

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
MECHANINĖS TECHNOLOGIJOS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas

Lek.Z.Ramonas

2007 06 14

**SIJOS, SUDARYTOS IŠ DVIEJŲ MEDŽIAGŲ,
STIPRUMO IR STANDUMO TYRIMAS**

Magistro darbas

Recenzentas

ŠU Technologijos fakultetas

Mechanikos inžinerijos katedros

Prof. habil. dr. A. Bražėnas

2007 06 14

Vadovas

Prof. habil. dr. J. Bareišis

2007 06 14

Atliko

MM-5 gr. Stud.

M. Dolieba

2007 06 14

ŠIAULIAI 2007

SUMMARY

Dolieba M. Influence of analysis of Strength and Stiffness of Two- Ply Beam: Master thesis of mechanical engineer / research advisor Assoc. Prof. habil. Dr. J. Bareišis; Šiauliai University, Technological Faculty, Mechanical Engineering Department.- Šiauliai, 2007.

Materials for construction are needful more and more. Engineers are trying to get more perfection materials. Multiplayer construction is very popular at this time, because it is cheaper, we can reduce the weight and the rigidity make similarly.

Different products and constructions elements are using for multiplayer constructions from glass, carbon, boric plastic and other materials.

We were analysing the six metres beam from two ply. We were taking different cross-section and different high of ply and we were analysing strength and stiffness. Then we were calculating how less material we need for rational beam.

The result is that we can see which cross-section are the best for using. At last we can see that multiplayer constructions have the advantage before common beams. We get that the rational beam is thirty percent cheaper.

TURINYS

TURINYS.....	3
LENTELIŲ SĄRAŠAS.....	4
PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS.....	5
ĮVADAS.....	7
1. DAUGIASLUOKSNIŲ SIJŲ TAIKYMAS, JŲ EFEKTYVUMAS.....	8
1.1 Sijų naudojamų perdangose, tiltuose ir kt., konstrukcijos, naudojamos medžiagos.....	8
1.2 Vienodo atsparumo sijos, jų privalumai ir trūkumai.....	17
1.3 Daugiasluoksnių konstrukcinių elementų taikymas, jų konstrukcija ir efektyvumas.....	19
2. DAUGIASLUOKSNIŲ SIJŲ PROJEKTAVIMAS.....	22
2.1 Neutralaus sluoksnio padėties nustatymo metodai.....	22
2.2 Daugiasluoksnių sijų standumo nustatymo metodai.....	25
2.3 Sijų stiprumo (įtempimų) skaičiavimas.....	27
3. TIRIAMŲ KONSTRUKCIJŲ ANALYZĖ.....	29
3.1 Naudojamų medžiagų charakteristikos.....	29
3.2 Tiriamų sijų skerspjūviai ir kiti parametrai.....	31
4. PASTOVAUS SKERSPJŪVIO DVIKOMPONENTES SIJOS STIRUMO IR STANDUMO TYRIMAS.....	34
4.1 Sluoksnių išdėstymo ir skerspjūvio formos įtaka sijos stiprumui.....	34
4.2 Sluoksnių išdėstymo ir skerspjūvio formos įtaka sijos standumui ir kainai.....	42
5. VIENODO ATSPARUMO SIJOS TYRIMAS.....	49
5.1 Vienodo atsparumo sijos formavimas keičiant sijos aukštį.....	49
5.2 Vienodo atsparumo sijos formavimas keičiant sluoksnių išdėstymą.....	54
IŠVADOS.....	59
LITERATŪRA.....	60

LENTELIŲ SĄRAŠAS

Lentelė 4.1.1 Sijos iš dviejų medžiagų sujungtų horizontaliai stiprumas;

Lentelė 4.1.2 Sijos iš dviejų medžiagų sujungtų horizontaliai stiprumo pokytis;

Lentelė 4.1.3 Sijos iš dviejų medžiagų sujunktų vertikalčiai stiprumas;

Lentelė 4.1.4 Sijos iš dviejų medžiagų sujunktų vertikalčiai stiprumo pokytis;

Lentelė 4.1.5 Sijos iš dviejų medžiagų, trijų sluoksnių sujunktų horizontaliai stiprumo;

Lentelė 4.1.6 Sijos iš dviejų medžiagų, trijų sluoksnių sujunktų horizontaliai stiprumo pokytis;

Lentelė 4.1.7 Sijos iš dviejų medžiagų, trijų sluoksnių sujunktų horizontaliai, vidurinis sluoksnis sudarytas iš dviejų sluoksnių sujunktų vertikalčiai, stiprumas;

Lentelė 4.1.8 Sijos iš dviejų medžiagų, trijų sluoksnių sujunktų horizontaliai, vidurinis sluoksnis sudarytas iš dviejų sluoksnių sujunktų vertikalčiai, stiprumo pokytis;

Lentelė 4.2.1 Sijos iš dviejų medžiagų sujungtų horizontaliai standumas;

Lentelė 4.2.2 Sijos iš dviejų medžiagų sujunktų vertikalčiai standumas;

Lentelė 4.2.3 Sijos iš dviejų medžiagų, trijų sluoksnių sujunktų horizontaliai standumas;

Lentelė 4.2.4 Sijos iš dviejų medžiagų, trijų sluoksnių sujunktų horizontaliai, vidurinis sluoksnis sudarytas iš dviejų sluoksnių sujunktų vertikalčiai, standumas;

Lentelė 5.2.1 Racionalios sijos standumas

Lentelė 5.2.2 Racionalios sijos standumas

Lentelė 5.2.3 Rezultatų palyginimas.

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

- 1.1.1 pav. T profilio sija;
- 1.1.2 pav. Apversto T ir L profilio sijos;
- 1.1.3 pav. Šlaitinės SI sija;
- 1.1.4 pav. Dvitėjinė I sija;
- 1.1.5 pav. Medinių sijų formos ir profiliai;
- 1.1.6 pav. Klijuotos medienos sijos;
- 1.1.7 pav. Santvarinės sijos;
- 1.1.8 pav. Metalų konstrukcijų profiliai;
- 2.1 pav. Trisluoksnis elementas, deformacijų ir normalinių įtempimų pasiskirstymas;
- 2.3 pav. Trisluoksnis sijos elementas prieš deformaciją (a) ir po deformacijos (b).
- 3.2.1 pav. 6 metrų sija galuose įtvirtinta dviem atramomis
- 3.2.2 pav. Sijos profilis;
- 3.2.3 pav. Sija iš dviejų sluoksnių sujungtų horizontaliai.
- 3.2.4 pav. Sija iš dviejų sluoksnių sujungtų vertikaliai.
- 3.2.5 pav. Sija iš trijų sluoksnių.
- 3.2.6 pav. Sija iš keturių sluoksnių.
- 4.1.1 pav. Sijos iš dviejų medžiagų sujungtų horizontaliai
- 4.1.2 pav. Stiprumo pokytis nuo medžiagų santykio
- 4.1.3 pav. Sija iš dviejų sluoksnių sujungtų vertikaliai.
- 4.1.4 pav. Stiprumo pokytis nuo medžiagų santykio.
- 4.1.5 pav. Sija iš trijų sluoksnių.
- 4.1.6 pav. Stiprumo pokytis nuo medžiagų santykio.
- 4.1.7 pav. Sija iš keturių sluoksnių.
- 4.1.8 pav. Stiprumo pokytis nuo medžiagų santykio.
- 4.1.9 pav. Stiprumo pokytis nuo medžiagų santykio. (a,b)
- 4.2.1 pav. Vientisos medžiagos sija
- 4.2.2 pav. Sijos iš dviejų medžiagų sujungtų horizontaliai
- 4.2.3 pav. Standumo pokytis nuo medžiagų santykio
- 4.2.4 pav. Sija iš dviejų sluoksnių sujungtų vertikaliai.
- 4.2.5 pav. Standumo pokytis nuo medžiagų santykio.
- 4.2.6 pav. Sija iš trijų sluoksnių.
- 4.2.7 pav. Standumo pokytis nuo medžiagų santykio.

- 4.2.8 pav.** Sija iš keturių sluoksnių.
- 4.2.9 pav.** Standumo pokytis nuo medžiagų santykio.
- 4.2.10 pav.** Standumo pokytis nuo medžiagų santykio.
- 5.1.1 pav.** Sijos schema.
- 5.1.2 pav.** Racionalios sijos forma ir apkrova
- 5.1.3 pav.** Sijos schema.
- 5.1.4 pav.** Racionalios sijos forma ir apkrova.
- 5.2.1 pav.** Racionalios sijos skerspjūvis
- 5.2.2 pav.** Racionalios sijos apkrovimo schema
- 5.2.3 pav.** Racionalios sijos skerspjūvis.
- 5.2.4 pav.** Racionalios sijos skerspjūvis.

IVADAS

Bet kokios rūšies statybai, visų pirma, reikalingos statybos medžiagos. Visas medžiagų poreikis statyboms Europoje viršija 2 trilijonus tonų per metus, todėl jos poreikiams patenkinti nebeužtenka tradicinių žaliavų. Medžiagos yra naudojamos pagrindiniuose pastatų, kuriuose mes gyvename ir dirbame, dalyse, taip pat keliuose, tiltuose ir tuneliuose, kuriuos mes naudojame susisiekimo tikslais, bei geriamo ir nutekamojo vandens tinkluose ir pan. Medžiagos ir jų deriniai sukuria estetinę išraišką bei užtikrina visų pastatų ir statinių konstrukcijų tvirtumą ir patvarumą. Siekiant sumažinti gamybos kaštus nuolat ieškoma naujų gamybos technologijų ir tobulinamos statyboje naudojamos medžiagos.

Šiuo metu daugelis konstrukcinių medžiagų gaminami iš vienos medžiagos. Tačiau naudojant tokio tipo konstrukcijas daugelių atvejų negalima suderinti medžiagos stiprumo savybių su keliamais masės, kainos ir kitais reikalavimais. Naudojant skirtingų stiprumų ir tamprumo charakteristikų medžiagas, galima optimaliai parinkti konstrukcijas pagal joms keliamus reikalavimus. Įvairių medžiagų bendras darbas kompozicijoje yra tolygus naujos medžiagos sukūrimui, kurios savybės kokybiškai ir kiekybiškai skiriasi nuo ją sudarančių komponentų savybių.

Gaminant įvairios paskirties gaminius bei konstrukcinius elementus, vis plačiau naudojamos kompozicinės medžiagos – stiklo, anglies bei boro plastikai, taip pat kitos medžiagos. Derinant kompozicinių medžiagų stiprumą ir standumą tempiant ar lenkiant su šių medžiagų sluoksnių storiais, tankiais ir kaina, galima gauti maksimalaus stiprumo ir standumo bei minimalios masės ar pigiausias daugiasluoksnes konstrukcijas.

Tyrimo objektas – šešių metrų sija sudaryta iš dviejų medžiagų.

Tyrimo tikslas – Panaudojant dvi medienos rūšis, išnagrinėti 6m. dvitramės sijos skirtingas skerspjūvių formas ir sluoksnių išdėstymą siekiant gauti optimaliausią jos konstrukcija.

Tyrimo uždaviniai:

- Įsisavinti daugiasluoksnių konstrukcinių elementų (DKE) stiprumo bei standumo skaičiavimo metodika.
- Įsisavinti racionalių sijų skaičiavimą.
- Išanalizuoti skirtingų skerspjūvių daugiasluoksnes sijas, įvertinti standumo ir stiprumo priklausomybes nuo medžiagų santykio.
- Palyginti racionalios sijos iš vientisos ir daugiasluoksnės medžiagos su vientiso skerspjūvio sijomis.

Darbo reikšmė – Iš tyrimų rezultatų nustatyta kokio tipo skerspjūviai, yra tinkamiausi ir kiek yra efektyvesnės racionalios formos sijos, lyginant su pastovaus skerspjūvio sijomis.

1. Daugiasluoksnių konstrukcinių elementų taikymas, jų efektyvumas

1.1 Sijų naudojamų perdangose, tiltuose ir kt., konstrukcijos, naudojamos medžiagos.

Gelžbetoninės sijos

Gelžbetonis yra šiuolaikinės statybos pagrindas iš jo statomi civiliniai, pramonės ir žemės ūkio pastatai, transporto statiniai, įvairios talpyklos, dūmtraukiai ir bokštų stiebai, sporto įrenginiai ir kitokie unikalūs statiniai.

Pastatų ir statinių gelžbetoninės konstrukcijos gali būti monolitinės, surenkamos arba kartu monolitinės ir surenkamos.

Agresyvioje aplinkoje gelžbetonis suyra dėl betono arba armatūros korozijos.

Skiriamos trys betono korozijos priežastys :

1. vanduo ir kai kurių druskų tirpai išplauna iš betono tirpius cementinio akmens komponentus – dažniausiai $\text{Ca}(\text{OH})_2$, kuriam tirpstant betonas darosi poringas ir silpnėja, paviršiuje atsiranda baltos dėmelės;
2. agresyvios aplinkos agentai chemiškai reaguoja su cementinių akmeniu arba užpildais susidaro tirpūs ir purūs produktai. Ypač pavojinga betonui rūgštys ($\text{pH} < 7$);
3. betono porose kondensuojasi ir kristalizuojasi druskos, kurios plečiasi ir ardo betoną. Būdinga betonui sulfatinė korozija.

Be trijų pagrindinių korozijos priežasčių būna ir kitų betono korozijos rūšių: biologinė, radioaktyvinė, erozinė, kavitacinė ir kt.

Armatūros betone korozija gali cheminė ir elektrocheminė. Cheminė vyksta tuomet, kai metalas reaguoja su sausomis dujomis arba skysčiais. Dažnesnė ir pavojingesnė yra elektrocheminė korozija. Armatūra rūdija tada, kai jos paviršiu susidaro elektrolitas ir pasiekia deguonis.

Betono ir armatūros korozijos intensyvumas priklauso nuo aplinkos drėgnumo ir temperatūros.

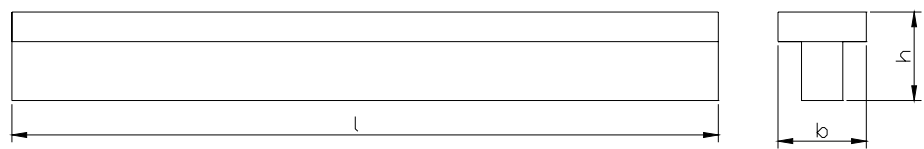
Stačiakampio skerspjūvio sijos

Stačiakampio skerspjūvio sijos daugiausiai naudojamos denginio konstrukcijoms atremti, taip pat perdangose užtikrinant bendrą denginio ir sijos eksploatavimą pastato konstrukcijoje. Jos paprastai armuojamos iš anksto įtempta armatūra, nors galimas ir paprasto armavimo variantas.

