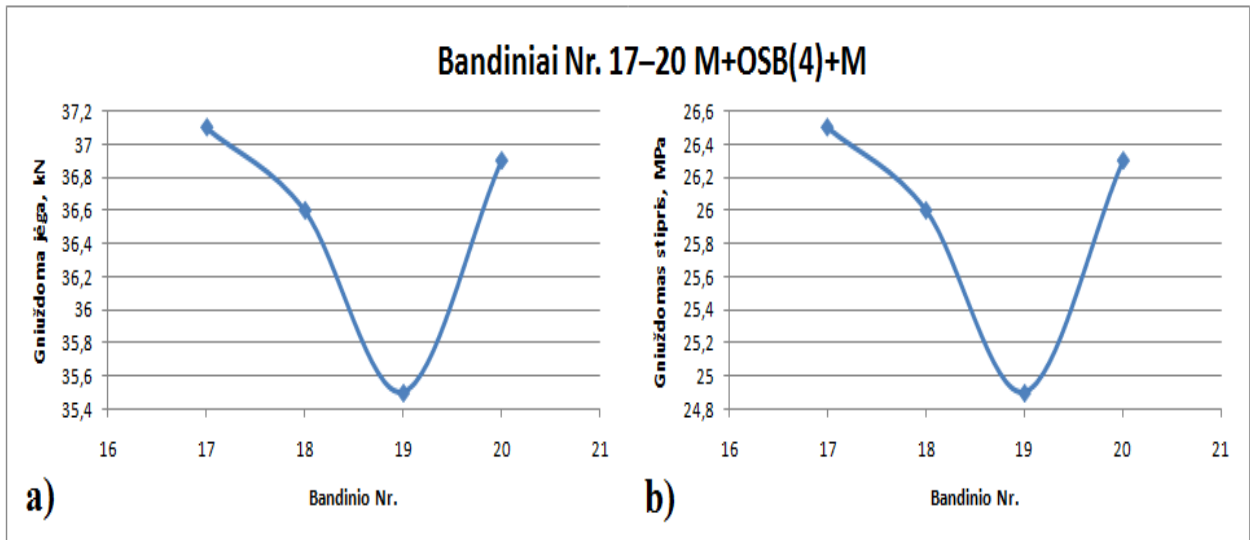
3.5 Gegnių su OSB 8 mm priedu Nr. 17–20 tyrimo rezultatai



3.9 pav. Bandinys Nr. 17: a – bandinys prieš lenkimo tyrimą; b – bandinys po lenkimo tyrimo.

3.5 lent. Bandinių Nr. 17–20 tyrimo rezultatai.

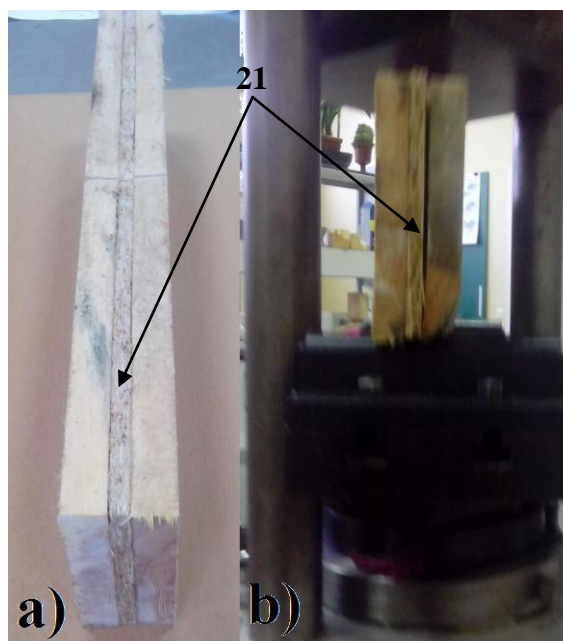
Band. Nr.	Svoris, kg	Matmenys			Medžiagos tankis, kg/m ³	Sudėtis	Gniuždymo jėga, kN	Gniuždymo stipris, MPa	Kaina, €
		Ilgis, mm	Plotis, mm	Aukštis, mm					
17	3,73	600	50	150	829,4	M+OSB(4)+M	37,1	26,5	0,90
18	3,58	600	50	150	795	M+OSB(4)+M	36,6	26	0,90
19	3,63	600	50	150	807,6	M+OSB(4)+M	35,5	24,9	0,90
20	3,74	600	50	150	836	M+OSB(4)+M	36,9	26,3	0,90



3.10 pav. Bandinių Nr. 17–20 gniuždymo grafikas: a) – gniuždoma jėga, kN; b) – gniuždomas stipris, MPa.

Septynioliktas–dvidešimtas tyrimai iširtos gegnės su 8 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB) priedu. 3.9 pav. bandinys Nr. 17 prieš ir po lenkimo tyrimo. Lengviausias bandinys svėrė 3 577,6 g, sunkiausias 3 742,5 g. Visų keturių bandinių matmenys buvo vienodi, ilgis 600 mm, aukštis 150 mm, plotis 50 mm. Medžiagų tankis svyravo nuo 795 iki 836 kg/m³. Atlikus tyrimą gauta mažiausia gniuždomoji jėga 35,5 kN, didžiausia 37,1 kN. Atitinkamai mažiausias gniuždomasis stipris 24,9 MPa, didžiausias 26,5 MPa. Vieno bandinio kaina apie 0,90 € (į kainą neįskaičiuotas darbas bandiniui paruošti)(žr. 3.5 lent. ir 3.10 pav.).

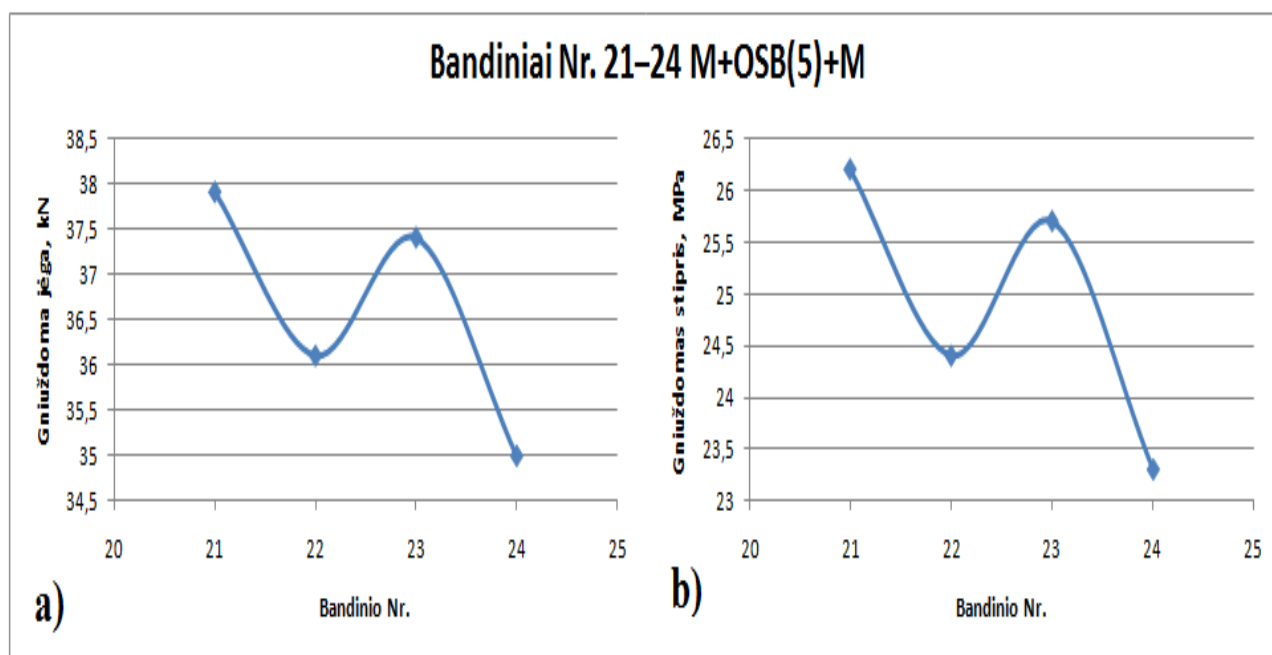
3.6 Gegnių su OSB 10 mm priedu Nr. 21–24 tyrimo rezultatai



3.11 pav. Bandinys Nr. 21: a – bandinys prieš lenkimo tyrimą; b – bandinys po lenkimo tyrimo.

3.6 lent. Bandinių Nr. 21–24 tyrimo rezultatai.

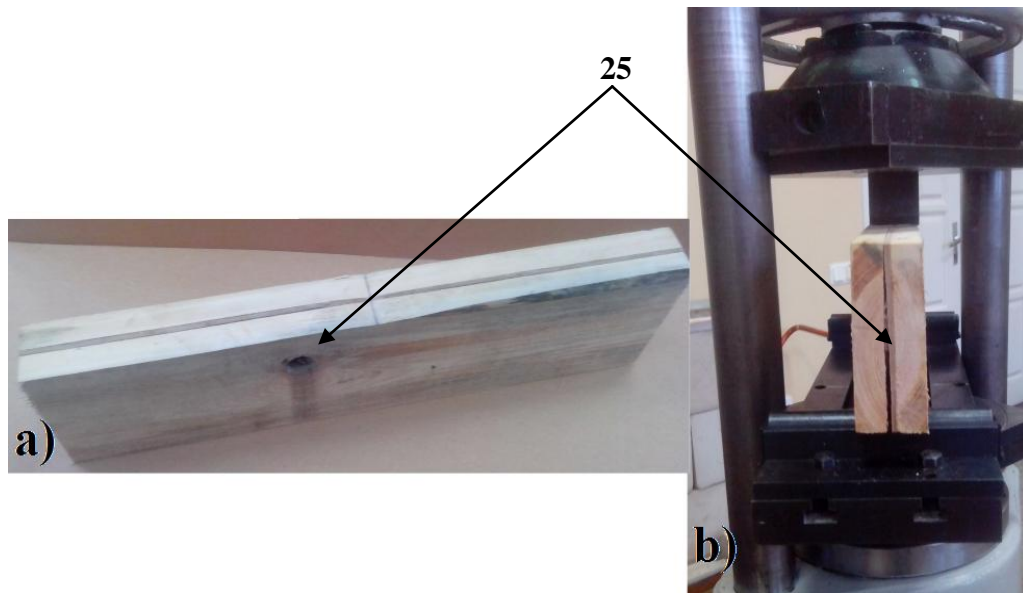
Band. Nr.	Svoris, kg	Matmenys			Medžiagos tankis, kg/m ³	Sudėtis	Gniuždymo jėga, kN	Gniuždymo stipris, MPa	Kaina, €
		Ilgis, mm	Plotis, mm	Aukštis, mm					
21	4,73	600	50	150	1051	M+OSB(5)+M	37,9	26,2	0,94
22	4,67	600	50	150	1037,3	M+OSB(5)+M	36,1	24,4	0,94
23	4,71	600	50	150	1048,1	M+OSB(5)+M	37,4	25,7	0,94
24	4,69	600	50	150	1038,6	M+OSB(5)+M	35	23,3	0,94



3.12 pav. Bandinių Nr. 21–24 gniuždymo grafikas: a) – gniuždoma jėga, kN; b) gniuždomas stipris, MPa.

Dvidešimtas–dvidešimt ketvirtas tyrimai iširtos gegnės su 10 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB) priedu. 3.11 pav. bandinys Nr. 21 prieš ir po lenkimo tyrimo. Lengviausias bandinys svėrė 4 667,8 g, sunkiausias 4 729,4 g. Visų keturių bandinių matmenys buvo vienodi, ilgis 600 mm, aukštis 150 mm, plotis 50 mm. Medžiagų tankis svyravo nuo 1 037,3 iki 1 051 kg/m³. Atlikus tyrimą gauta mažiausia gniuždomoji jėga 35 kN, didžiausia 37,9 kN. Atitinkamai mažiausias gniuždomasis stipris 23,3 MPa, didžiausias 26,2 MPa. Vieno bandinio kaina apie 0,94 € (į kainą neįskaičiuotas darbas bandiniui paruošti) (žr. 3.6 lent. ir 3.12 pav.).

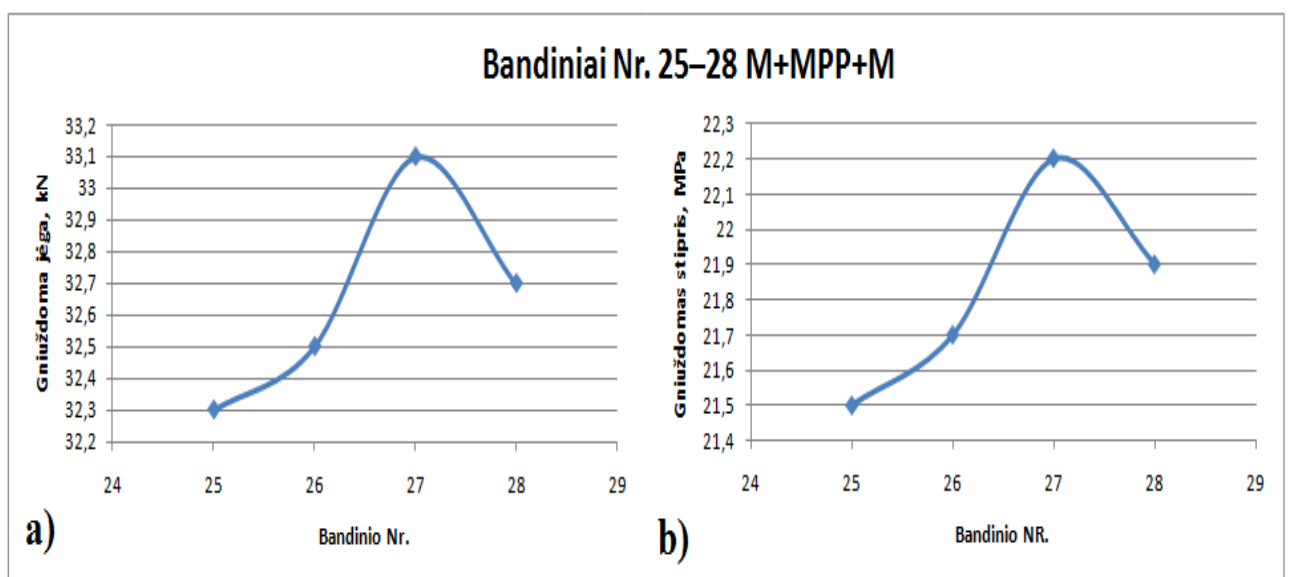
3.7 Gegnių su kartono 5 mm priedu Nr. 25–28 tyrimo rezultatai



3.13 pav. Bandinys Nr. 25: a – bandinys prieš lenkimo tyrimą; b – bandinys po lenkimo tyrimo.

3.7 lent. Bandinių Nr. 25–28 tyrimo rezultatai.

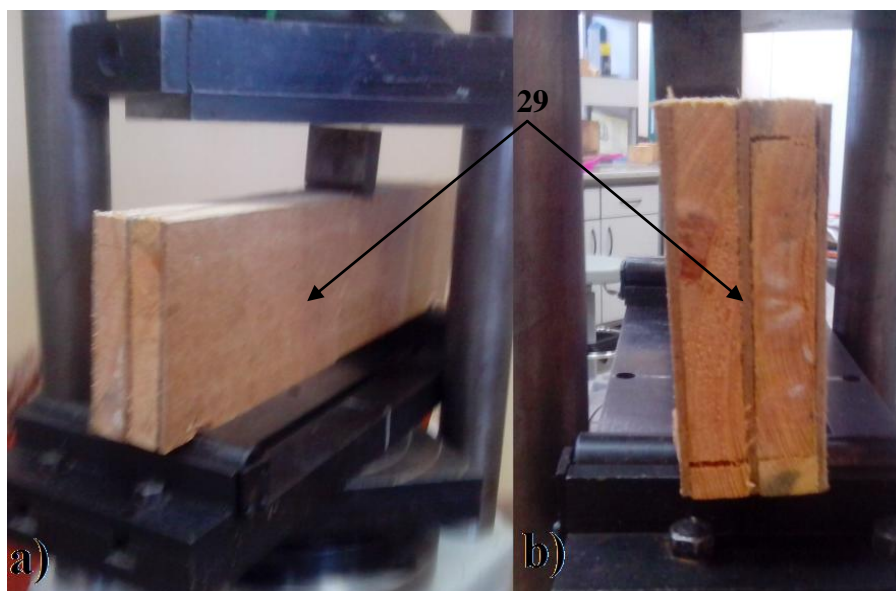
Band. Nr.	Svoris, kg	Matmenys			Medžiagos tankis, kg/m ³	Sudėtis	Gniuždymo jėga, kN	Gniuždymo stipris, MPa	Kaina, €
		Ilgis, mm	Plotis, mm	Aukštis, mm					
25	3,87	600	50	150	860,4	M+MPP+M	32,3	21,5	0,85
26	3,72	600	50	150	826,5	M+MPP+M	32,5	21,7	0,85
27	3,78	600	50	150	843,7	M+MPP+M	33,1	22,2	0,85
28	3,80	600	50	150	858,1	M+MPP+M	32,7	21,9	0,85



3.14 pav. Bandinių Nr. 25–28 gniuždymo grafikas: a) – gniuždoma jėga, kN; b) gniuždomas stipris, MPa.

Dvidešimt penktas–dvidešimt aštuntas tyrimai iširtos gegnės su 5 mm medžio plaušo plokštės (MPP kartonas) priedu. 3.13 pav. bandinys Nr. 25 prieš ir po lenkimo tyrimo. Lengviausias bandinys svėrė 3 719,3 g, sunkiausias 3 872 g. Visų keturių bandinių matmenys buvo vienodi, ilgis 600 mm, aukštis 150 mm, plotis 50 mm. Medžiagų tankis svyravo nuo 826,5 iki 860,4 kg/m³. Atlikus tyrimą gauta mažiausia gniuždomoji jėga 32,3 kN, didžiausia 33,1 kN. Atitinkamai mažiausias gniuždomasis stipris 21,5 MPa, didžiausias 22,2 MPa. Vieno bandinio kaina apie 0,85 € (į kainą neįskaičiuotas darbas bandiniui paruošti) (žr. 3.7 lent. ir 3.14 pav.).

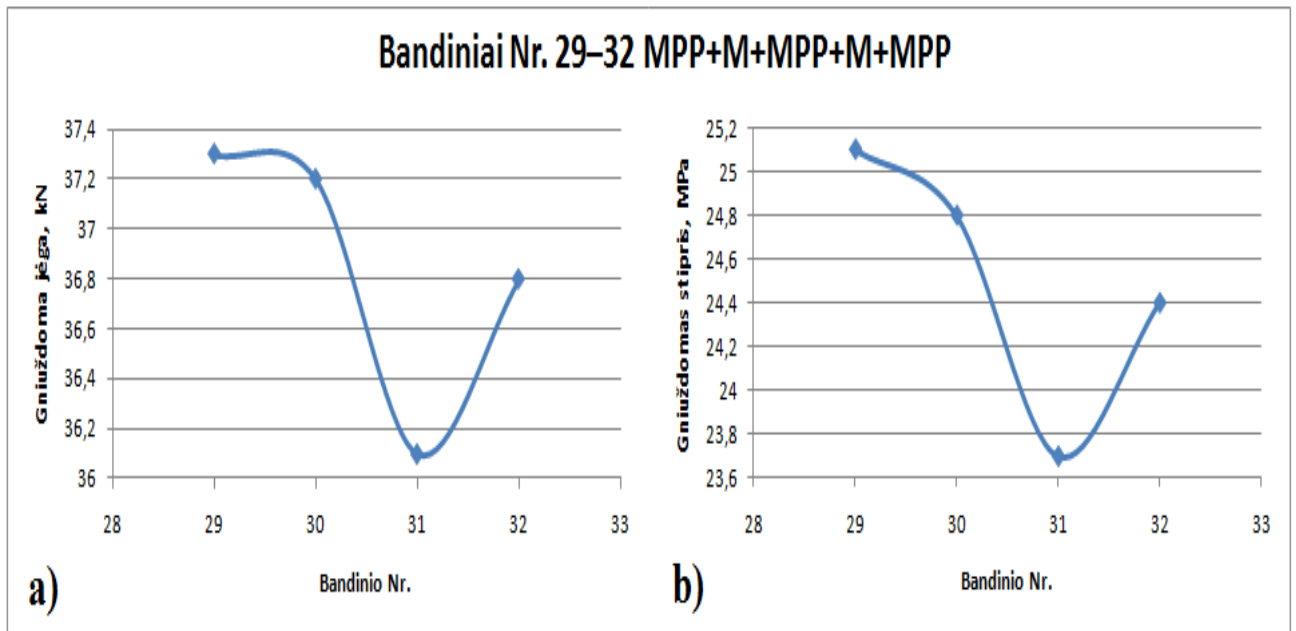
3.8 Gegnių su kartono 5 mm trigubu priedu Nr. 29–32 tyrimo rezultatai



3.15 pav. Bandinys Nr. 29: a – bandinys prieš lenkimo tyrimą; b – bandinys po lenkimo tyrimo.

3.8 lent. Bandinių Nr. 29–32 tyrimo rezultatai.

Band. Nr.	Svoris, kg	Matmenys			Medžiagos tankis, kg/m ³	Sudėtis	Gniuždymo jėga, kN	Gniuždymo stipris, MPa	Kaina, €
		Ilgis, mm	Plotis, mm	Aukštis, mm					
29	4,02	600	50	150	893,6	MPP+M+MPP+M+MPP	37,3	25,1	1,10
30	4,05	600	50	150	900,4	MPP+M+MPP+M+MPP	37,2	24,8	1,10
31	4,04	600	50	150	896,7	MPP+M+MPP+M+MPP	36,1	23,7	1,10
32	4,04	600	50	150	894,3	MPP+M+MPP+M+MPP	36,8	24,4	1,10



3.16 pav. Bandinių Nr. 29–32 gniuždymo grafikas: a) – gniuždoma jėga, kN; b) gniuždomas stipris, MPa.