Kompleksinės perdangos sijos

Kompleksinėmis RF sijomis galima sumažinti įlinkius, padidinti standumą ir atsparumą skersinės jėgos poveikiams. Projektuojamos įvertinant bendrą darbą kartu su perdangos plokštėmis. Svarbus tokių konstrukcijų privalumas yra tai, kad apkrova atlaikoma esant mažesniai konstrukcijos aukščiui. Bendras sijos ir perdangos plokštės funkcionavimas konstrukcijoje

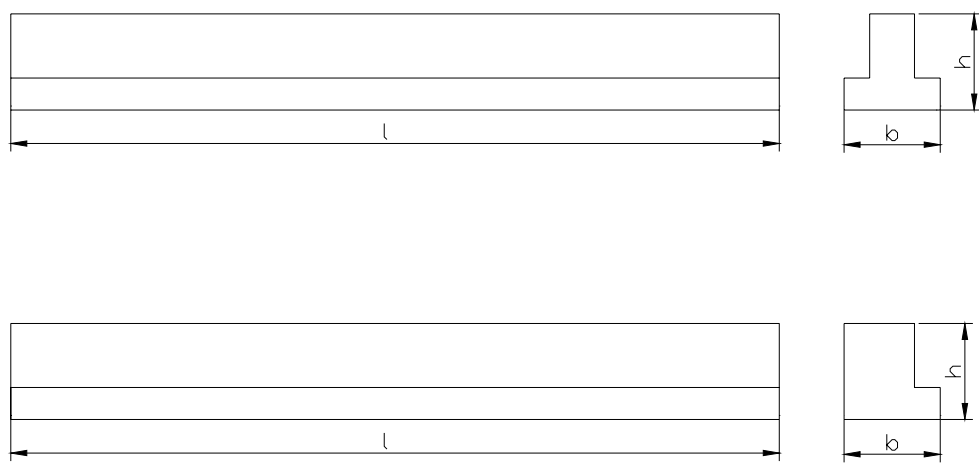
įvertinamas gniuždomos zonos ilgiu, kuris atskirais atvejais nustatomas toks pat kaip ir monolitinėse tokio tipo konstrukcijose.



1.1.1 pav. T profilio sija

Apversto T ir L profilio sijos

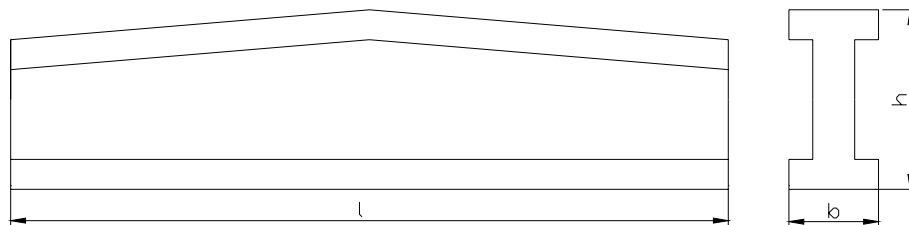
Apversto T ir L profilio sijos dėl nedidelio skerspjūvio aukščio naudojamoms perdangoms dengti. Jos armuotos iš anksto įtempta arba paprasta armatūra.



1.1.2 pav. Apversto T ir L profilio sijos.

SI sijos

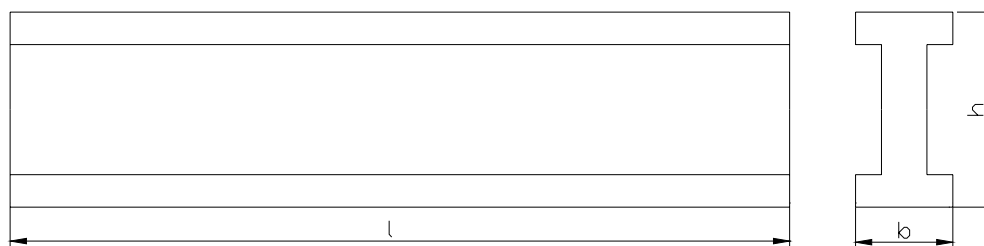
Šlaitinės SI sijos naudojamos didelių angų denginiams, pvz., pramonės įmonių cechuose. Dvitėjinis skerspjūvis yra būdingas šioms iš anksto įtempta armatūra armuotoms sijoms. Tokių sijų nuolydis yra 1:16. Remiantis Eurocode, SI tipo sijų atsparumas ugniai yra 120 min. Standartiniai skerspjūviai pateikiami žemiau.



1.1.3 pav. Šlaitinės SI sija

Dvitėjinės I sijos

Dvitėjinės I sijos naudojamos plokščioms ir šlaitinėms denginio konstrukcijoms, esant didelėms apkrovoms ir didelėms angoms. Sijos armuojamos iš anksto įtempta armatūra, o atsparumas ugniai pagal Eurocodes yra 120 minučių.



1.1.4 pav. Dvitėjinė I sija

Medinės sijos

Medinės konstrukcijos beveik bendraamžės su žmonija. Ilga laiką jo buvo primityvios, iš ištisinių medžio kamienų bei tašų. Po to pradėtos naudoti su dėtinio skerspjuvio ir ilgio konstrukcijos, kurių jungtimis buvo naudojami įvairūs įkirčiai, mediniai virbalai, sprausteliai ir pan. Tobulėjant sujungimo būdams ir medžiagoms paįvairėjo ne tik medinių konstrukcijų formos, bet ir jų naudojimo sritys. Šiuolaikinėmis technologijomis pagamintos medinės sijos kai kuriais atvejais yra pranašesnės už gelžbetonines ar metalines. Pagrindinis jų laikantysis elementas yra vienalyčio skerspjuvio sija, kuriomis dėl riboto medžio ilgio ir skerspjuvio galima perdengti angas iki 6–7 m. Kai angos didesnės arba yra didelės apkrovos, nors angos ir nedidelės ir vienalyčio skerspjuvio sija negali atitikti laikomosios galios reikalavimų, yra naudojamos konstrukcijos, sudarytos iš kelių elementų. Jie gali būti išdėstyti pagal skerspjuvio aukštį arba plotį ir pagal ilgį, tuo sudarydami sudėtinio skerspjuvio.

Pagrindiniai medinių konstrukcijų privalumai yra :

1. Didelis santykinis stiprumas (stiprio ir tankio santykis), ir dėl to medinės konstrukcijos būna lengvos.
2. Mažas šilumos laidis, palyginti su metalų, gelžbetonių, mūrų ir todėl medieną galima naudoti kai laikančiąją ir atitvarinę konstrukciją.
3. Cheminis atsparumas: mediena kelis kartus atsparesnė daugeliui cheminių poveikių negu metalas ar gelžbetonis.
4. Paprasta apdoroti, sujungti, montuoti.

Pagrindiniai medienos trūkumai:

1. Mechaninių savybių priklausomybė nuo daugelio veiksnių;
2. Jautrumas drėgmės pokyčiams (hidroskopiškumas) ir todėl medienos dirbiniai **traukiasi**, plečiasi išsikreivina, supleišėja.
3. Anizotropiškumas – savybių nevienodumas skirtingomis kryptimis.
4. Natūralūs defektai (šakos, nelygus mediniai sluoksniai ir kt.), turintis įtakos stiprumui;
5. Mažas atsparumas puvimui ir ugniai jeigu mediena specialiai neapsaugota.

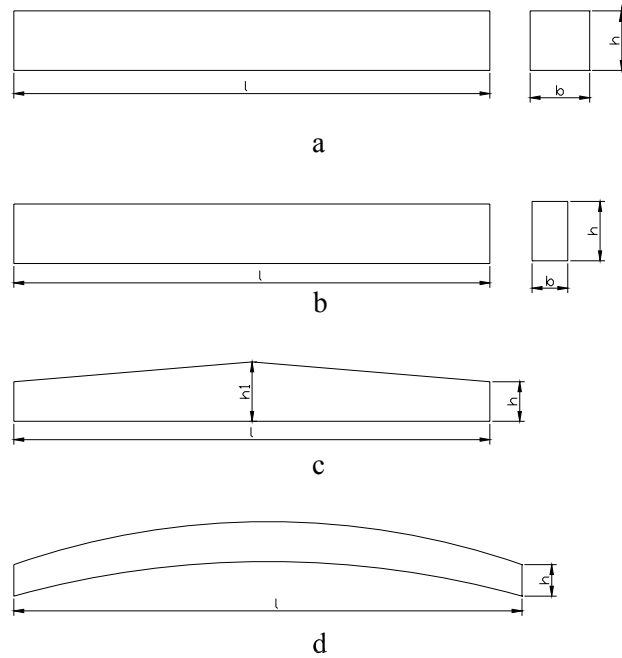
Medinių sijų savybės:

1. **Galimybė perdengti angas iki 100 metrų.**
2. **Atsparumas drėgmei.** Gali būti naudojama vandens parkų, baseinų statyboje.

3. **Atsparumas chemiškai agresyviai aplinkai.** Tinka chemiškai agresyvių medžiagų, trąšų sandėlių, angarų, žemės ūkio paskirties pastatų statyboje.
4. **Atsparumas ugniai.** Didesni klijuotų elementų skerspjūviai užtikrina konstrukcijos atsparumą ugniai, atitinkantį pastatų priešgaisrinius reikalavimus net ir nenaudojant papildomo impregnavimo antipireniais.
5. **Stiprumas ir lengvumas.** Laikančioji galia, tenkanti konstrukcijos masės vienetui, didesnė, lyginant su gelžbetonio ar metalo konstrukcijomis.
6. **Ekologiškumas.** Klijuotos medienos konstrukcijų panaudojimas leidžia sutaupyti statybines medžiagas ruošiant pastato pamatus, sutrumpinti statybos laiką, sumažinti apdailos darbų sąnaudas.
7. **Geros izoliacinės savybės.** Klijuotos medienos konstrukcijos mažai pralaidžios šilumai, todėl suteikia galimybę supaprastinti konstrukcinius sprendimus, naudojant jas išorinėse sienose, stogų konstrukcijose, iškišant jas į pastato išorę.
8. **Formų įvairovė.** Galima įvairi konstrukcijų forma, atitinkanti architektūrinius ir statinius reikalavimus.
9. **Estetika** - įvairių formų klijuotos medienos konstrukcijos pagyvina pastatų fasadus ir interjerus. Spalva ir fizinės medienos savybės suteikia pastatui šviesos ir jaukumo.
10. **Ekologija.** Medinės konstrukcijos yra ekologiškos ir higieniškos, neišskiria kenksmingų medžiagų ir gaminamos iš atsinaujinančių gamtos išteklių.

Medinių sijų formos ir profiliai

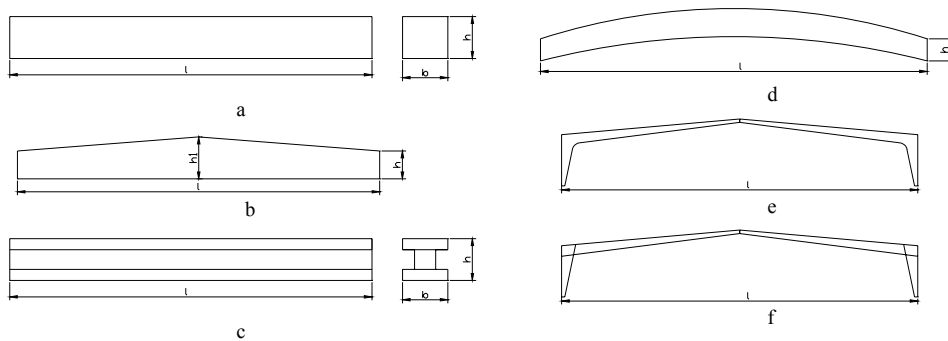
1. Dažniausiai naudojamos vientisos medienos sijos.
 - Kvadratinio skerspjūvio sijos, (pav.a)
 - Stačiakampio skerspjūvio sijos, (pav.b)
 - Kintamo skerspjūvio aukščio sijos, (pav.c)
 - Lenktos sijos, (pav.d)



1.1.5 pav. Medinių sijų formos ir profiliai.

2. Plačiai paplitusios klijuotos medienos sijos.

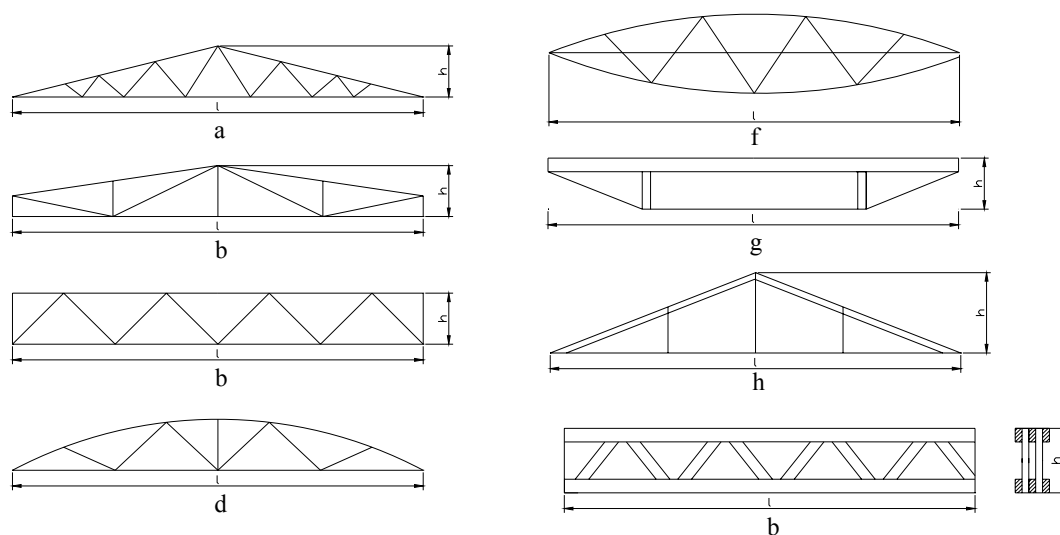
- Pastovaus aukščio stačiakampio skerspjūvio klijuotos medienos sija, (pav.a)
- Kintamo skerspjūvio aukščio sija su horizontalia apatine briauna, (pav.b)
- Dvitėjinio skerspjūvio sijos, (pav.c)
- Kintamo ir pastovaus skerspjūvio sija su lenkta apatine briauna, (pav.d)
- Rėminė sija iš lenktų pusrėmių, (pav.e)
- Rėminė sija iš tiesių elementų, (pav.f)



1.1.6 pav. Klijuotos medienos sijos.