Dvidešimt devintas–trisdešimt antras tyrimai ištirtos gegnės su 5 mm medžio plaušo plokštės (MPP kartonas) trigubu priedu. 3.15 pav. bandinys Nr. 29 prieš ir po lenkimo tyrimo. Lengviausias bandinys svėrė 4 021,1 g, sunkiausias 4 051,9 g. Visų keturių bandinių matmenys buvo vienodi, ilgis 600 mm, aukštis 150 mm, plotis 50 mm. Medžiagų tankis svyravo nuo 893,6 iki 900,4 kg/m³. Atlikus tyrimą gauta mažiausia gniuždomoji jėga 36,1 kN, didžiausia 37,3 kN. Atitinkamai mažiausias gniuždomasis stipris 23,7 MPa, didžiausias 25,1 MPa. Vieno bandinio kaina apie 1,10 € (į kainą neįskaičiuotas darbas bandiniui paruošti) (žr. 3.8 lent. ir 3.16 pav.).

3.9 Eksperimentinis standumas lenkimui

Visos daugiasluoksnės sijos standumas lenkimui nustatomas pagal 3.1 formulę [11]:

$$D = \sum_{i=1}^n E_i I_i \quad (3.1)$$

Čia: E_i ir I_i – visos konstrukcijos ekvivalentinis tamprumo modulis ir jos inercijos momentas.

Įlinkio priklausomybė nuo gegnės ilgio apskaičiuojama pagal 3.2 formulę:

$$y = \frac{Fl^3}{48EI}, \quad (3.2)$$

Čia: F – konstrukciją veikianti jėga; l – bandinio ilgis; E – tamprumo modulis; I – inercijos momentas.

Konstrukcijos stiprio reikšmė apskaičiuojama pagal 3.3 formulę [12]:

$$f_{max} = \frac{M}{D} 0,5h; \quad (3.3)$$

Čia: M – lenkimo momentas, D – konstrukcijos standumas, h – konstrukcijos aukštis.

Dvitramės sijos lenkimo momentas apskaičiuojamas pagal 3.4 formulę:

$$M_{max} = \frac{Fl}{4}; \quad (3.4)$$

Čia: F – konstrukciją spaudžianti jėga; l – konstrukcijos ilgis.

Iš formulių 3.1 – 3.4 galime gauti išraišką, kad standumą lenkimui $D_{eksp.}$ apskaičiuoti galime pagal 3.5 formulę:

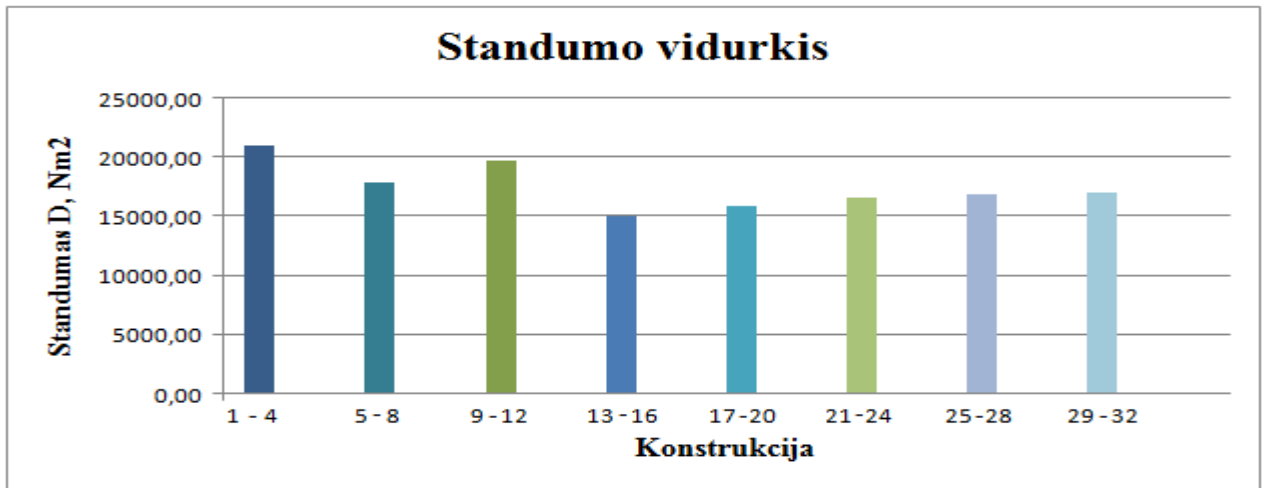
$$D_{eksp.} = \frac{F_{eksp.} \cdot l}{4 \cdot f_{eksp.}} \cdot 0,5h; \quad (3.5)$$

Čia: $F_{eksp.}$ – eksperimentinė konstrukciją spaudžianti jėga; l – konstrukcijos ilgis; $f_{eksp.}$ – eksperimentinis konstrukcijos stipris; h – konstrukcijos aukštis.

3.9 lent. Eksperimentinis standumas lenkimui D, Nm²

Band. Nr.	Konstrukcijos sudėtis	Standumas D _{eksp.} , kNm ²	Standumo vidurkis $\bar{D}_{eksp.v.}$, kNm ²
1	M	20939,78	20970,53
2	M	21493,90	
3	M	20795,45	
4	M	20652,99	
5	M+PL(1)+M	17865,17	17805,62
6	M+PL(1)+M	17649,46	
7	M+PL(1)+M	17767,53	
8	M+PL(1)+M	17940,34	
9	M+PL(2)+M	19743,38	19596,40
10	M+PL(2)+M	19316,04	
11	M+PL(2)+M	19828,60	
12	M+PL(2)+M	19497,59	
13	M+OSB(3)+M	14778,60	14928,58
14	M+OSB(3)+M	14677,42	
15	M+OSB(3)+M	15301,91	
16	M+OSB(3)+M	14956,40	
17	M+OSB(4)+M	15750,00	15852,48
18	M+OSB(4)+M	15836,54	
19	M+OSB(4)+M	16039,16	
20	M+OSB(4)+M	15784,22	
21	M+OSB(5)+M	16273,85	16547,26
22	M+OSB(5)+M	16644,47	
23	M+OSB(5)+M	16371,60	
24	M+OSB(5)+M	16899,14	
25	M+MPP+M	16901,16	16830,46
26	M+MPP+M	16849,08	
27	M+MPP+M	16773,65	
28	M+MPP+M	16797,95	
29	MPP+M+MPP+M+MPP	16718,13	16924,10
30	MPP+M+MPP+M+MPP	16875,00	
31	MPP+M+MPP+M+MPP	17136,08	
32	MPP+M+MPP+M+MPP	16967,21	

Pastabos. Didžiausios reikšmės pažymėtos pariebintu šriftu (*Bold*) ir lentelės langelio tamsesniu fonu. Mažiausios reikšmės pažymėtos pariebintu šriftu (*Bold*).



3.17 pav. Konstrukcijų standumo vidurkis: 1 - 4 – medinė sija, 5 - 8 – medis su 1,5 mm skardos lakšto priedu, 9 - 12 – medis su 3 mm skardos lakšto priedu, 13 - 16 – medis su 6 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB), 17 - 20 – medis su 8 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB); 21 - 24 – medis su 10 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB), 25 - 28 – medis su medžio plaušo plokšte (MPP kartonas), 29 - 32 – medis su trigubu medžio plaušo plokšte (MPP kartonas).

Medinių sijų didžiausias eksperimentinis standumas lenkimui – 21493,90 kNm², mažiausia – 20652,99 kNm². Medinių sijų su 1,5 mm skardos lakšto priedu didžiausias eksperimentinis standumas lenkimui – 17940,34 kNm², mažiausias – 17649,46 kNm². Medinių sijų su 3 mm skardos lakšto priedu didžiausias eksperimentinis standumas lenkimui – 19828,60 kNm², mažiausias – 19316,04 kNm². Medinių sijų su 6 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB) didžiausias eksperimentinis standumas lenkimui – 15301,91 kNm², mažiausias – 14956,40 kNm². Medinių sijų su 8 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB) didžiausias eksperimentinis standumas lenkimui – 16039,16 kNm², mažiausias – 15750,00 kNm². Medinių sijų su 10 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB) didžiausias eksperimentinis standumas lenkimui – 16899,14 kNm², mažiausias – 16273,85 kNm². Medinių sijų su medžio plaušo plokšte (MPP kartonu) didžiausias eksperimentinis standumas lenkimui – 16901,16 kNm², mažiausias – 16773,65 kNm². Medinių sijų su trigubu medžio plaušo plokšte (MPP kartonu) didžiausias eksperimentinis standumas lenkimui – 17136,08 kNm², mažiausias – 16718,13 kNm² [žr. 3.9 lent.].

Medinių sijų eksperimentinis standumo lenkimui vidurkis – 20970,53 kNm². Medinių sijų su 1,5 mm skardos lakšto priedu eksperimentinis standumo lenkimui vidurkis – 17805,62 kNm². Medinių sijų su 3 mm skardos lakšto priedu eksperimentinis standumo lenkimui vidurkis – 19596,40 kNm². Medinių sijų su 6 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB) eksperimentinis standumo lenkimui vidurkis – 14928,58 kNm². Medinių sijų su 8 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB) eksperimentinis standumo lenkimui vidurkis – 15852,48 kNm². Medinių sijų su 10 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB) eksperimentinis standumo lenkimui vidurkis – 16547,26 kNm². Medinių sijų su medžio plaušo plokšte (MPP kartonu) eksperimentinis standumo lenkimui vidurkis – 16830,46 kNm². Medinių sijų su trigubu medžio plaušo plokšte (MPP kartonu) eksperimentinis standumo lenkimui vidurkis – 16924,10 kNm² [žr. 3.9 lent. ir 3.17 pav.].

4. LENKIAMŲ GEGNIŲ TYRIMO REZULTATŲ ANALIZĖ

4.1 Lenkiamų gegnių tyrimo rezultatų suvestinė

4.1 lentelėje pateikti bandinių svoriai, matmenys, medžiagos tankis, bandinių sudėtis, gniuždomoji jėga, gniuždomasis stipris, bei vieno bandinio kainų rezultatai. 4.1 paveiksle pavaizduoti keli pavyzdžiai kaip atrodė bandiniai po lenkimo tyrimo.



4.1 pav. Bandinių pavyzdžių dalis po lenkimo tyrimo.

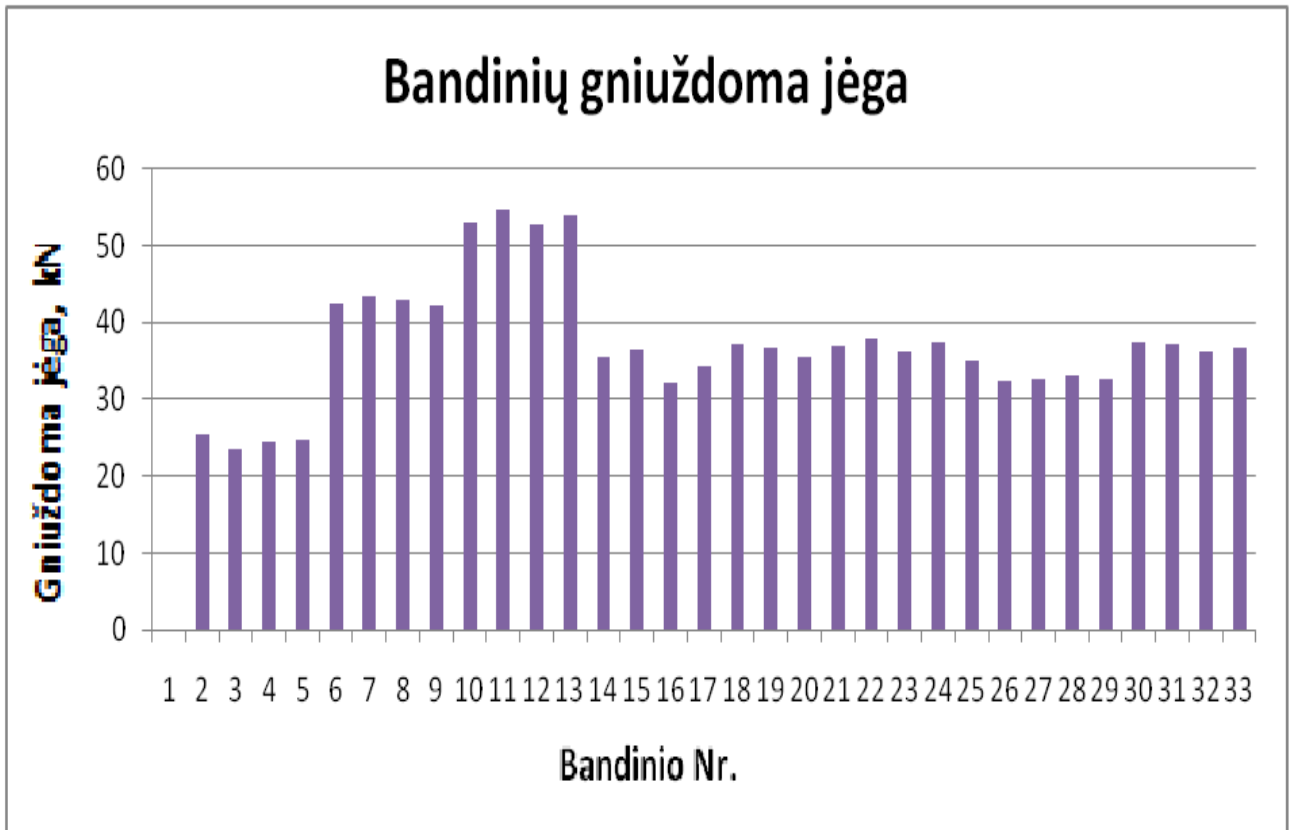
4.1 lent. Tyrimo rezultatų suvestinė.

Band. Nr.	Svoris, kg	Matmenys			Medžiagos tankis, kg/m ³	Sudėtis	Gniuždymo jėga, kN	Gniuždymo stipris, MPa	Kaina, €
		Ilgis, mm	Plotis, mm	Aukštis, mm					
1	2,33	600	50	150	517,8	M	25,5	13,7	0,36
2	2,33	600	50	150	518,9	M	23,5	12,3	0,36
3	2,33	600	50	150	518,2	M	24,4	13,2	0,36
4	2,33	600	50	150	517,9	M	24,6	13,4	0,36
5	3,93	600	50	150	822,9	M+PL(1)+M	42,4	26,7	1,02
6	3,94	600	50	150	823,4	M+PL(1)+M	43,3	27,6	1,02
7	3,94	600	50	150	823,1	M+PL(1)+M	42,8	27,1	1,02
8	3,92	600	50	150	822,6	M+PL(1)+M	42,1	26,4	1,02
9	5,14	600	50	150	976,3	M+PL(2)+M	53	30,2	1,21
10	5,15	600	50	150	982,3	M+PL(2)+M	54,6	31,8	1,21
11	5,14	600	50	150	975,6	M+PL(2)+M	52,7	29,9	1,21
12	5,15	600	50	150	979,1	M+PL(2)+M	53,9	31,1	1,21
13	3,22	600	50	150	715,7	M+OSB(3)+M	35,6	27,1	0,92
14	3,26	600	50	150	746,9	M+OSB(3)+M	36,4	27,9	0,92
15	3,24	600	50	150	721,6	M+OSB(3)+M	32,1	23,6	0,92
16	3,24	600	50	150	719,3	M+OSB(3)+M	34,3	25,8	0,92
17	3,73	600	50	150	829,4	M+OSB(4)+M	37,1	26,5	0,90
18	3,58	600	50	150	795	M+OSB(4)+M	36,6	26	0,90
19	3,63	600	50	150	807,6	M+OSB(4)+M	35,5	24,9	0,90
20	3,74	600	50	150	836	M+OSB(4)+M	36,9	26,3	0,90
21	4,73	600	50	150	1051	M+OSB(5)+M	37,9	26,2	0,94
22	4,67	600	50	150	1037,3	M+OSB(5)+M	36,1	24,4	0,94
23	4,71	600	50	150	1048,1	M+OSB(5)+M	37,4	25,7	0,94
24	4,69	600	50	150	1038,6	M+OSB(5)+M	35	23,3	0,94
25	3,87	600	50	150	860,4	M+MPP+M	32,3	21,5	0,85
26	3,72	600	50	150	826,5	M+MPP+M	32,5	21,7	0,85
27	3,78	600	50	150	843,7	M+MPP+M	33,1	22,2	0,85
28	3,80	600	50	150	858,1	M+MPP+M	32,7	21,9	0,85
29	4,02	600	50	150	893,6	MPP+M+MPP+M+MPP	37,3	25,1	1,10
30	4,05	600	50	150	900,4	MPP+M+MPP+M+MPP	37,2	24,8	1,10
31	4,04	600	50	150	896,7	MPP+M+MPP+M+MPP	36,1	23,7	1,10
32	4,04	600	50	150	894,3	MPP+M+MPP+M+MPP	36,8	24,4	1,10

Pastabos. Didžiausios reikšmės pažymėtos pariebintu šriftu (*Bold*) ir lentelės langelio tamsesniu fonu. Mažiausios reikšmės pažymėtos pariebintu šriftu (*Bold*).

4.2 Gniuždomųjų jėgų palyginimas

Gniuždomų jėgų palyginimas įvairios sudėties bandiniams pateiktos 4.1 lent., o 4.1 paveiksle yra pateiktos bandinių pavyzdžių dalis po lenkimo tyrimo.

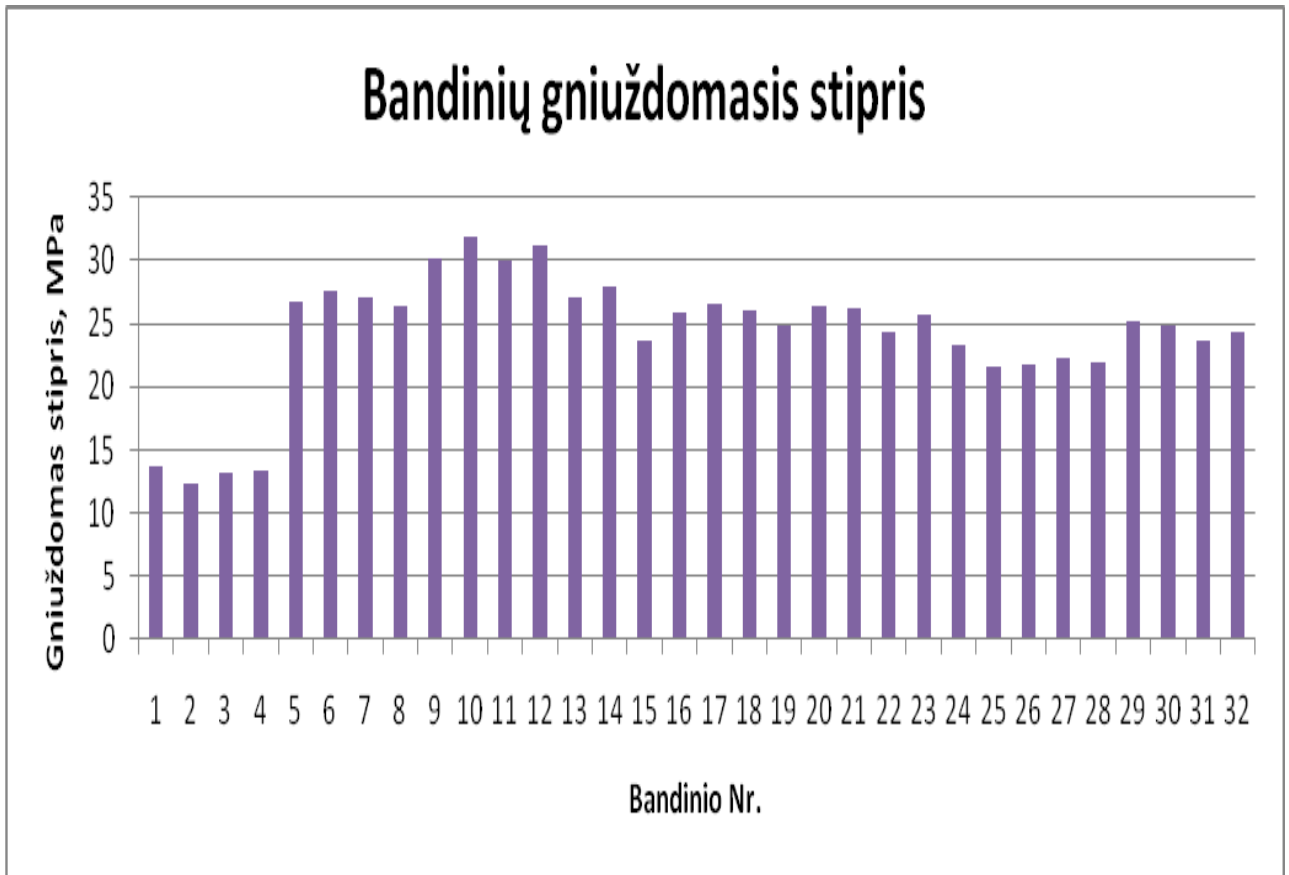


4.2 pav. Gniuždymo jėgų palyginimas: 1; 2; 3; 4 – medinė sija, 5; 6; 7; 8 – medis su 1,5 mm skardos lakšto priedu, 9; 10; 11; 12 – medis su 3 mm skardos lakšto priedu, 13; 14; 15; 16 – medis su 6 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB), 17; 18; 19; 20 – medis su 8 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB); 21; 22; 23; 24 – medis su 10 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB), 25; 26; 27; 28 – medis su medžio plaušo plokšte (MPP kartonas), 29; 30; 31; 32 – medis su trigubu medžio plaušo plokšte (MPP kartonas).