3. Statybose neapsieinama be įvairios konstrukcijos santvarinių sijų.

- Trikampė medžio santvara (a)
- Trapecinė klijuotos medienos santvara (b)
- Klijuotos medienos santvara su horizontaliomis lygiagrečiomis juostomis(c)
- Segmentinė klijuotos medienos santvara (d)
- Lėšio formos klijuotos medienos santvara (e)
- Paspyrinė klijuotos medienos- metalo santvara(f)
- Trikampė trišaitė klijuotos medienos arka su metaline temple(g)
- Sudėtinio skerspjūvio sijos iš rąstų, tašų ar klijuotų lentų.(h).



1.1.7 pav. Santvarinės sijos.

Metalinės sijos

Gerų mechaninių savybių ir vienodos vienodos struktūros metalas yra naudojamas įvairioms statybinėms konstrukcijoms gaminti. Pagrindinės šių konstrukcijų sritys yra:

1. Vienaaukščių pramoninių pastatų statyba. Pastato karkasą sudaro plieninis rėmas arba kolonos, pastato viršuje skersine kryptimi sujungtos rygelio sija arba strypine santvara, o išilgine kryptimi strypine konstrukcija.
2. Civilinių pastatų karkasinės konstrukcijos. Jos sudarytos daugiaaukštės kolonos sujungtos perdangų sijomis, ryšiais bei sienų konstrukcijomis.
3. Specialūs didelių angų pastatai. Tai angarai, garažai, sporto salės, dengtos prekyvietės ir pan. Šio tipo pastatų perdangos yra iš sudėtinio sijinių rėminių arba arkinių konstrukcijų.
4. Tiltų ir kranų konstrukcijos.
5. Aukštų statinių (radijo ir ryšio stiebai, vandentiekio bokštai, elektros aukštosios įtampos stiebai ir pan.

Plieninių konstrukcijų naudojimo sričių įvairovę lemia geras konstrukcijų stiprumas ir patikimumas, greita ir ekonomiška statyba, ilgaamžiškumas, patogus ir ekonomiškasis eksploatavimas bei estetiškumas. Plieninės konstrukcijos, palyginti su kitomis konstrukcijomis yra lengvos. Pagal šį rodiklį jos beveik prilygsta medinėms. Kita teigiama savybė – paprastas metalinių elementų sujungimas. Tai leidžia atskirus elementus ir jų dalis, pagamintas gamykloje, nesunkiai sujungti statybvietėse. Atsižvelgiant į sujungimo būdą, jos gali būti lengvai demontuojamos. Tai labai svarbu rekonstruojant pastatus.

Įvairaus storio ir profilio lakštų naudojimas leidžia gaminti ir naudoti lengvas pastatų stogų ir sienų konstrukcijas.

Be minėtų privalumų, metalinės konstrukcijos turi ir neigiamų savybių .

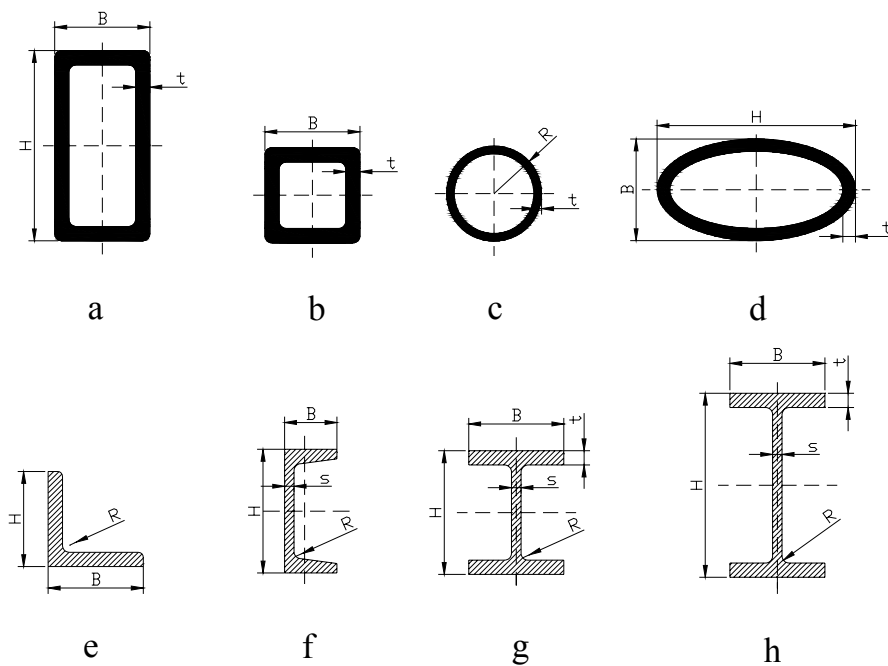
Metalinės konstrukcijos, veikiamos agresyvių aplinkos veiksnių, rūdija ir netenka savo pirmykščio atsparumo, reikalauja nuolatinės priežiūros, apsaugos nuo neigiamų aplinkos veiksnių. Tai apsunkina ir pabrangina šių konstrukcijų eksploatavimą.

Nors plienas ir nedegioji medžiaga, tačiau jis, kaip ir daugelis kitų medžiagų, yra ne visiškai atsparūs ugniai. Plienas gerai praleidžiantis šilumą, greitai ją perduoda nuo ugnies židinio nutolusiems daiktams, tuo padėdamas plisti gaisrui. Gaisro įtakos metalinių konstrukcijų atsparumui padidinti plieninės konstrukcijos ugniai atspariomis medžiagomis. (J.Paulauskas, "METALINĖS KONSTRUKCIJOS", 1977. Vilnius)

Dažniausiai naudojami metalų konstrukcijų profiliai yra šie:

- Stačiakampis vamzdinis profilis .(a pav.),
- Kvadratinis vamzdinis profilis.(b pav.),
- Apvalus vamzdinis profilis.(c pav.),
- Elipsinis vamzdinis profilis.(d pav.),

- Lygiašonis ir nelygiašonis kamuotis.(e pav.),
- Lovinis profilis.(f pav.),
- Dvitėjinės profilis.(g pav.),
- Sustiprintos dvitėjinis profilis.(h pav.).



1.1.8 pav. Metalų konstrukcijų profiliai.

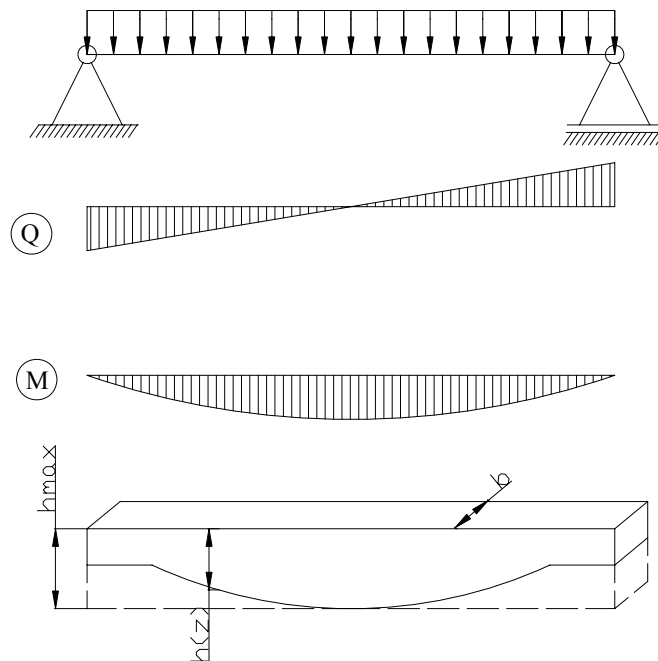
1.2 Vienodo atsparumo sijos, jų privalumai ir trūkumai.

Skerspjūvis laikomas racionali, kai sija, esant jos mažiausiam svoriui, yra pakankamai stipri. Nagrinėjant sijos racionalumą, kreipiame dėmesį tiksliai į stiprumo sąlygą (nepaisome standumo reikalavimų). Ideali formos lenkiamo elemento skerspjūvis – tai visas plotas, sukongcentruotas plonose lentynose, nutolusiose nuo neutraliosios linijos, o tarp jų nieko nėra. Realus priartėjimas prie šio idealo yra dvitėjinis profilis. Taigi pilnaviduriai (apvalus, stačiakampiai ir kt.) skerspjūviai profiliai yra mažiau racionali už vamzdinius.

Dažniausiai sijos daromos vienodo ilgio per visą ilgį, nors tokio skerspjūvio reikia tik vienoje pavojingiausioje sijos vietoje. Sija būtų racionali (būtų mažiau tūrio), jei jos skerspjūvis būtų tik toks, kokio reikia stiprumui ties ta vieta, kurioje reikia stiprumui būti garantuoti. Skerspjūvio lygtį gauname, bet kuriame skerspjūvyje leistiniems prilyginę didžiausius įtempimus.

$$\sigma_{\max} = \frac{M_Z}{W_Z} = \sigma_{\text{adm}}$$

Sijos kurios tenkina šias sąlygas vadinamos vienodo atsparumo sijomis. Matome, kad tokių sijų bet kurio skerspjūvio atsparumo momentas turi būti proporcingas skerspjūvyje veikiančiam lenkimo momentui.



Kintamo skerspjūvio sija gali būti pastovaus pločio ($b = \text{const}$) ir kintamo aukščio h_z arba atvirkščiai.

Taigi skerspjūvio aukštis kinta pagal parabolę (1.2 pav.). Ties atramomis sijos aukštis turėtų artėti į nulį, bet tokie nusmailinti sijos galai suirtų dėl nemažos skersinės jėgos poveikio ir kylančių tangentinių įtempimų. Brėžinyje parodyta sutaupytoji sijos tūrio dalis.

Kartais vengiant sudėtingos kreivinės formos, sijos daromos laituotos iš dalies patenkinančios racionalumo reikalavimą, pavyzdžiui lingės.

Dvitėjinės vienodo atsparumo gelžbetonio sijos naudojamos statybose, plokščioms ir šlaitinėms denginio konstrukcijoms, esant didelėms apkrovoms ir didelėms angoms.

Statybose naudojamos ir medinės vienodo atsparumo sijos.

Vienodo atsparumo sijų privalumai:

- Taupoma sijų gamybai naudojama medžiaga
- Sumažinamas sijos svoris
- Padidėja ekonomija

Vienodo atsparumo sijų trūkumai:

- Sudėtingesnė konstrukcija
- Padidėja gamybos išlaidos

1.3 Daugiasluoksnių konstrukcinių elementų taikymas, jų konstrukcija ir efektyvumas.

Dauguma šiuolaikinių konstrukcinių medžiagų sudaro kompozicijos, kurios gaminiui suteikia tam tikrą savybių derinį. Visais atvejais tai skirtingų medžiagų sistema, kurios kiekvienas komponentas turi konkrečią paskirtį gaminyje. Įvairių medžiagų bendras darbas kompozicijoje yra tolygus naujos medžiagos sukūrimui, kurios savybės kokybiškai ir kiekybiškai skiriasi nuo jų sudarančių komponentų savybių. Sluoksniuotos konstrukcijos gali būti gautos naudojant polimerines kompozicines medžiagas, plieną, betoną, medį ir kitas medžiagas.

Jos naudojamos įvairios paskirties objektuose, pradedant buitine technika, automobiliais ir baigiant statybinėmis bei lėktuvų konstrukcijomis. Kompozicinių medžiagų, tame ir sluoksniuotų konstrukcijų panaudojimas, šiuolaikinių viršgarsinių lėktuvų gamyboje leidžia iki 35 procentų sumažinti konstrukcijos masę. Todėl gaunama 21 procentų mažesnė lėktuvo kaina, o kuro sąnaudos sumažėja iki 30 procentų. Ypač plačiai sluoksniuotos konstrukcijos naudojamos sklandytuvų ir izoterminių kėbulų gamyboje. Sluoksniuotos konstrukcijos įgalina gauti reikiamas konstrukcijų savybes norima kryptimi, įvertinant apkrovimų visumą, jų veikimo kryptį, naudojamų medžiagų anizotropiškumą bei kitus aktualius reikalavimus [???].

Daugiasluoksnės plokštės išsikovojo pripažinimą Lietuvos statybų rinkoje per kelerius metus ir šiuo metu yra vienos populiariausių prekybos centrų, gamybinių cechų, automobilių salonų ir kitų pramoninių bei komercinių objektų statybinių medžiagų. Plokščių funkcionalumas leidžia užtikrinti mažesnes darbo sąnaudas. Specialistų skaičiavimu, daugiasluoksnių plokščių montavimo darbai trunka beveik trečdaliu trumpiau nei profiliuotos skardos montavimas. Daugiasluoksnių plokščių gamintojai gamina plokštes sienoms, stogams bei šaldymo patalpoms skirtas plokštes su trijų rūšių užpildu - akmens vata, putų polistirenu ir putų poliuretanu.

Daugiasluoksnių plokščių privalumai:

- **Funkcionalumas.** Daugiasluoksnės statybinės plokštės savo analogus pranoksta daugeliu savybių - šilumine varža, hidroizoliacinėmis savybėmis, didesniu atsparumu ugniai bei montavimo paprastumu.
- **Kokybė.** Daugiasluoksnių plokščių kokybė, šiluminė varža ir kitos savybės užtikrinamos gamykloje, todėl, skirtingai nei sluoksniuotų konstrukcijų, jų kokybė nepriklauso nuo statybų aikštelėse dirbančių montuotojų kvalifikacijos. Visos daugiasluoksnės plokštės turi Gaisrinių tyrimo centro, higienos bei ISO sertifikatus.
- **Greitis.** Daugiasluoksnių plokščių funkcionalumas ir paprastas montavimas leidžia užtikrinti mažesnes darbo sąnaudas bei greitą statybos ar rekonstrukcijos darbų vykdymą, o tuo pačiu -

spartesnę investicijų grąžą.

- **Rekonstrukcija.** Daugiasluoksnės plokštės paprasta išmontuoti. Gamybinius pastatus iš daugiasluoksnių plokščių galima rekonstruoti nestabdant gamybos, dalimis.
- **Draudimas.** Nedegius užpildus naudojantys užsakovai gali sutaupyti iki 30 proc. pastato draudimui skiriamų lėšų.
- **Architektams.** Sinusinės plokštės turi paslėptus tvirtinimo elementus, todėl jų derinimas su kitomis plokštėmis nereikalauja jokių papildomų sprendimų, leidžia kaitalioti skirtingas plokštes fasade ir garantuoja estetišką statinių eksterjerą. Dėl šios priežasties sinusinės plokštės yra palankiai vertinamos ir mėgiamos architektų.

Medinių sijų konstrukcijos

Medinės perdangos yra seniausiai naudojamos perdangos įvairių pastatų statyboje. Pagrindinis jų laikantysis elementas yra vienalyčio skerspjuvio sijos, kuriomis dėl riboto medžio ilgio ir skerspjuvio galima perdengti angas iki 6–7 m. Kai angos didesnės arba yra didelės apkrovos, nors angos ir nedidelės ir vienalyčio skerspjuvio sija negali atitikti laikomosios galios reikalavimų, yra naudojamos konstrukcijos, sudarytos iš kelių elementų. Jie gali būti išdėstyti pagal skerspjuvio aukštį arba plotį ir pagal ilgį, tuo sudarydami sudėtinio skerspjuvio.

Daugiasluoksniai vamzdžiai

Daugiasluoksniai vamzdžiai naudojami geriamo vandens ir šildymo instaliacijoms. Kombinuoti aliuminio/plastiko vamzdžiai (toliau - daugiasluoksniai vamzdžiai) plačiausiai naudojami buitinėje technikoje. Šių daugiasluoksnių vamzdžių naudojimui numatomas didžiausias ateities potencialas. Kodėl jie tokie patrauklūs? Šio tipo vamzdžiams būdingos teigiamos plastiko ir metalo savybės. Nors metaliniai vamzdžiai vertinami dėl formos išlaikymo ir mažo linijinio temperatūrinio plėtimosi, tačiau jiems būdingos korozijos, nuosėdų formavimosi ir geriamo vandens užteršimo sunkiaisiais metalais problemos. Be to, dėl didelio plieninių vamzdžių svorio juos sunkiau apdirbti, tam reikalingi specialūs įrankiai ir atitinkama kvalifikacija. Šių problemų galima išvengti naudojant iš sintetinių medžiagų pagamintus vamzdžius. Pastarieji pasižymi puikiu atsparumu korozijai ir lengvu apdirbimu. Tačiau dėl plastiko elastingumo tvirtumas tampa specifinis, o linijinis plėtimasis dėl šiluminio poveikio daug kartų didesnis, nei metalinių vamzdžių.

Daugiasluoksniai vamzdžiai dėl jų konstrukcijoje panaudoto aliuminio turi plieninių ir sintetinių medžiagų savybių. Vidinis plastiko įdėklas apsaugo vamzdį nuo korozijos. Daugiasluoksnių vamzdžio viduje esantis aliuminis nesisiekia su vandeniu bei išoriniu oru. Metalų irimą sukeliančios medžiagos nepatenka į geriamą vandenį. Aliuminis suteikia vamzdžiui panašias išilginio išsiplėtimo ir formos išlaikymo savybes, kokias turi plieninis vamzdis. Vamzdžiai lengvai apdirbami. Montuotojai vertina nedidelį vamzdžių svorį ir minimalų įrankių naudojimą. Dėl šių savybių daugiasluoksniai vamzdžiai tapo populiariausiais buitinyje naudojamais vamzdžiais. Aukštos kokybės daugiasluoksnius vamzdžius galima sulenkti be lenkimo spyruoklės; higieninis šių vamzdžių tinkamumas įrodytas tyrimais sutinkamai su DVGW nurodymais, dėl ko praktiškai visose šalyse jis yra įteisintas naudojimui vandentiekio, šildymo ir kitų sistemų instaliacijoms. Tačiau visi daugiasluoksniai vamzdžiai tarpusavyje skiriasi. Šiuo metu nėra daugiasluoksniams vamzdžiams taikomų galiojančių standartų. Todėl rinkoje siūlomų vamzdžių konstrukcijos yra labai įvairios.

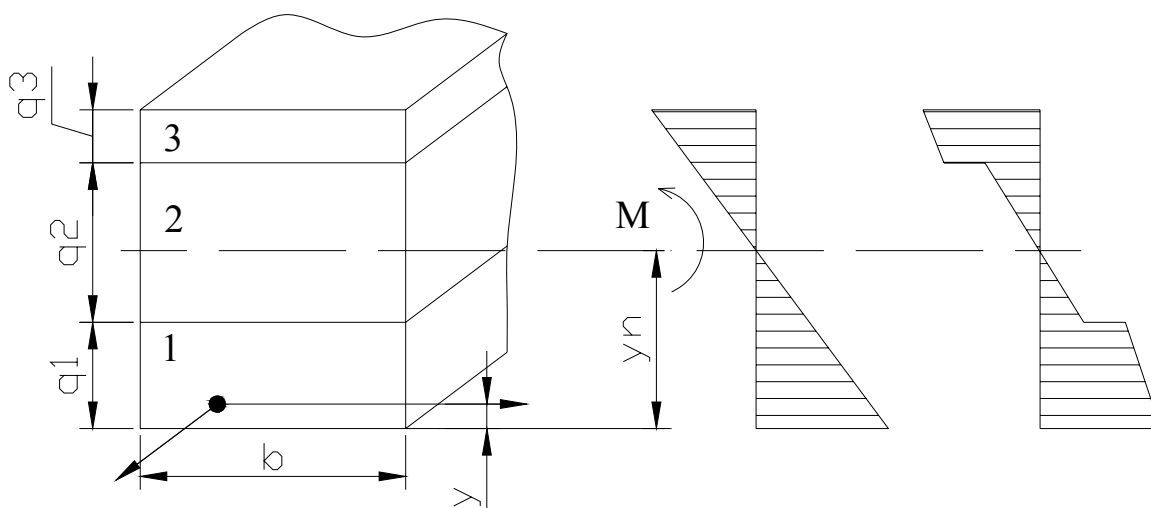
Elektrotechnikoje gaminant akustinius garsiakalbius naudojamas daugiasluoksnius popierius. Jo dėka žymiai išauga garsiakalbio tarnavimo laikas ir pagerėja akustika.

Peržvelgus visas pramonės šakas galima rasti žymiai daugiau gaminių, kurie gaminami ne iš vientisos, o iš daugiasluoksnių medžiagų. Produkcijos augimo mastai rodo, kad dauginiai iš daugiasluoksnių medžiagų daugeli atvejų yra pranašesni. Jų pranašumas prieš vientisų medžiagų gaminius atsispindi kainoje, tvirtumo ir standumo parametruose.

2. Daugiasluoksnių sijų projektavimas

2.1 Neutralaus sluoksnio padėties nustatymo metodai.

Lenkiamame konstrukciniame elemente egzistuoja neutralusis sluoksnis, kuriame įtempimai ir deformacijos lygios nuliui. Neutralaus sluoksnio koordinatę bei sijoje kylančių įtempimų dydžių išraiškas gausim nagrinėdami trisluoksnį sijos elementą parodytą 2.1 paveiksle.



2.1 pav. Trisluoksnis elementas, deformacijų ir normalinių įtempimų pasiskirstymas.

Praslydimas tarp sija sudarančių sluoksnių 1, 2, 3 nėra, tai jų sandūros vietose pirmojo sluoksnio deformacija $\epsilon''_1 = \epsilon'_2$ tame taške, t.y.

$$\epsilon''_1 = \epsilon'_2 \text{ ir } \epsilon''_2 = \epsilon'_3$$

Kadangi įtempimų dydžiai sluoksnyje yra tiesiog proporcingi jo tamprumo moduliui, kurie mūsų atveju yra skirtingi ir lygus E_1, E_2, E_3 , tai ir įtempimai sluoksnių sandūroje bus skirtingi, t.y. $\sigma_1'' \neq \sigma_2'$ ir $\sigma_2'' \neq \sigma_3'$.

Iš deformacijų pasiskirstymo galima parašyti :

$$\frac{(\epsilon_1)'}{y_n} = \frac{(\epsilon_1)''}{(y_n - \delta_1)} = \frac{(\epsilon_2)''}{(\delta_1 + \delta_2 - y_n)} = \frac{(\epsilon_3)''}{(\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 - y_n)} \quad (2.11)$$

Čia y_n - neutraliojo sluoksnio koordinatė.

Tuomet $\epsilon''_1, \epsilon''_2, \epsilon''_3$ galima išreikšti per ϵ'_1 ir iš lygties (2.11) gausime:

$$(\epsilon_1)'' = \frac{y_n - \delta_1}{y_n} \cdot (\epsilon_1)'$$

$$(\epsilon_2)'' = \frac{\delta_1 + \delta_2 - y_n}{y_n} \cdot (\epsilon_1)'$$

$$(\varepsilon_1)'' = \frac{\delta_1 + \delta_2 + \delta_2 - y_n}{y_n} \cdot (\varepsilon_1)'$$

Sijos elementas parodytas 2.1 pav., yra pusiausvyroje. Jis yra veikiamas išorinių jėgų momento M ir vidinių jėgų dN , elemente dA , kuriame kyla normaliniai įtempimai σ_1 . Iš šešių statikos pusiausvyros lygčių prasme turi trys:

$$\sum F_x = 0;$$

$$\sum M_y = 0;$$

$$\sum M_z = 0;$$

$$\int_A \sigma_1 dA = 0 \quad (2.13)$$

$$\int \sigma_1 \cdot z dA = 0 \quad (2.14)$$

$$M - \int_A \sigma_1 \cdot y dA = 0 \quad (2.15)$$

Pasinaudoję (2.13) lygtimi ir įtempimų diagrama bei suprojektavę elemente veikiančias jėgas į horizontalia ašį galime parašyti:

$$0.5 \cdot [(\sigma_1)' + (\sigma_1)'] \cdot b_1 \cdot \delta_1 + 0.5(\sigma_2)' \cdot b_2(y_0 - \delta_1) - 0.5(\sigma_2)'' \cdot b_2(\delta_1 + \delta_2 - y_0) - 0.5[(\sigma_3)' + (\sigma_3)'] \cdot b_3 \cdot \delta_3 = 0 \quad (2.16)$$

Šioje lygtyje yra sijos skerspjūvyje veikiančių jėgų N projekcijų į z -ą ašį suma, nes skerspjūvio plotai $b_1\delta_1$; $b_2(y_0 - \delta_1)$ ir padauginėti iš veikiančių juose įtempimų atstojančiųjų $0.5(\sigma_1' + \sigma_1'')$; $0.5\sigma_2'$ ir t.t. duota ašinę įrašą N .

Pasinaudoję Huko dėsnio $\sigma = \varepsilon E$ ir (2.12) formulėmis iš (2.16) formulės išreiškę y_0 gauname:

$$y_n = \frac{E_1 b_1 (\delta_1)^2 + E_2 \cdot b_2 \cdot (\delta_2)^2 + E_3 \cdot b_3 \cdot (\delta_3)^2 + 2[E_2 b_2 \delta_2 \delta_1 + E_3 b_3 \delta_3 (\delta_1 + \delta_2)]}{2(E_1 b_1 \delta_1 + E_2 b_2 \delta_2 + E_3 b_3 \delta_3)} \quad (2.17)$$

Sandauga $E_i b_i \delta_i = E_i A_i$ yra sluoksnio ašinis standumas B_i , t.y. $B_i = E_i A_i$. Tuomet viso KE ašinis standumas

$$B = \sum_{i=1}^n B_i = \sum_{i=1}^n E_i A_i \quad (2.18)$$

Pasinaudoję ašinio standumo išraiška, gauname paprastesnį (4.17) lygties pavidalą:

$$y_n = \frac{B_1 \cdot \delta_1 + B_2 \cdot \delta_2 + B_3 \cdot \delta_3 + 2 \cdot [B_2 \cdot \delta_1 + B_3 \cdot (\delta_1 + \delta_2)]}{2 \cdot (B_1 + B_2 + B_3)} \quad (2.19)$$

Formulę (2.19) lengva transformuoti, kad ji tiktų daugiasluoksniai sijai

$$y_n = \frac{\sum_{i=1}^n B_i \delta_i + 2 \sum_{i=1}^n \left(B_i \cdot \sum_{j=1}^{i-1} \delta_j \right)}{2 \sum_{i=1}^n B_i} \quad (2.20)$$

Taigi norint rasti neutraliojo sluoksnio padėtį daugiasluoksniame konstrukciniame elemente, pakanka žinoti kiekvieno sluoksnio medžiagos tamprumo modulį ir geometrinius matmenis.

2.2 Daugiasluoksnių sijų standumo nustatymo metodai.

Izotropinių sijų tamprumo modulio ir inercijos momento sandauga EI vadinama sijos standumu lenkimo atveju. Daugiasluoksnėse sijose turėsime analogišką situaciją, tik čia sija sudaryta iš n sluoksnių kuriu kiekvienas turi savąjį standumą $E_i I_i$. Visos daugiasluoksnės sijos standumą lenkimo atveju pažymėję raide D gausime:

$$D = E_K I_K = \sum_{i=1}^n E_i I_i \quad (2.21)$$

Čia E_K , I_K yra visos konstrukcijos ekvivalentinis tamprumo modulis ir jos inercijos momentas.