4.2 paveiksle pavaizduota visų bandinių gniuždoma jėga. Iš jo matyti, kad didžiausią gniuždomą jėgą gali atlaikyti bandiniai su skardos lakšto priedu, kai skardos storis siekia 3 mm jėga 52,7 – 54,6 kN, kai skardos storis 1,5 mm gniuždoma jėga svyruoja 42,1 – 43,3 kN. Bandinių su trigubu medžio plaušo plokšte (MPP kartonu) gniuždoma jėga svyruoja 36,1 – 37,3 kN. Bandinių tik su medžio plaušo plokšte (MPP kartonu) gniuždoma jėga 32,3 – 33,1 kN. Bandinių su orientuotų skiedrų plokšte (OSB) rezultatai ganėtinai panašūs: kai plokštės storis 10 mm, rezultatai siekia 35 – 37,9 kN; kai plokštės storis 8 mm, rezultatai siekia 35,5 – 37,1 kN; kai plokštės storis 6 mm, rezultatai siekia 32,1 – 36,4 kN. Mažiausią gniuždomą jėgą turi medinė sija be jokio papildomo priedo, rezultatai svyruoja 23,5 – 25,5 kN.

4.3 Gniuždomo stiprio palyginimas

Gniuždomo stiprio palyginimas įvairios sudėties bandiniams pateiktas 4.1 lent., o 4.1 paveiksle yra pateiktos bandinių pavyzdžių dalis po lenkimo tyrimo.

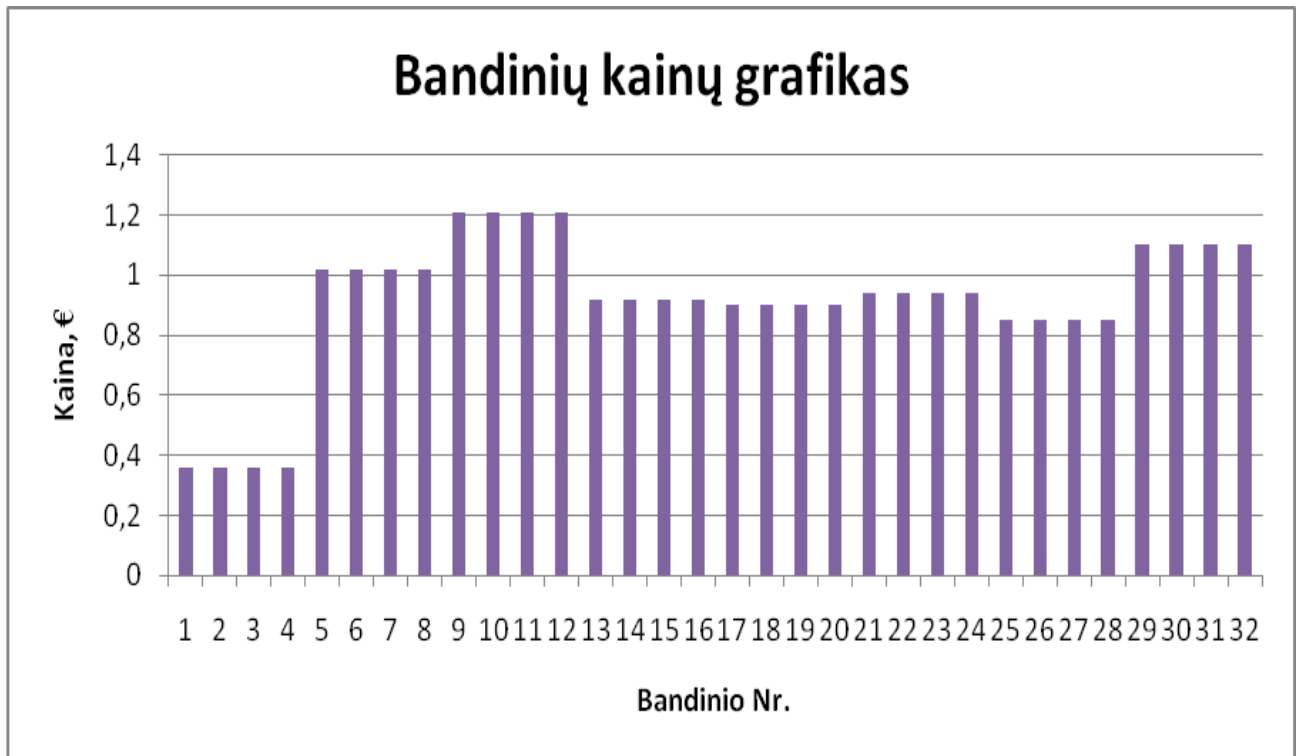


4.3 pav. Gniuždymo stiprių palyginimas: 1; 2; 3; 4 – medinė sija, 5; 6; 7; 8 – medis su 1,5 mm skardos lakšto priedu, 9; 10; 11; 12 – medis su 3 mm skardos lakšto priedu, 13; 14; 15; 16 – medis su 6 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB), 17; 18; 19; 20 – medis su 8 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB); 21; 22; 23; 24 – medis su 10 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB), 25; 26; 27; 28 – medis su medžio plaušo plokšte (MPP kartonas), 29; 30; 31; 32 – medis su trigubu medžio plaušo plokšte (MPP kartonas).

4.3 paveiksle pavaizduota visų bandinių gniuždomas stipris. Iš jo matyti, kad didžiausią gniuždomąjį stiprį turi bandiniai su skardos lakšto priedu, kai skardos storis siekia 3 mm jėga 29,9 – 31,8 kN, kai skardos storis 1,5 mm gniuždomasis stipris svyruoja 26,4 – 27,6 kN. Bandinių su trigubu medžio plaušo plokšte (MPP kartonu) gniuždomasis stipris svyruoja 23,7 – 25,1 kN. Bandinių tik su medžio plaušo plokšte (MPP kartonu) gniuždomasis stipris 21,5 – 22,2 kN. Bandinių su orientuotų skiedrų plokšte (OSB) rezultatai ganėtinai panašūs: kai plokštės storis 10 mm, rezultatai siekia 23,3 – 26,2 kN; kai plokštės storis 8 mm, rezultatai siekia 24,9 – 26,5 kN; kai plokštės storis 6 mm, rezultatai siekia 23,6 – 27,9 kN. Mažiausią gniuždomąjį stiprį turi medinė sija be jokio papildomo priedo, rezultatai svyruoja 12,3 – 13,7 kN.

4.4 Bandinių kainų palyginimas

Bandinių kainų palyginimas įvairios sudėties bandiniams pateiktas 4.1 lent., o 4.1 paveiksle yra pateiktos bandinių pavyzdžių dalis po lenkimo tyrimo.

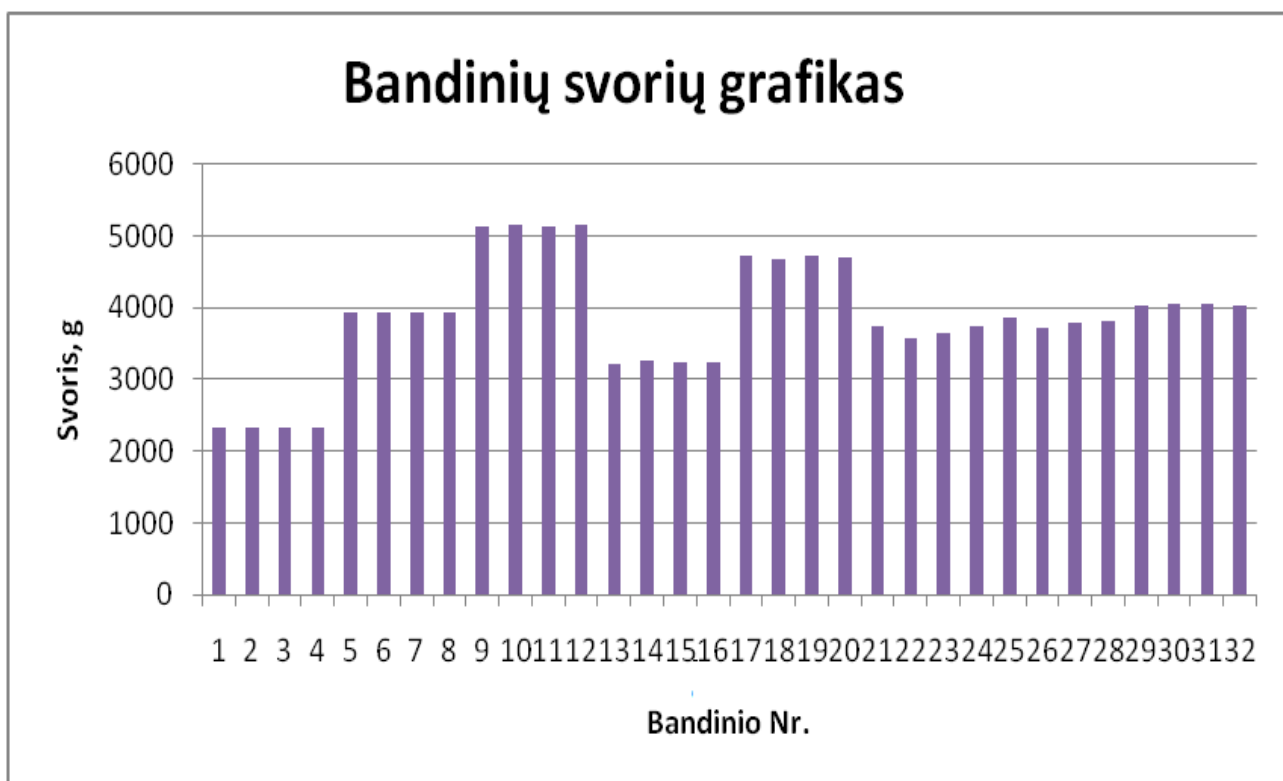


4.4 pav. Bandinių kainų grafikas: 1; 2; 3; 4 – medinė sija, 5; 6; 7; 8 – medis su 1,5 mm skardos lakšto priedu, 9; 10; 11; 12 – medis su 3 mm skardos lakšto priedu, 13; 14; 15; 16 – medis su 6 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB), 17; 18; 19; 20 – medis su 8 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB); 21; 22; 23; 24 – medis su 10 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB), 25; 26; 27; 28 – medis su medžio plaušo plokšte (MPP kartonas), 29; 30; 31; 32 – medis su trigubu medžio plaušo plokšte (MPP kartonas).