Iš (2.21) lygties galima išreikšti lenkiamos daugiasluoksnės sijos ekvivalentinį tamprumo modulį E_K

$$E_K = \sum_{i=1}^n \frac{(E_i I_i)}{E_K} \quad (2.22)$$

arba šią lygtį išskleidę gauname:

$$E_K = \frac{E_1 I_1}{E_K} + \frac{E_2 I_2}{E_K} + \dots + \frac{E_n I_n}{E_K} \quad (2.22a)$$

Čia

$$I_K = I_1 + I_2 + \dots + I_n = \sum_{i=1}^n I_i \quad (2.23)$$

Esant stačiakampės formos sijos skerspjūvio elementams, i -ojo sluoksnio inercijos momentas yra lygus:

$$I_i = \frac{b_i \cdot (\delta_i)^3}{12} + b_i \delta_i y_i^2 \quad (2.24)$$

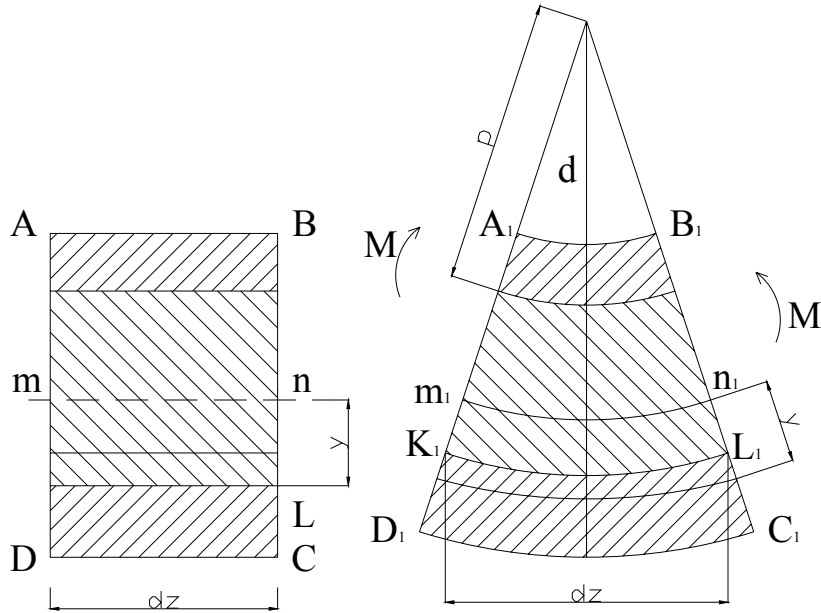
Nagrinėjamo sluoksnio skerspjūvio vidurio atstumas y' iki pjūvio neutralios ašies yra apskaičiuojamas iš lygties.

$$y' = y_n - 0.5\delta_i - \sum_{m=1}^{i-1} \delta_m \quad (2.25)$$

Nagrinėdami (2.22) formulę matome, kad konstrukcinio elemento ekvivalentinis tamprumo modulis lenkiant yra lygus atskirų jį sudarančių elementų tamprumo modulių, padaugintų iš šio elemento inercijos momento santykio su visos sijos skerspjūvio inercijos momentų sumai.

2.3 Sijų stiprumo (įtempimų) skaičiavimas.

Normaliniai įtempimai, esant grynajam lenkimui, bet kuriame daugiasluoksnės sijos elemente apskaičiuosime pasinaudodami įtempimų nustatymo lenkimo izotropinėje sijoje metodika. Iš trisluoksnės sijos išpjauname dz ilgio elementą ABCD kuris prieš deformaciją parodytas (2.3 pav.a), o po deformavimo (2.3 pav.b).



2.3 pav. Trisluoksnis sijos elementas prieš deformaciją (a) ir po deformacijos (b).

Linija $mn = m_1n_1$ ir yra neutraliojo sluoksnio linija. Elemento skerspjūviai A_1D_1 ir B_1C_1 išlieka plokšti nors ir pasisukę taškų m_1 ir n_1 atžvilgiu. Esant neutraliojo sluoksnio kreivumo spinduliui ρ gauname, kad

$$dz = m_1n_1 = \rho d\theta, \quad (2.26)$$

o i-tojo sluoksnio K_1L_1 , nutolusio nuo neutraliojo atstumo y , santykinė deformacija yra lygi:

$$\epsilon_1 = \frac{K_1L_1 - m_1n_1}{m_1n_1} = \frac{(\rho + y) - \rho d\theta}{\rho d\theta} = \frac{y}{\rho} \quad (2.27)$$

Tokia pat (2.27) galima gauti iš lygties:

$$\epsilon_x = \frac{\delta U_{(x,y)}}{\delta x} = \frac{\delta u \cdot (x)}{\delta x} = \frac{y \delta \phi \cdot (x)}{\delta x}$$

Šios lygties pirmasis narys yra santykinė deformacija nuo ašinės įrašos poveikio, kuri grynolenkimo atvejų lygi nuliui, dalį antrojo nario galime išreikšti per kreivumo spindulį, t.y. $\delta\phi(x)/\delta x = 1/\rho$. Tuomet gauname, kad

$$\varepsilon_x = \frac{y}{\rho}$$

Pasinaudoję Huko dėsniumi ir į jį įrašę ε_x išraišką gauname:

$$\sigma_i = \frac{E_i \cdot y}{\rho} \quad (2.28)$$

Įtempimų reikšmę įstatę lygtį:

$$M - \int_A \sigma_i \cdot y \, dA = 0$$

gauname, kad:

$$M = \int_A \sigma_i \cdot y \, dA = \int_A \frac{E_i y \cdot y}{\rho} \, dA = \frac{1}{\rho} \cdot \int_A E_i \cdot y^2 \, dA \quad (2.29)$$

Čia pointegralinė funkcija yra kiekvieno sluoksnio ašinio inercijos momento I_i , padauginto iš atitinkamo tamprumo modulio E_i suma, t.y. sijos standumas D . Tuomet (2.29) lygtį galime perrašyti taip:

$$M = \frac{1}{\rho} \cdot \int_A E_i \cdot y^2 \, dA = \frac{1}{\rho} \cdot \sum_{i=1}^n E_i I_i = \frac{1}{\rho} \cdot D \quad (2.30)$$

Iš šios lygties išreiškę sijos kreivę $1/\rho$ ir gautą reikšmę įrašę į (2.28) lygtį, gauname normalinių įtempimų σ_i , bet kuriame lenkiamos daugiasluoksnės sijos taške išraiška:

$$\sigma_{ix} = \frac{M \cdot y_i}{D} \cdot E_{xi} \quad (2.31)$$

Čia σ_i , E_i – yra i -ojo sluoksnio normaliniai įtempimai ir tamprumo modulis x ašies kryptimi;

y_i – atstumas nuo neutraliosios linijos iki nagrinėjamo sluoksnio, kuris gali būti randamas iš lygybės:

$$y_i = \left| y_n - \sum_{m=1}^{i-1} \delta_n \right| \quad (2.32)$$

3. Tiriamų konstrukcijų analizė

3.1 Naudojamų medžiagų charakteristikos.

Įvertinų skirtingos rūšies medienos charakteristika. Sijos projektavimui naudosiu dvi medienos rūšis. Šios medžiagos turi skirtingos charakteristikas.

Ažuolo charakteristikos:

Tankis – 580 kg/m^3 ,
Tamprumo modulis - 30000 MPa,
Medienos kietumas (pagal Brineli) - 3.7 HB (1HB – 10 Mpa)
Kaina rinkoje (m^3) – 400 lt.

Beržo charakteristikos:

Tankis – 470 kg/m^3 ,
Tamprumo modulis - 23000 MPa,
Medienos kietumas (pagal Brineli) - 2.6 HB (1HB – 10 Mpa)
Kaina rinkoje (m^3) – 280 lt.

Uosio charakteristikos:

Tankis – 560 kg/m^3 ,
Tamprumo modulis - 30000 MPa,
Medienos kietumas (pagal Brineli) - 4 HB (1HB – 10 Mpa)
Kaina rinkoje (m^3) – 300 lt.

Eglės charakteristikos:

Tankis – 370 kg/m^3 ,
Tamprumo modulis - 21000 MPa,
Medienos kietumas (pagal Brineli) - 1.3 HB (1HB – 10 Mpa)
Kaina rinkoje (m^3) – 175 lt.

Pušies charakteristikos:

Tankis – 415 kg/m^3 ,

Tamprumo modulis - 21000 MPa,

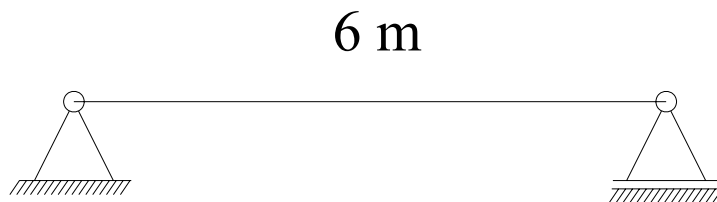
Medienos kietumas (pagal Brinelį) - 1.6 HB (1HB – 10 Mpa)

Kaina rinkoje (m³) – 220 lt.

Iš visos apibūdintos medienos, šijos projektavimui pasirenku ąžuolinę ir eglinę medieną. Šios dvi medienos rūšis yra ženkliai skirtingų charakteristikų. ąžuolinė mediena yra viena iš standžiausios ir kiečiausios kuri yra naudojama, tačiau kartu ji yra ir viena iš brangiausių. Kūbinis metras šios medienos kainuoja apie 300 litų. Eglinė mediena yra populiariausia pramonėje naudojama mediena. Žinoma ji nėra labai tvirta lyginant su kitomis medienos rūšimis, tačiau dėl konkurencingos kainos ją naudoja daugelyje pramonės šakų. Skirtingų charakteristikų medienas parinkau ir dėl to, kad bus didesnis skirtumas tarp kainų ir standumo šuolių, keičiant sluoksnių storius.

3.2 Tiriamų sijų skerspjūviai ir kiti parametrai.

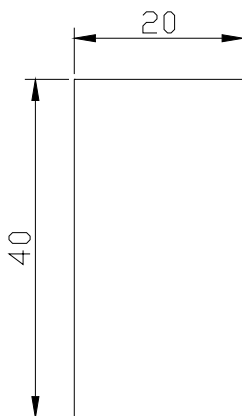
Užduotyje reikia suprojektuoti 6 metrų siją galuose įtvirtinta dviem atramomis. 3.2.1 paveikslas. Sijos skerspjūvio matmenys $b \times h = 20 \times 40$ (cm). Sija bus transportuojamas krovinys, taigi ji turi išlaikyti tam tikrus parametrus. Jos projektavimui naudosisi dviejų skirtingų medžių medieną. Derindamas įvairias medžiagų išdėstymo kompozicijas ieškosiu optimaliausios formos profilio pagal savikainą ir stiprumo parametrus.



3.2.1 pav. 6 metrų siją galuose įtvirtinta dviem atramomis

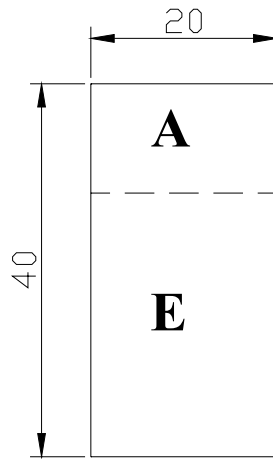
Sijos profiliai:

1. Įvertinsiu vientisos medienos parametrus. 3.2.2 paveikslas.



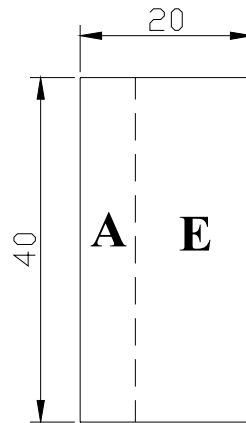
3.2.2 pav.

2. Sija iš dviejų sluoksnių sujungtų horizontaliai. 3.2.3 paveikslas.



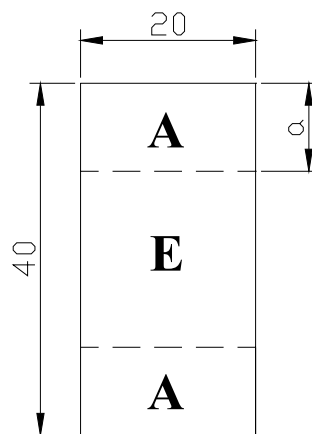
3.2.3pav.

3. Sija iš dviejų sluoksnių sujungtų vertikaliai. 3.2.4 paveikslas.



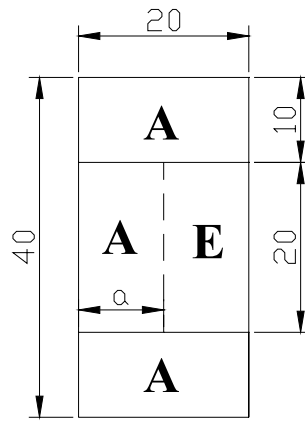
3.2.4 pav.

4. Sija iš trijų sluoksnių. 3.2.5 paveikslas.



3.2.5 pav.

5. Sija iš keturių sluoksnių. 3.2.6 paveikslas.



3.2.6 pav.

4. Pastovaus skerspjūvio dvikomponentes sijos stiprumo ir standumo tyrimas

4.1 Sluoksnių išdėstymo ir skerspjūvio formos įtaka sijos stiprumui.

Išanalizuosime keturių skirtingų sijų skerspjūvius. Jie sudaryti iš dviejų medžiagų ąžuolo ir eglės. Įvertinsime sijos skerspjūvių standumo pokytį priklausomai nuo medžiagų santykio.

$$\sigma_{xi} := \frac{M \cdot y_i}{D} \cdot E_{(xi)} \quad (4.1.1)$$

1. Vientisos ąžuolinės ir eglinės sijos stiprumas:

1.1 Eglinės sijos stiprumas.

$$\delta = 44\text{MPa}, E = 21 \cdot 10^3\text{Mpa}, Y_i = 20 \cdot 10^{-2}, D = 22.4\text{MPa}$$

$$M = \frac{\sigma \cdot D}{y_i \cdot E} \quad (4.1.2)$$

$$\frac{44 \cdot 22.4}{20 \cdot 10^{-2} \cdot 21 \cdot 10^3} = 0.235$$

$$M = 0.235\text{MN} ;$$

$$F = \frac{4M}{l} ;$$

$$F = \frac{4 \cdot 0.235}{6} = 0.157\text{MN}$$

$$F = 157000 \text{ N}$$

1.2 ąžuolinės sijos stiprumas.

$$\delta = 68\text{MPa}, E = 30 \cdot 10^3\text{Mpa}, Y_i = 20 \cdot 10^{-2}, D = 32\text{MPa}$$

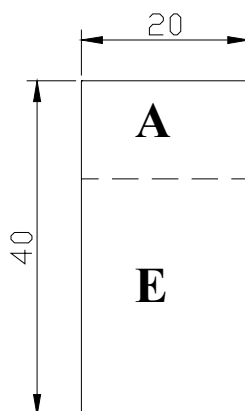
$$\frac{68 \cdot 32}{20 \cdot 10^{-2} \cdot 30 \cdot 10^3} = 0.363$$

$$M = 0.363 \text{ MN}$$

$$F = \frac{4 \cdot 0.363}{6} = 0.242\text{MN}$$

$$F = 242000 \text{ N}$$

1.3 Sijos iš dviejų medžiagų sujungtų horizontaliai stiprumas.



4.1.1 pav.