4.4 paveiksle pavaizduota visų bandinių kainų palyginimas. Iš jo matyti, kad didžiausią kainą turi bandiniai su skardos lakšto priedu, kai skardos storis siekia 3 mm kaina siekia 1,21 € (į kainą neįskaičiuotas darbas bandinio paruošimui), kai skardos storis 1,5 mm kaina 1,02 € (į kainą neįskaičiuotas darbas bandinio paruošimui). Bandinių su trigubu medžio plaušo plokšte (MPP kartonu) kaina siekia 1,10 € (į kainą neįskaičiuotas darbas bandinio paruošimui). Bandinių tik su medžio plaušo plokšte (MPP kartonu) kaina 0,85 € (į kainą neįskaičiuotas darbas bandinio paruošimui). Bandinių su orientuotų skiedrų plokšte (OSB) kainos ganėtinai panašios: kai plokštės storis 10 mm, kaina siekia 0,94 € (į kainą neįskaičiuotas darbas bandinio paruošimui); kai plokštės storis 8 mm, kaina siekia 0,90 € (į kainą neįskaičiuotas darbas bandinio paruošimui); kai plokštės storis 6 mm, kaina siekia 0,92 € (į kainą neįskaičiuotas darbas bandinio paruošimui). Mažiausią kainą turi medinė sija be jokio papildomo priedo – 0,36 € (į kainą neįskaičiuotas darbas bandinio paruošimui).

4.5 Bandinių svarių palyginimas

Bandinių svarių palyginimas įvairios sudėties bandiniams pateiktas 4.1 lent., o 4.1 paveiksle yra pateiktos bandinių pavyzdžių dalis po lenkimo tyrimo.

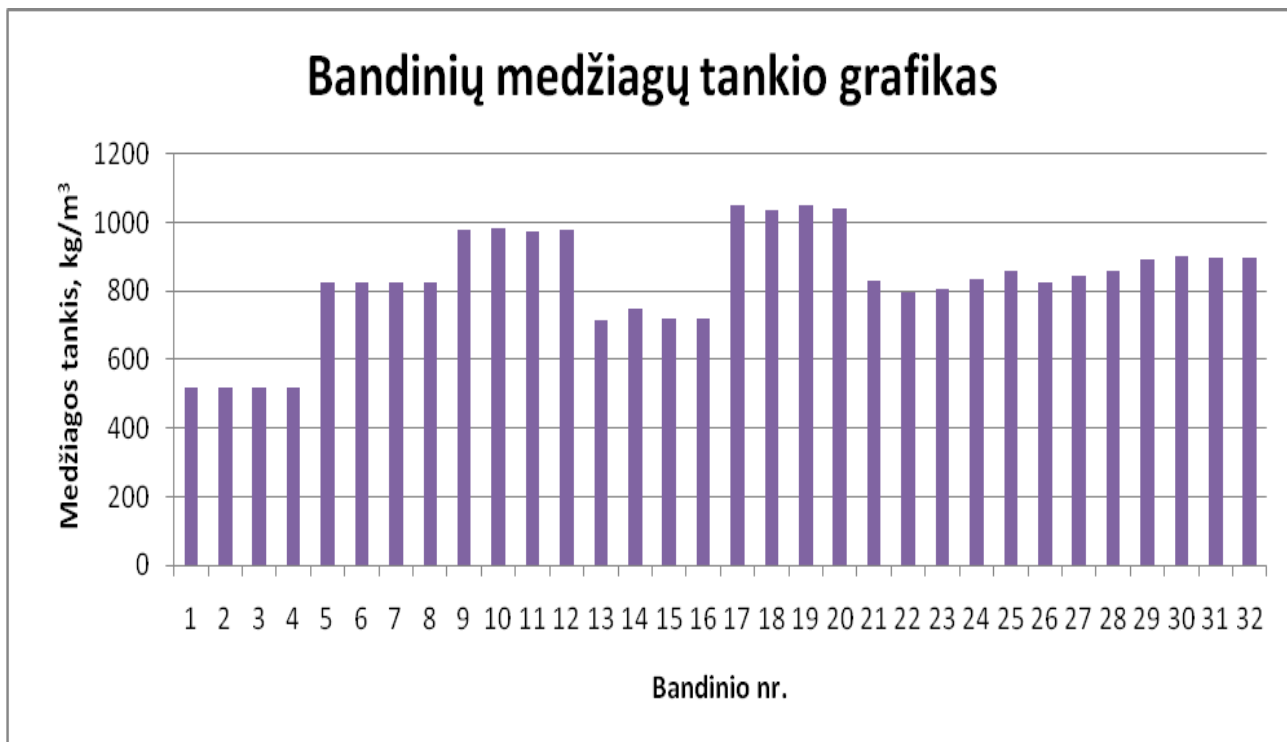


4.5 pav. Bandinių svarių grafikas: 1; 2; 3; 4 – medinė sija, 5; 6; 7; 8 – medis su 1,5 mm skardos lakšto priedu, 9; 10; 11; 12 – medis su 3 mm skardos lakšto priedu, 13; 14; 15; 16 – medis su 6 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB), 17; 18; 19; 20 – medis su 8 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB); 21; 22; 23; 24 – medis su 10 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB), 25; 26; 27; 28 – medis su medžio plaušo plokšte (MPP kartonas), 29; 30; 31; 32 – medis su trigubu medžio plaušo plokšte (MPP kartonas).

4.5 paveiksle pavaizduota visų bandinių svarių palyginimas. Iš jo matyti, kad didžiausią svorį, turi bandiniai su skardos lakšto priedu, kai skardos storis 3 mm svoris siekia 5 136 – 5153 g, kai skardos storis 1,5 mm svoris svyruoja 3 921 – 3 940 g. Bandinių su trigubu medžio plaušo plokšte (MPP kartonu) svoris svyruoja 4 021,1 – 4 051,9 g. Bandinių tik su medžio plaušo plokšte (MPP kartonu) svoris siekia 3 719,3 – 3 872 g. Bandinių su orientuotų skiedrų plokšte (OSB) rezultatai ganėtinai nepanašūs: kai plokštės storis 10 mm, rezultatai siekia 4 667,8 – 4 729,4; kai plokštės storis 8 mm, rezultatai siekia 3 577,6 – 3 742,5 g; kai plokštės storis 6 mm, rezultatai siekia 3 220,8 – 3 260,9 g. Mažiausiai sveria medinė sija be jokio papildomo priedo – 2 330 – 2 335 g.

4.6 Bandinių medžiagų tankių palyginimas

Medžiagų tankio palyginimas įvairios sudėties bandiniams pateiktas 4.1 lent., o 4.1 paveiksle yra pateiktos bandinių pavyzdžių dalis po lenkimo tyrimo.



4.6 pav. Bandinių medžiagų tankio grafikas: 1; 2; 3; 4 – medinė sija, 5; 6; 7; 8 – medis su 1,5 mm skardos lakšto priedu, 9; 10; 11; 12 – medis su 3 mm skardos lakšto priedu, 13; 14; 15; 16 – medis su 6 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB), 17; 18; 19; 20 – medis su 8 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB); 21; 22; 23; 24 – medis su 10 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB), 25; 26; 27; 28 – medis su medžio plaušo plokšte (MPP kartonas), 29; 30; 31; 32 – medis su trigubu medžio plaušo plokšte (MPP kartonas).

4.6 paveiksle pavaizduotas visų bandinių medžiagų tankis. Iš jo matyti, kad didžiausią tankį turi bandiniai su 10 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB) priedu. Medžiagos tankis siekia $1\,037,3 - 1\,051\text{ kg/m}^3$, kai orientuotų skiedrų plokštės (OSB) storis 8 mm medžiagos tankis svyruoja $795 - 836\text{ kg/m}^3$, kai orientuotų skiedrų plokštės (OSB) storis 6 mm medžiagos tankis siekia $715,7 - 746,9\text{ kg/m}^3$. Bandinių su trigubu medžio plaušo plokšte (MPP kartonu) medžiagų tankis svyruoja $893,6 - 900,4\text{ kg/m}^3$. Bandinių tik su medžio plaušo plokšte (MPP kartonu) medžiagos tankis siekia $826,5 - 860,4\text{ kg/m}^3$. Mažiausias medžiagos tankis, medinės sijos, be jokio papildomo priedo, rezultatai siekia $517,8 - 518,9\text{ kg/m}^3$.

4.7 Įlinkio priklausomybė nuo gegnės ilgio

Remiantis 3.2 formule galime įlinkį užrašyti pagal 4.1 formulę:

$$y = \frac{F \cdot l^3}{48 \cdot D}; \quad (4.1)$$

Čia: F – konstrukciją veikianti jėga; l – medžiagos ilgis; D – konstrukcijos standumas.

4.1 formulėje esančią jėgą F galime išreikšti per sloginį, gausime tikrąją įlinkio 4.2 formulę:

$$y = -\frac{5ql^4}{38D}; \quad (4.2)$$

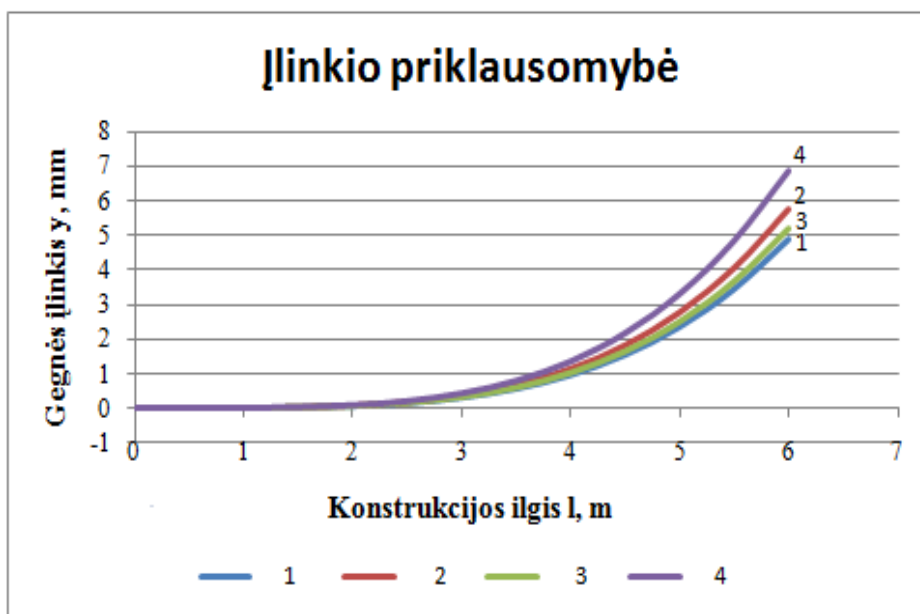
Čia: q – konstrukcijos apkrova; l – konstrukcijos ilgis; D – konstrukcijos standumas.

4.2 lent., 4.7 ir 4.8 pav. pateikiamos paprastos gegnės ir jos kompozitų įlinkio priklausomybės nuo konstrukcijos ilgio, konstrukcijos ilgis keičiasi kas puse metro. 4.3 lent. ir 4.9 pav. pateikiamos konstrukcijų kainų priklausomybė nuo konstrukcijos ilgio, konstrukcijos ilgis keičiasi kas puse metro.