Aukštis (cm)		Standumas	Ažuolo	Eglės	Lenkimo momentas		Apkrovimas		Medž. santykis
Ažuolas	Eglė				Ma	Me	Fa	Fe	
0	4.00E-01	2.24E+01	2.00E-01	2.00E-01	2.54E-01	2.35E-01	1.69E-01	1.56E-01	0
5.00E-02	3.50E-01	2.50E+01	1.91E-01	2.09E-01	2.97E-01	2.51E-01	1.98E-01	1.67E-01	0.125
1.00E-01	3.00E-01	2.62E+01	1.85E-01	2.15E-01	3.21E-01	2.55E-01	2.14E-01	1.70E-01	0.3
1.50E-01	2.50E-01	2.65E+01	1.83E-01	2.17E-01	3.28E-01	2.56E-01	2.19E-01	1.71E-01	0.375
2.00E-01	2.00E-01	2.66E+01	1.82E-01	2.18E-01	3.31E-01	2.56E-01	2.21E-01	1.70E-01	0.5
2.50E-01	2.50E-01	2.67E+01	1.84E-01	2.16E-01	3.29E-01	2.59E-01	2.19E-01	1.73E-01	0.625
3.00E-01	1.00E-01	2.75E+01	1.88E-01	2.12E-01	3.32E-01	2.72E-01	2.21E-01	1.81E-01	0.75
3.50E-01	5.00E-02	2.90E+01	1.93E-01	2.07E-01	3.41E-01	2.94E-01	2.27E-01	1.96E-01	0.875
4.00E-01	0	3.20E+01	2.00E-01	2.00E-01	3.63E-01	3.35E-01	2.42E-01	2.23E-01	1

4.1.1 lentelė

$$M' = \frac{\sigma_{egl} \cdot D_{konstr}}{y_i \cdot E_{egl}} \quad (4.1.3)$$

$$M'' = \frac{\sigma_{az} \cdot D_{konstr}}{y_i \cdot E_{az}} \quad (4.1.4)$$

$$D_{konstr} = E_{egl} \cdot I_{egl} + E_{az} \cdot I_{az} \quad (4.1.5)$$

$$F' = \frac{4 \cdot M'}{l} \quad F'' = \frac{4 \cdot M''}{l} \quad (4.1.6)$$

σ_{egl} - eglės stipris, MPa

σ_{az} - ažuolo stipris, Mpa

D_{konstr} – Sijos standumas,

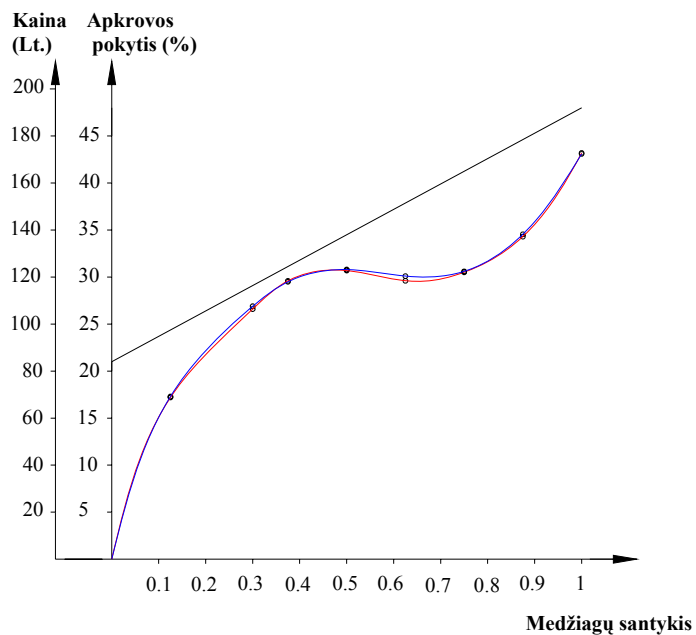
Y_i – atstumas nuo neutralės iki nagrinėjamo taško, m

E_{egl} – eglės tamprumo modulis, Mpa

E_{az} – ažuolo tamprumo modulis, Mpa

Proc. apkrovos pokytis		Medžiagų santykis
Fa (%)	Fe (%)	A/E
		0
17.2	17.3	0.125
26.6	26.9	0.3
29.6	29.5	0.375
30.7	30.8	0.5
29.6	30.1	0.625
30.7	30.8	0.75
34.3	34.6	0.875
43.2	42.9	1

4.1.2 lentelė

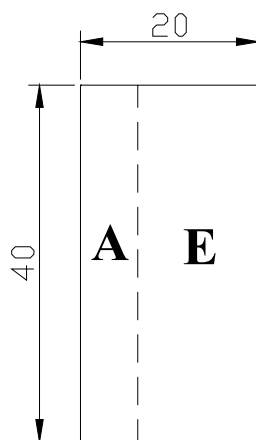


4.1.2 pav. Stiprumo pokytis nuo medžiagų santykio

Sijos iš dviejų medžiagų sujungtų horizontaliai stiprumas intensyviausiai kyla kol medžiagų santykis nepasiekia 0.4 t.y. ažuolo 4 dalys, eglės 6 dalys. Kaina tuo metu yra apie 110 lt. Toliau sijos standumas iki

medžiagų santykio 0.8 praktiškai nekyla, o kaina auga tiesinių pavidalu. Todėl naudoti šios formos profilį kai medžiagų santykis didesnis už 0.4 neracionalu. 4.1.2 paveikslas.

1.4 Sijos iš dviejų medžiagų sujunktų vertikaliai stiprumas.



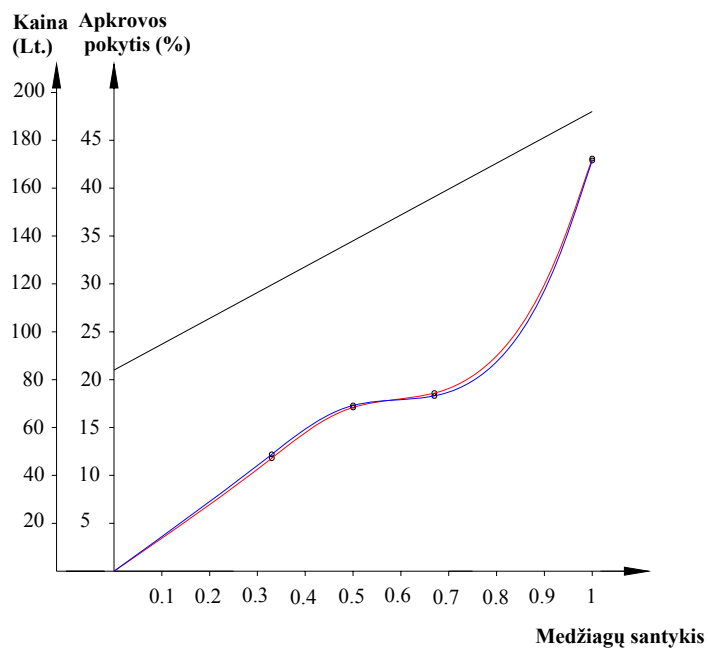
4.1.3 pav.

Plotis (cm)		Standumas D	Ažuolo y_i	Eglės y_i	Lenkimo momentas		Apkrovimas		Medž. santykis A/E
Ažuolas	Eglė				M_a	M_e	F_a	F_e	
0	2.00E-01	2.24E+01	2.00E-01	2.00E-01	2.54E-01	2.35E-01	1.69E-01	1.56E-01	0
5.00E-02	1.50E-01	2.50E+01	2.00E-01	2.00E-01	2.83E-01	2.62E-01	1.89E-01	1.75E-01	0.33
1.00E-01	1.00E-01	2.62E+01	2.00E-01	2.00E-01	2.97E-01	2.74E-01	1.98E-01	1.83E-01	0.5
1.50E-01	5.00E-02	2.65E+01	2.00E-01	2.00E-01	3.00E-01	2.78E-01	2.00E-01	1.85E-01	0.67
2.00E-01	0	3.20E+01	2.00E-01	2.00E-01	3.63E-01	3.35E-01	2.42E-01	2.23E-01	1

4.1.3 lentelė

Proc. apkrovos pokytis		Medžiagų santykis A/E
F_a (%)	F_e (%)	
0		0
11.8	12.2	0.33
17.2	17.3	0.5
18.3	18.6	0.67
43.1	42.9	1

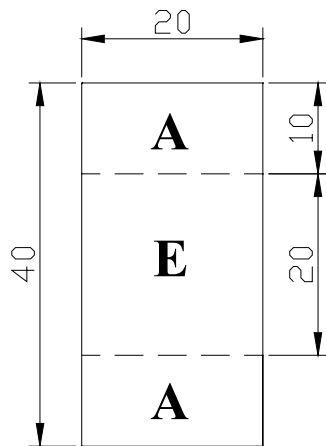
4.1.4 lentelė



4.1.4 pav.

Sijos iš dviejų medžiagų sujunktų vertikaliam stiprumas auga iki kol medžiagų santykis pasiekia 0.5, tai ir yra ta riba iki kurios gaunamas didžiausias efektyvumas kainos ir stiprumo atžvilgiu. 4.1.4 paveikslas.

1.5 Sijos iš dviejų medžiagų, trijų sluoksnių sujunktų horizontaliam stiprumas.



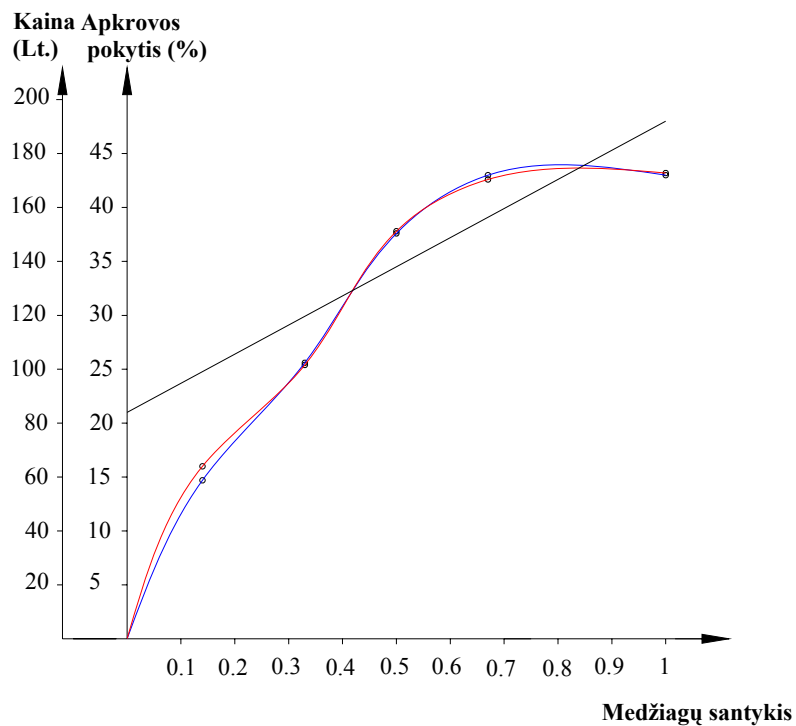
4.1.5 pav.

Aukštis (cm)		Standumas D	Ažuolo y_i	Egles y_i	Lenkimo momentas		Apkrovimas		Medž. santykis A/E
Ažuolas	Eglė				M_a	M_e	F_a	F_e	
2.50E-02	3.50E-01	2.56E+01	2.00E-01	2.00E-01	2.54E-01	2.68E-01	1.96E-01	1.79E-01	0.14
5.00E-02	3.00E-01	2.80E+01	2.00E-01	2.00E-01	3.17E-01	2.93E-01	2.12E-01	1.96E-01	0.33
1.00E-01	2.00E-01	3.08E+01	2.00E-01	2.00E-01	3.49E-01	3.23E-01	2.33E-01	2.15E-01	0.5
1.50E-01	1.00E-01	3.19E+01	2.00E-01	2.00E-01	3.62E-01	3.34E-01	2.41E-01	2.23E-01	0.67
2.00E-01	0.00E+00	3.20E+01	2.00E-01	2.00E-01	3.63E-01	3.35E-01	2.42E-01	2.23E-01	1

4.1.5lentelė

Proc. apkrovos pokytis		Medžiagų santykis
Fa (%)	Fe (%)	A/E
16	14.7	0.14
25.4	25.6	0.33
37.9	37.8	0.5
42.6	42.9	0.67
43.2	43	1

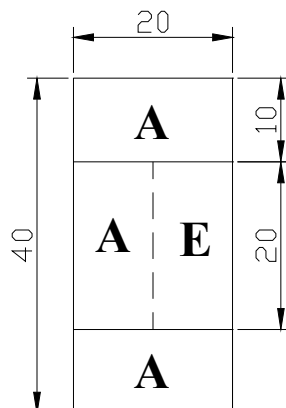
4.1.6 lentelė



4.1.6 pav.

Sijos iš dviejų medžiagų, trijų sluoksnių sujunktų horizontaliai standumas racionaliausias iki medžiagų santykio 0.7. (4.1.6 paveikslas)

1.6.Sijos iš dviejų medžiagų, trijų sluoksnių sujunktų horizontaliai, vidurinis sluoksnis sudarytas iš dviejų sluoksnių sujunktų vertikaliai, stiprumas. (Keičiu vidurinio sluoksnio medžiagų santykį. Išorinių sluoksnių storis po 10cm.



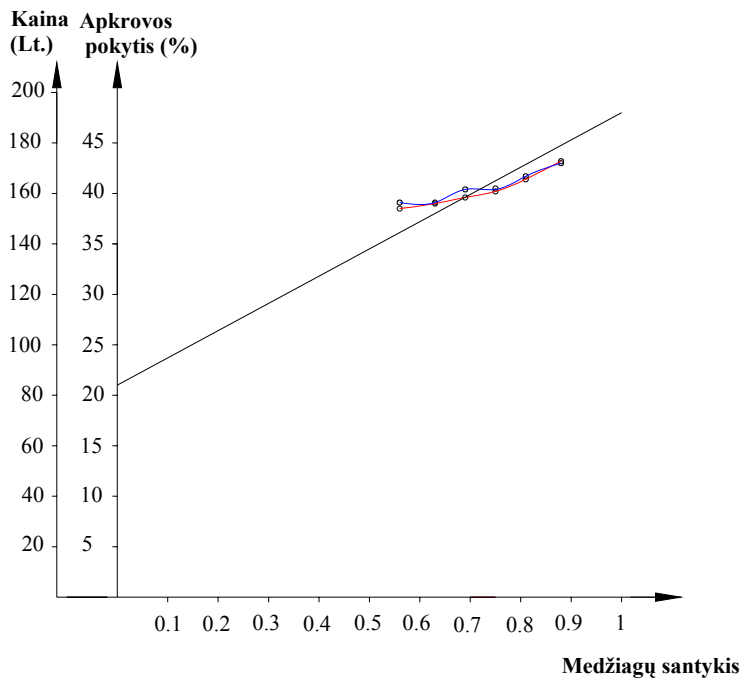
4.1.7.pav.