4.2 lent. Įlinkio priklausomybė nuo konstrukcijos ilgio.

Ilgis, mm	Konstrukcijos sudėtis							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	0	0	0	0	0	0
500	0,00024	0,00028	0,00025	0,00033	0,00031	0,00030	0,00029	0,00029
1000	0,00376	0,00443	0,00403	0,00529	0,00498	0,00477	0,00469	0,00466
1500	0,01906	0,02245	0,02040	0,02677	0,02521	0,02415	0,02375	0,02362
2000	0,06023	0,07094	0,06446	0,08461	0,07968	0,07634	0,07505	0,07464
2500	0,14706	0,17320	0,15737	0,20658	0,19454	0,18637	0,18323	0,18222
3000	0,30494	0,35914	0,32632	0,42836	0,40339	0,38645	0,37995	0,37785
3500	0,56494	0,66535	0,60455	0,79358	0,74733	0,71595	0,70390	0,70001
4000	0,96376	1,13506	1,03134	1,35381	1,27491	1,22138	1,20083	1,19419
4500	1,54375	1,81815	1,65201	2,16855	2,04216	1,95642	1,92350	1,91285
5000	2,35293	2,77115	2,51792	3,30521	3,11258	2,98189	2,93171	2,91549
5500	3,44492	4,05724	3,68648	4,83916	4,55713	4,36578	4,29232	4,26857
6000	4,87903	5,74626	5,22115	6,85369	6,45425	6,18324	6,07920	6,04557

Pastaba: 1 – medinė sija, 2 – medis su 1,5 mm skardos lakšto priedu, 3 – medis su 3 mm skardos lakšto priedu, 4 – medis su 6 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB), 5 – medis su 8 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB); 6– medis su 10 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB), 7 – medis su medžio plaušo plokšte (MPP kartonas), 8 – medis su trigubu medžio plaušo plokšte (MPP kartonas).



4.7 pav. Bandinių įlinkio priklausomybė nuo ilgio: 1 – medinė sija, 2 – medis su 1,5 mm skardos lakšto priedu, 3 – medis su 3 mm skardos lakšto priedu, 4 – medis su 6 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB).



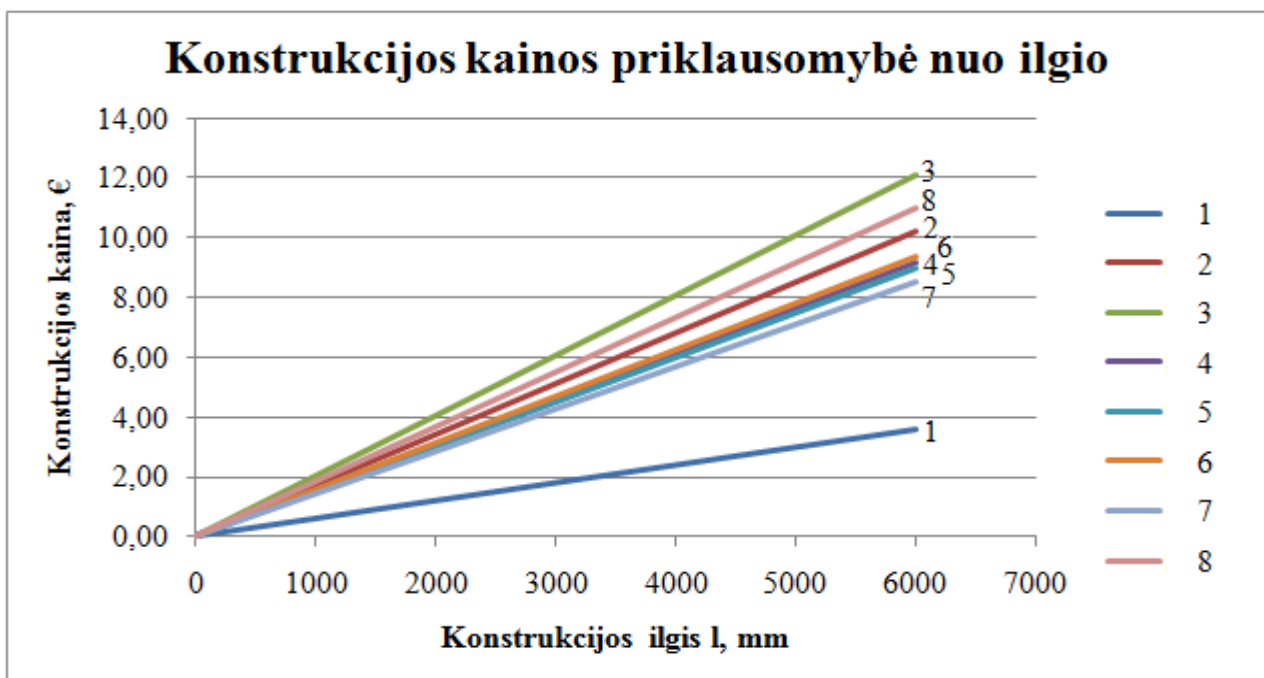
4.8 pav. Bandinių įlinkio priklausomybė nuo ilgio: 5 – medis su 8 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB); 6 – medis su 10 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB), 7 – medis su medžio plaušo plokšte (MPP kartonas), 8 – medis su trigubu medžio plaušo plokšte (MPP kartonas).

Iš 4.2 lent., 4.7 ir 4.8 pav. gerai matyti, kad didėjant konstrukcijų ilgiams didėja ir įlinkiai. Mažiausias įlinkis yra medinės gegnės be jokių komponentų, didžiausias – medinės gegnės su 6 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB) priedu.

4.3 lent. Kainos priklausomybė nuo konstrukcijos ilgio.

Bandinio ilgis, mm	Konstrukcijos sudėtis							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
500	0,30	0,85	1,01	0,77	0,75	0,78	0,71	0,92
1000	0,60	1,70	2,02	1,53	1,50	1,57	1,42	1,83
1500	0,90	2,55	3,03	2,30	2,25	2,35	2,13	2,75
2000	1,20	3,40	4,03	3,07	3,00	3,13	2,83	3,67
2500	1,50	4,25	5,04	3,83	3,75	3,92	3,54	4,58
3000	1,80	5,10	6,05	4,60	4,50	4,70	4,25	5,50
3500	2,10	5,95	7,06	5,37	5,25	5,48	4,96	6,42
4000	2,40	6,80	8,07	6,13	6,00	6,27	5,67	7,33
4500	2,70	7,65	9,08	6,90	6,75	7,05	6,38	8,25
5000	3,00	8,50	10,08	7,67	7,50	7,83	7,08	9,17
5500	3,30	9,35	11,09	8,43	8,25	8,62	7,79	10,08
6000	3,60	10,20	12,10	9,20	9,00	9,40	8,50	11,00

Pastaba: 1 – medinė sija, 2 – medis su 1,5 mm skardos lakšto priedu, 3 – medis su 3 mm skardos lakšto priedu, 4 – medis su 6 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB), 5 – medis su 8 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB); 6– medis su 10 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB), 7 – medis su medžio plaušo plokšte (MPP kartonas), 8 – medis su trigubu medžio plaušo plokšte (MPP kartonas).



4.9 pav. Konstrukcijos kainos priklausomybė nuo jos ilgio: 1 – medinė sija, 2 – medis su 1,5 mm skardos lakšto priedu, 3 – medis su 3 mm skardos lakšto priedu, 4 – medis su 6 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB), 5 – medis su 8 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB); 6– medis su 10 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB), 7 – medis su medžio plaušo plokšte (MPP kartonas), 8 – medis su trigubu medžio plaušo plokšte (MPP kartonas).

IŠVADOS

1. Atlikus gegnės įlinkio su priedais ir be jų tyrimus nustatyta, kad bandinių be priedų didžiausia jėga – 25,5 kN, bandinių su 1,5 mm skardos lakšto priedu didžiausia jėga – 43,3 kN, bandinių su 3 mm skardos lakšto priedu didžiausia jėga 31,8 kN, bandinių su 6 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB) didžiausia jėga – 27,9 kN, bandinių su 8 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB) didžiausia jėga – 37,1 kN, bandinių su 10 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB) didžiausia jėga – 37,9 kN, bandinių su medžio plaušo plokšte (MPP kartonu) didžiausia jėga – 22,2 kN, bandinių su trigubu medžio plaušo plokšte (MPP kartonu) didžiausia jėga – 37,3 kN.
2. Bandinių be priedų didžiausias gniuždomas stipris – 13,7 MPa. Bandinių su 1,5 mm skardos lakšto priedu didžiausias gniuždomas stipris – 27,6 MPa. Bandinių su 3 mm skardos lakšto priedu didžiausias gniuždomas stipris – 31,8 MPa. Bandinių su 6 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB) didžiausias gniuždomas stipris – 27,9 MPa. Bandinių su 8 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB) didžiausias gniuždomas stipris – 26,5 MPa. Bandinių su 10 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB) didžiausias gniuždomas stipris – 26,2 MPa. Bandinių su medžio plaušo plokšte (MPP kartonu) didžiausias gniuždomas stipris – 22,2 MPa. Bandinių su trigubu medžio plaušo plokšte (MPP kartonu) didžiausias gniuždomas stipris – 25,1 MPa.
3. Vienas medinės gegnės bandinys be priedų kainuoja apie 0,36 € neįskaitant darbo bandiniui padaryti. Bandinys su 1,5 mm skardos lakšto priedu kainuoja apie 1,02 € neįskaitant darbo bandiniui paruošti. Bandinys su 3 mm skardos lakšto priedu kainuoja apie 1,21 € neįskaitant darbo bandiniui padaryti. Bandiniai su orientuotų skiedrų plokšte (OSB) 6, 8 ir 10 mm storio atitinkamai kainuoja 0,92, 0,90 ir 0,94 € neįskaitant darbo bandiniui paruošti. Bandinys su medžio plaušo plokšte (MPP kartonu) kainuoja apie 0,85 € neįskaitant darbo bandiniui paruošti. Bandinys su trigubu medžio plaušo plokšte (MPP kartonu) kainuoja apie 1,1 € neįskaitant darbo bandiniui paruošti.
4. Ištyrus bandinius: Vienas medinis bandinys be priedų daugiausiai svėrė 2 335 g; Bandinys su 1,5 mm skardos lakšto priedu daugiausiai svėrė 3 940 g. Bandinys su 3 mm skardos lakšto priedu daugiausiai svėrė 5 153 g. Bandiniai su orientuotų skiedrų plokšte (OSB) 6, 8 ir 10 mm storio daugiausiai svėrė atitinkamai 3 260,9 g, 3 742,5 g ir 4 729,4 g. Bandinys su medžio plaušo plokšte (MPP kartonu) daugiausiai svėrė 3 872 g. Bandinys su trigubu medžio plaušo plokšte (MPP kartonu) daugiausiai svėrė 4 051,9 g.
5. Suskaičiavus bandinių standumo vidurkį rezultatai gauti tokie: Medinės sijos – 20970,53 kNm²; Medienos su 1,5 mm skardos lakšto priedu – 17805,62 kNm²; Medienos su 3 mm skardos priedu – 19596,4 kNm²; Medienos su 6 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB) – 14928,58 kNm²; Medienos su 8 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB) – 15852,48 kNm²; Medienos su 10 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB) – 16547,26 kNm²; Medienos su medžio plaušo plokšte (MPP kartonu) – 16830,46 kNm²; Medienos su trigubu medžio plaušo plokšte (MPP kartonu) – 16924,10 kNm².
6. Didėjant konstrukcijų ilgiams didėja ir įlinkiai. Mažiausias įlinkis yra medinės gegnės be jokių komponentų, 6 m konstrukcijos įlinkis – 4,87 mm, didžiausias – medinės gegnės su 6 mm orientuotų skiedrų plokštės (OSB) priedu, 6 m konstrukcijos įlinkis – 6,85 mm.
7. Didėjant konstrukcijų ilgiams atitinkamai didėja ir konstrukcijos kaina. Mažiausiai kainuoja mediena be jokių priedų, 6 m gegnė kainuoja – 3,60 €, daugiausiai kainuoja mediena su 3 mm skardos lakšto priedu, 6 m konstrukcija kainuoja – 12,10 €.

LITERATŪRA

1. Internetinis šaltinis: <http://remontogidas.lt/naudinga-informacija/90-konstrukcijos-ir-technologiniai-sprendimai> [žiūrėta 2016-10-16];
2. R. Bundzinskas, D. Garuckas. „Gegnės įlinkio tyrimas priklausomai nuo skersjūvio”;
3. STR 2.05.04:2003 9 priedas „Įlinkių ir poslinkių nustatymas“;
4. STR 2.05.07:2005 „Medinių konstrukcijų projektavimas“;
5. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas „Dėl apvalios medienos klasifikavimo ir ženklinimo taisyklių patvirtinimo“;
6. Eurokodas - 5. „MEDINIŲ KONSTRUKCIJŲ SKAIČIAVIMO PAGRINDAI“;
7. Internetinis šaltinis: <http://www.mnamai.lt/index.php?psl=sluoksniuotu-medienos-ploksciu-clt-konstrukcijos> [žiūrėta 2016-10-16];
8. Internetinis šaltinis: <http://www.intervilza.lt/index.php/lt/1> [žiūrėta 2016-10-17];
9. Internetinis šaltinis: <http://www.compositus.lt/category/kompozitai-ir-ju-gamyba-keletas-svarbiu-pastabu> [žiūrėta 2016-10-17];
10. Gailius A. „KOMPOZICINĖS MEDŽIAGOS IR DIRBINIAI ENERGETIŠKAI EFEKTYVIŲ PASTATŲ STATYBAI“. Vilnius 2012;
11. J. Bareišis, „KONSTRUKCIJŲ STIPRUMAS IR PATIKIMUMAS“ paskaitų konspektas mechanikos inžinerijos magistrams 1 dalis 2003. Panevėžys.

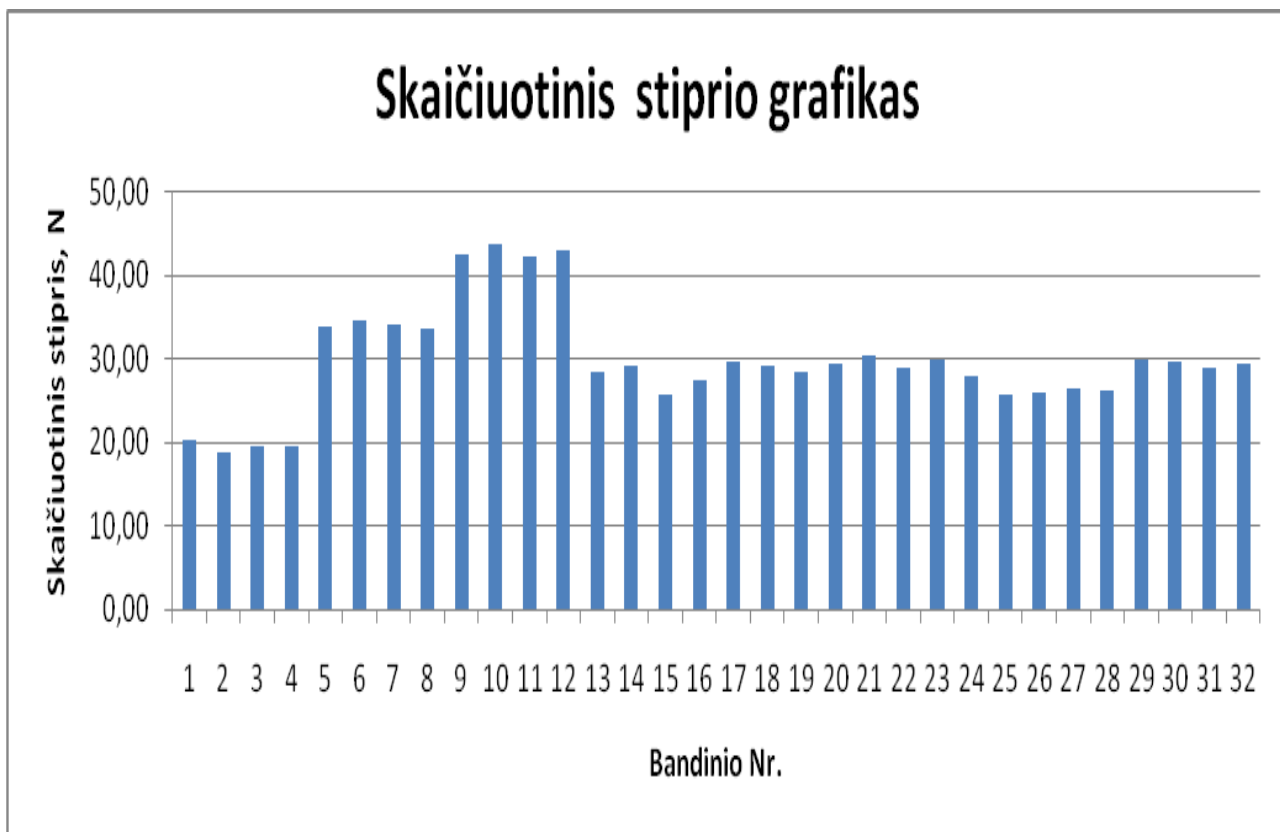
PRIEDAI

1. Skaičiuotinis stipris lenkiant

1.1 lent. Duomenų lentelė.

Band. Nr.	Matmenys			Sudėtis	Gniuždymo jėga, kN	Skaičiuotinis stipris, N/mm ²
	Ilgis, mm	Plotis, mm	Aukštis, mm			
1	600	50	150	M	25,5	20,40
2	600	50	150	M	23,5	18,80
3	600	50	150	M	24,4	19,52
4	600	50	150	M	24,6	19,68
5	600	50	150	M+PL(1)+M	42,4	33,92
6	600	50	150	M+PL(1)+M	43,3	34,64
7	600	50	150	M+PL(1)+M	42,8	34,24
8	600	50	150	M+PL(1)+M	42,1	33,68
9	600	50	150	M+PL(2)+M	53	42,40
10	600	50	150	M+PL(2)+M	54,6	43,68
11	600	50	150	M+PL(2)+M	52,7	42,16
12	600	50	150	M+PL(2)+M	53,9	43,12
13	600	50	150	M+OSB(3)+M	35,6	28,48
14	600	50	150	M+OSB(3)+M	36,4	29,12
15	600	50	150	M+OSB(3)+M	32,1	25,68
16	600	50	150	M+OSB(3)+M	34,3	27,44
17	600	50	150	M+OSB(4)+M	37,1	29,68
18	600	50	150	M+OSB(4)+M	36,6	29,28
19	600	50	150	M+OSB(4)+M	35,5	28,40
20	600	50	150	M+OSB(4)+M	36,9	29,52
21	600	50	150	M+OSB(5)+M	37,9	30,32
22	600	50	150	M+OSB(5)+M	36,1	28,88
23	600	50	150	M+OSB(5)+M	37,4	29,92
24	600	50	150	M+OSB(5)+M	35	28,00
25	600	50	150	M+MPP+M	32,3	25,84
26	600	50	150	M+MPP+M	32,5	26,00
27	600	50	150	M+MPP+M	33,1	26,48
28	600	50	150	M+MPP+M	32,7	26,16
29	600	50	150	MPP+M+MPP+M+MPP	37,3	29,84
30	600	50	150	MPP+M+MPP+M+MPP	37,2	29,76
31	600	50	150	MPP+M+MPP+M+MPP	36,1	28,88
32	600	50	150	MPP+M+MPP+M+MPP	36,8	29,44

Pastabos. Didžiausios reikšmės pažymėtos pariebintu šriftu (*Bold*) ir lentelės langelio tamsesniu fonu. Mažiausios reikšmės pažymėtos pariebintu šriftu (*Bold*).



1.1 pav. Skaičiuotinio stiprio grafikas: 1; 2; 3; 4 – medinė sija, 5; 6; 7; 8 – medis su 1,5 mm skardos lakšto priedu, 9; 10; 11; 12 – medis su 3 mm skardos lakšto priedu, 13; 14; 15; 16 – medis su 6 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB), 17; 18; 19; 20 – medis su 8 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB); 21; 22; 23; 24 – medis su 10 mm orientuotų skiedrų plokšte (OSB), 25; 26; 27; 28 – medis su medžio plaušo plokšte (MPP kartonas), 29; 30; 31; 32 – medis su trigubu medžio plaušo plokšte (MPP kartonas).

1.1 lentelėje pateikti duomenys apie bandinių gniuždomą jėgą ir skaičiuotinį stiprį. 1.1 paveiksle pavaizduotas bandinių skaičiuotinis stipris. Didžiausią skaičiuotinį stiprį turi bandiniai su skardos lakšto priedu, kai skardos storis siekia 3 mm, rezultatas svyruoja nuo 42,16 iki 43,68 N, o kai skardos storis 1,5 mm skaičiuotinis stipris – 33,68 – 34,64 N. Bandinių su trigubu medžio plaušo plokšte (MPP kartonu) siekia nuo 28,88 N iki 29,84 N. Bandinių tik su medžio plaušo plokšte (MPP kartonu) skaičiuotinis stipris – nuo 25,84 N iki 26,48 N. Bandinių su orientuotų skiedrų plokšte (OSB) rezultatai ganėtinai panašūs: kai plokštės storis 10 mm, rezultatai siekia 28 N – 30,32 N; kai plokštės storis 8 mm, rezultatai siekia 28,4 – 29,68 N; kai plokštės storis 6 mm, rezultatai siekia 25,68 – 29,12 N. Mažiausią skaičiuotinį stiprį turi medinė sija be jokio papildomo priedo, rezultatai svyruoja nuo 18,8 N iki 20,4 N.