Aukštis (cm)		Standumas	Ažuolo	Egles	Lenkimo momentas		Apkrovimas		Medž.santykis
Ažuolas	Eglė				Ma	Me	Fa	Fe	
2.50E-02	1.75E-01	3.10E+01	2.00E-01	2.00E-01	3.51E-01	3.25E-01	2.34E-01	2.17E-01	0.56
5.00E-02	1.50E-01	3.11E+01	2.00E-01	2.00E-01	3.52E-01	3.26E-01	2.35E-01	2.17E-01	0.63
7.50E-02	1.25E-01	3.13E+01	2.00E-01	2.00E-01	3.55E-01	3.28E-01	2.36E-01	2.19E-01	0.69
1.00E-01	1.00E-01	3.14E+01	2.00E-01	2.00E-01	3.56E-01	3.29E-01	2.37E-01	2.19E-01	0.75
1.25E-01	7.50E-02	3.16E+01	2.00E-01	2.00E-01	3.58E-01	3.31E-01	2.39E-01	2.21E-01	0.81
1.50E-01	5.00E-02	3.17E+01	2.00E-01	2.00E-01	3.59E-01	3.32E-01	2.40E-01	2.21E-01	0.88

4.1.7 lentelė

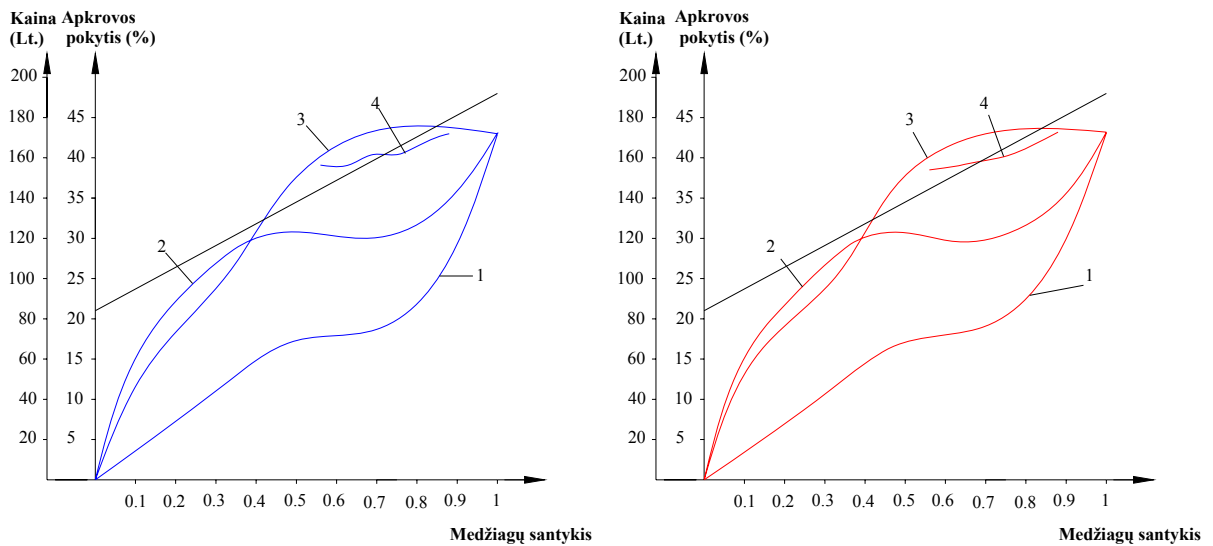
Proc. apkrovos pokytis		Medžiagų santykis
Fa (%)	Fe (%)	
28	39.1	0.56
39	39.1	0.63
39.6	40.4	0.69
40.2	40.4	0.75
41.4	41.7	0.81
42	41.7	0.88

4.1.8lentelė



4.1.8pav.

Šio profilio sijos medžiagų santykis kinta nuo 0.56 iki 0.88, tačiau standumo pokytis keičiantis medžiagų santykiui nėra toks intensyvus kaip kainos priaugio pokytis, todėl rinktis šio tipo skerspjuvį nėra racionalu.



4.1.9pav.(a,b)

Grafikai 4.1.9 a ir b yra stiprumo pokytis nuo medžiagų santykio. Grafikas a yra sudarytas skaičiavimo metu naudojant eglės tamprumo modulį ir stiprumo riba, grafikas b skaičiuotas naudojantis ąžuolo parametrais. Linijinis pokytis atspindi sijos kainą priklausomai nuo medžiagų santykio. Iš grafiko matyti, kad racionaliausia naudoti skerspjūvį iš dviejų medžiagų sujungtų horizontaliai iki kol medžiagų santykis nepasiekia 0.4. Nuo medžiagų santykio 0.4 iki kol skerspjūvis visiškai gaminamas ąžuolinis stiprumo atžvilgiu racionaliausia naudoti skerspjūvį iš dviejų medžiagų, trijų sluoksnių sujunktą horizontaliai. Pačias prasčiausias charakteristikas parodė skerspjūvis kurio sluoksniai sujungti vertikalčiai.

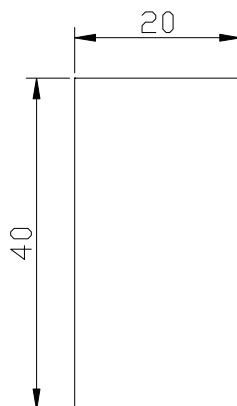
4.2 Sluoksnių išdėstymo ir skerspjūvio formos įtaka sijos standumui ir kainai.

Šiame skyriuje analizuosime tuos pačius keturis skerspjūvius, kaip ir 4.1 skyriuje. Įvertinsime sijos skerspjūvių standumo pokyčio priklausomybę nuo medžiagų santykio.

$$D = E_i \cdot I_i \quad (4.2.1)$$

$$I_i := \frac{b_i \cdot \delta_i}{12} + b_i \delta_i y^2 \quad (4.2.2)$$

1. Vientisos medžiagos sijos standumas. Įvertinsiu vientisos sijos iš ąžuolo ir eglės standumą.



4.2.1 pav. Vientisos medžiagos sija

Ąžuolinės sijos standumas D yra lygus:

$$I_i = \frac{20 \cdot 10^{-2} \cdot (40 \cdot 10^{-2})^3}{12} = 1.067 \times 10^{-3}$$

$$E_i = 30 \cdot 10^3 \text{ MPa}$$

$$D = 30 \cdot 10^3 \cdot 1.067 \cdot 10^{-3} = 32 \text{ MPa}$$

Eglinės sijos standumas D yra lygus:

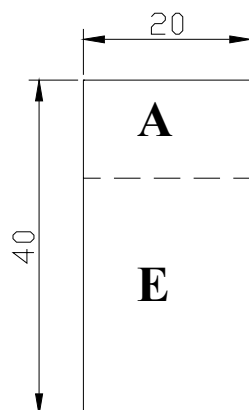
$$I_i = \frac{20 \cdot 10^{-2} \cdot (40 \cdot 10^{-2})^3}{12} = 1.067 \times 10^{-3}$$

$$E_i = 21 \cdot 10^3 \text{ MPa}$$

$$D = 21 \cdot 10^3 \cdot 1.067 \cdot 10^{-3} = 22.4 \cdot 10^3 \text{ MPa}$$

Projektuodamas sijas keisiu ne tik sluoksnių išdėstymą, bet ir prie kiekvieno sluoksnio išdėstymo kombinacijos nuosekliai keisi sluoksnių storį. Prie kiekvieno sluoksnio išdėstymo varianto įvertinsiu standumo ir kainos procentinį pokytį nuo vientisos sijos iš eglinio rasto. Pateiksiu grafikus standumo pokyčio nuo sijoje naudojamų medžiagų santykio.

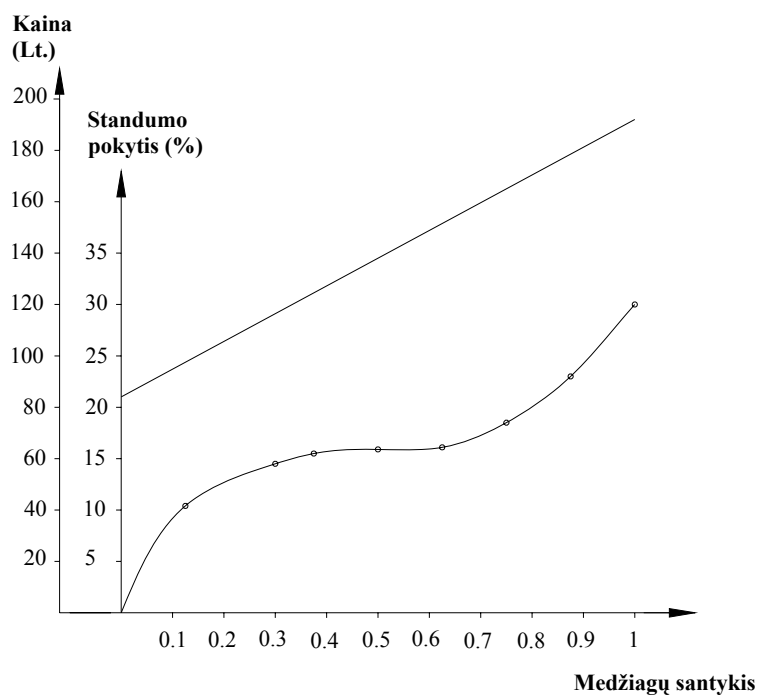
2. Sijos iš dviejų medžiagų sujunktų horizontaliai standumas.



4.2.2 pav.

Aukštis (cm)		Standumas D, MPa	Sijos Kaina, Lt	Procentinis pokytis		Medžiagų santykis Ažuolas dalis sijoje
Ažuolas	Eglė			Standumo	Kainos	
0	40	22.4	84	0	0	0
5	35	25	97.5	10.4	13.8	0.125
10	30	26.2	111	14.5	24.3	0.3
15	25	26.5	124.5	15.5	32.5	0.375
20	20	26.6	138	15.9	39.1	0.5
25	15	26.7	151.5	16.1	44.6	0.625
30	10	27.5	165	18.5	49.1	0.75
35	5	29	178.5	23	52.9	0.875
40	0	32	192	30	56.3	1

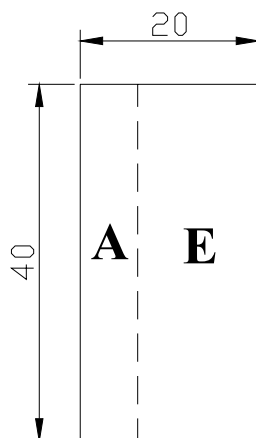
4.2.1 lentelė.



4.2.3 pav.

Sijos iš dviejų medžiagų sujunktų horizontaliai standumas intensyviausiai auga iki kol santykis pasiekia 0.3 . Nuo medžiagų santykio 0.3 iki 0.7 sijos standumas praktiškai nekinta, arba kinta nežymiai. Nuo santykio 0.7 iki vientisos sijos iš ąžuolo standumas vėl kyla intensyviau. Taigi tokio profilio sijas racionaliausia naudoti kai medžiagų santykis pasiekia 0.3. (4.2.3 paveikslas).

3.Sijos iš dviejų medžiagų sujunktų vertikalčiai standumas.

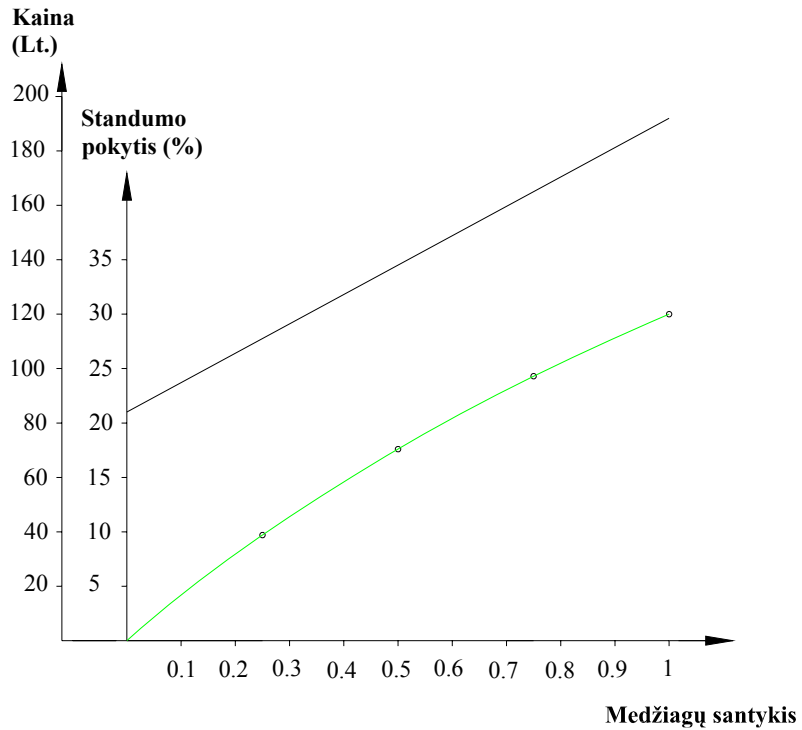


4.2.4pav.

Plotis (cm)		Standumas D,MPa	Sijos Kaina, Lt	Procentinis pokytis		Medžiagų santykis Ąžuolas dalis sijoje
Ąžuolas	Eglė			Standumo	Kainos	
0	20	22.4	84	0	0	0
5	15	24.8	111	9.7	24.3	0.25
10	10	27.2	138	17.6	39.1	0.5
15	5	29.6	165	24.3	49.1	0.75
20	0	32	192	30	56.3	1

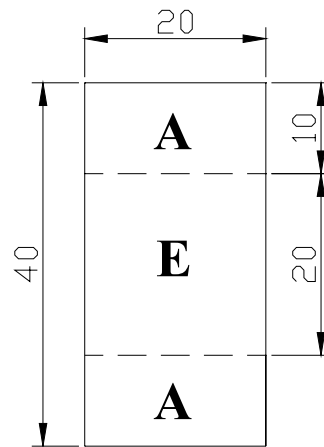
4.2.2 lentelė.

Skerspjuvio iš dviejų medžiagų sujunktų vertikalčiai standumas kuomet medžiagų santykis keičiasi nuo vientiso eglinio skerspjuvio iki vientiso ąžuolinio skerspjuvio auga tiesiškai. (4.2.5 paveikslas).



4.2.5 pav.

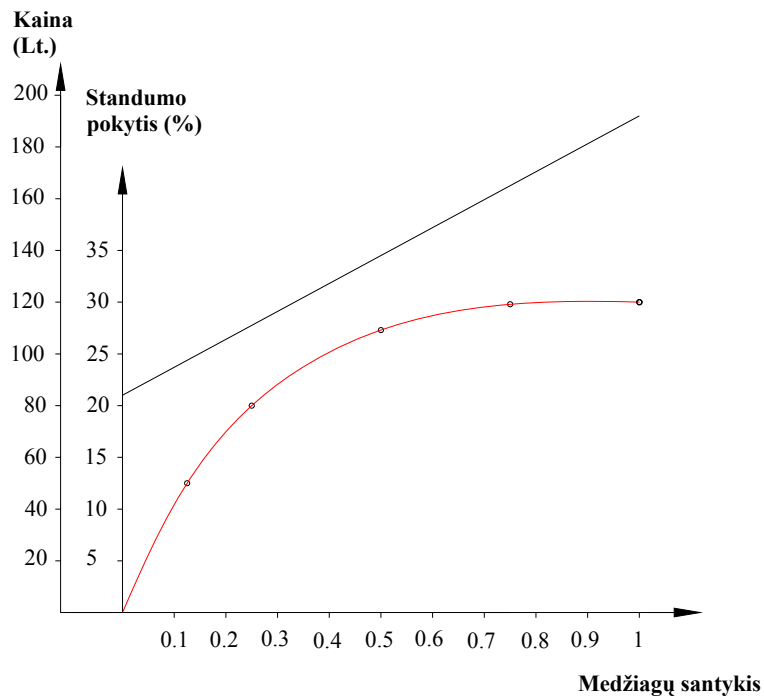
4. Sijos iš dviejų medžiagų, trijų sluoksnių sujunktų horizontaliai standumas.



4.2.6 pav.

Aukštis (cm)		Standumas D, MPa	Sijos Kaina, Lt	Procentinis pokytis		Medžiagų santykis Ažuolas dalis sijoje
Ažuolas	Eglė			Standumo	Kainos	
2.5	35	25.6	97.5	12.5	13.8	0.125
5	30	28	111	20	24.3	0.25
10	20	30.8	138	27.3	39.1	0.5
15	10	31.9	165	29.8	49.1	0.75
20	0	32	192	30	56.3	1

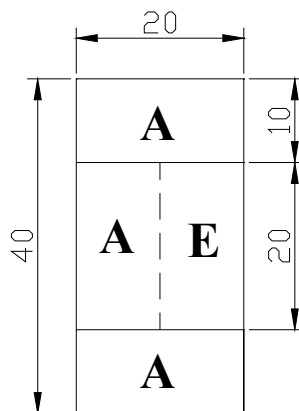
4.2.3 lentelė.



4.2.7 pav.

Skerspjūvio iš dviejų medžiagų, trijų sluoksnių sujunktų horizontaliai standumas racionaliausias, kai medžiagų santykis pasiekia 0.5. Toliau didinant ąžuolo medžiagos dalį sijoje standumas išlieka beveik pastovus, t.y. kyla labai nežymiai. Grafikas pavaizduotas 4.2.7 pavaveiksle.

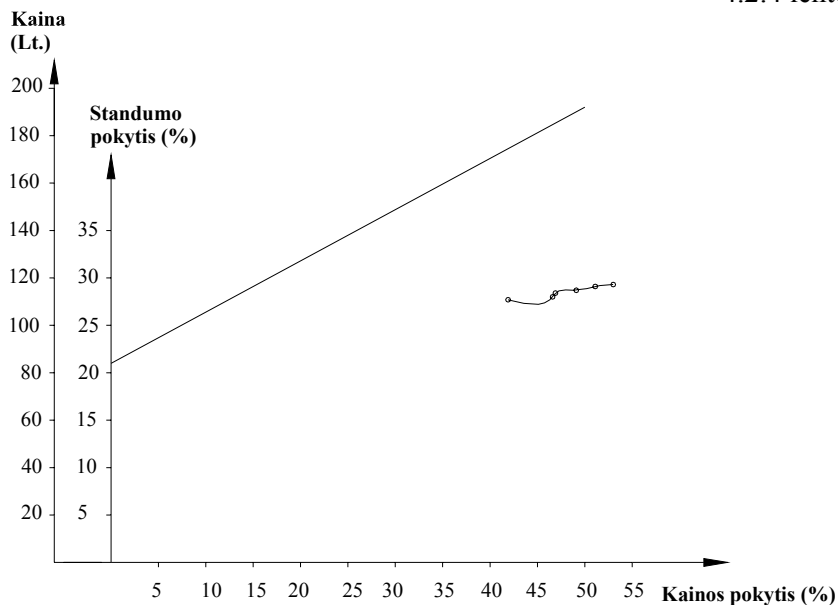
5. Sijos iš dviejų medžiagų, trijų sluoksnių sujunktų horizontaliai, vidurinis sluoksnis sudarytas iš dviejų sluoksnių sujunktų vertikaliai, standumas. (Keičiu vidurinio sluoksnio medžiagų santykį. Išorinių sluoksnių storis po 10 cm.)



4.2.8 pav.

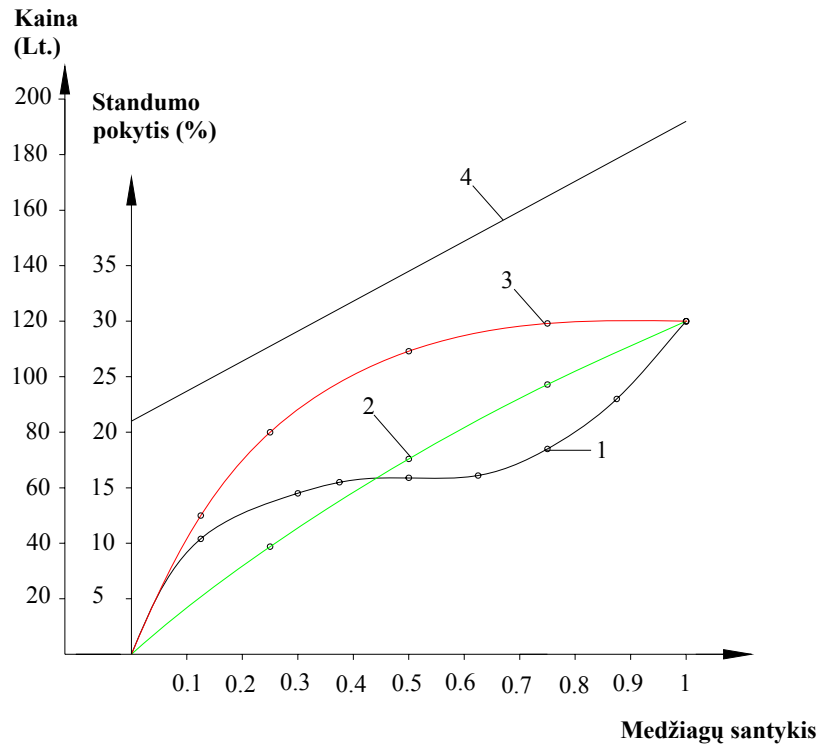
Plotis (cm)		Standumas	Sijos	Procentinis pokytis		Medžiagų santykis Ažuolas dalis sijoje
Ažuolas	Eglė			Standumo	Kainos	
2.5	17.5	31	144.75	27.7	41.9	0.56
5	15	31.1	151.5	28	46.6	0.63
7.5	12.5	31.3	158.25	28.4	46.9	0.69
10	10	31.4	165	28.7	49.1	0.75
12.5	7.5	31.6	171.75	29.1	51.1	0.81
15	5	31.7	178.5	29.3	53	0.88

4.2.4 lentelė.



4.2.9 pav.

Sijos iš dviejų medžiagų, trijų sluoksnių sujunktų horizontaliai, vidurinis sluoksnis sudarytas iš dviejų sluoksnių sujunktų vertikalčiai, standumas keičiasi labai nežymiai. Žymiai intensyviai kyla sijos kaina. Todėl naudoti tokio tipo sijas yra neracionalu. Grafikas 4.2.9 paveikslas.



4.2.10 pav.

Grafike 4.2.10. pav. pavaizduota visų analizuotų skerspjūvių standumo pokyčio priklausomybė nuo medžiagų santykio. Lyginant dvisluoksnes skerspjūvio sijas sujunktas horizontaliai ir lygiagrečiai, iš grafiko matome, kad iki santykio 0.45 racionaliau yra naudoti skerspjūvį, kuris yra sujunktas horizontaliai. Nuo medžiagų santykio 0.45 iki vientiso skerspjūvio iš ąžuolinės medienos geria yra naudoti skerspjūvį, kurio sluoksniai sujunkti vertikaliai. Taigi nuo vientisos eglinės iki medžiagų santykio 0.45 sijos su horizontaliai sujunktų sluoksnių standumas auga žymiai intensyviau. Kuomet medžiagų santykis pasiekia 0.45 standumas, tarp vertikaliai ir horizontaliai sujunktų sluoksnių, tampa lygus. Dar daugiau augant ąžuolo masės procentui sijose standumo pranašumą įgauna sija kurios sluoksniai yra sujunkti vertikaliai.

Žymiai panašesnis sijos profilis, kuris sudarytas iš dviejų medžiagų, trijų sluoksnių. Paveikslas 4.2.6. Šis sijos skerspjūvis yra simetrinis. Skerspjūvio standumas yra žymiai intensyvesnis nei prieš tai nagrinėtų skerspjūvių. Intensyviausias standumo augimas šiame skerspjūvyje yra tuomet, kol medžiagų santykis pasiekia 0.5. T.y. skerspjūvyje po lygiai sunaudojama tiek ąžuolinės, tiek eglinės medžiagos. 4.2.8 paveiksle pavaizduota skerspjūvis yra šiek prastesnis už trisluksnį skerspjūvį. Tačiau jis žymiai pranašesnis už dvisluoksnes sujunktas ir vertikaliai, ir horizontaliai.

Sijos standumas didėja, kuomet didėja medžiagos dalis sijoje kuri turi didesnį tamprumo modulį. Kai išoriniuose sluoksniuose yra išdėstyta medžiaga turinti didesnį tamprumo modulį, bei kuomet išoriniai sluoksniai tolsta nuo neutralės, nes šiuo atveju nes didėja sijos inercijos momentas.

5. Vienodo atsparumo sijos tyrimas

5.1 Vienodo atsparumo sijos formavimas keičiant sijos aukštį.

Dažniausiai sijos daromos vienodo skerspjūvio per visą ilgį, nors tokio skerspjūvio reikia tik vienoj pavojingiausioje vietoje sija būtų racionalesnė (būtų mažesnio tūrio), jei jos skerspjūvis visur būtų tik toks, kokio reikia stiprumui ties ta vieta garantuoti. Tokio tipo sijos ne tik išlieka pakankamo stiprumo, be to jos taupo išlaidas kurios atsispindi sunaudotos medžiagos kiekyje.

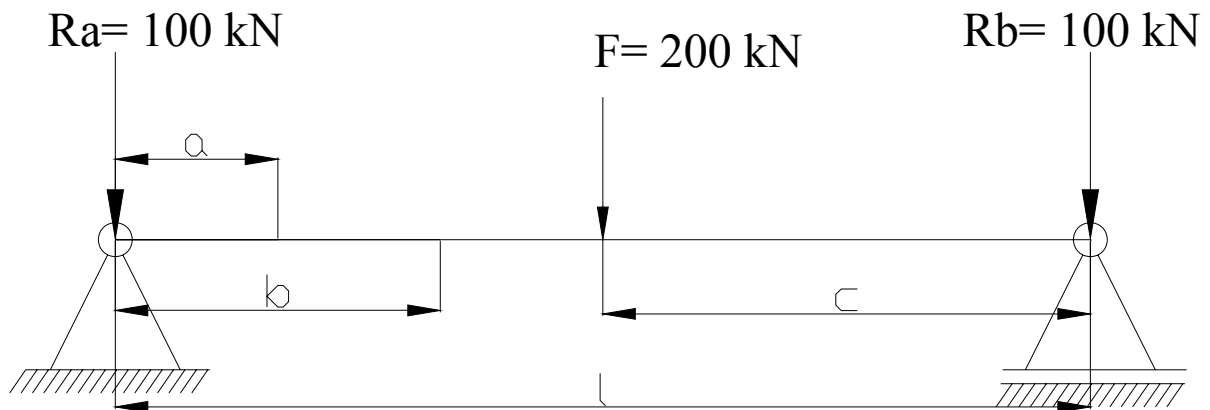
Projektuosiu vienodo atsparumo sija. Jos parametrus išlaikysiu tokius pat kaip ir daugiasluoksnių sijų projektavime:

Sijos ilgis - 6 m,

Plotis – 20 cm.

Projektuosiu eglinę ir ažuolinę sijas paskaičiuosiu kiek tokiu būdu sutaupoma medžiagos, kiek kinta kaina .

5.1.1 Ažuolinės racionalios sijos projektavimas.



5.1.1 pav. Sijos schema.

Duomenys: $a = 1\text{ m}$, $b = 2\text{ m}$, $c = 3\text{ m}$, $l = 6\text{ m}$, $F = 200\text{ N}$

Skaičiuoju lenkimo momentus sijoje atstumuose nuo galo a , b ir c . M_{z1} , M_{z2} , M_{z3} .

$$M_{z1} = R_a \cdot c = 100 \cdot 3 = 300\text{ N}\cdot\text{m}$$

$$M_{z2} = R_a \cdot b = 100 \cdot 2 = 200\text{ N}\cdot\text{m}$$

$$M_{z3} = R_a \cdot a = 100 \cdot 1 = 100 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Sijos plotį išlaikome pastovų

$$b_{(z)} = 0.2 \text{ m.}$$

Leistinus įtempimus ąžuolui paimame iš žinyno

$$\sigma_{\text{adm}} = 68 \text{ MPa}$$

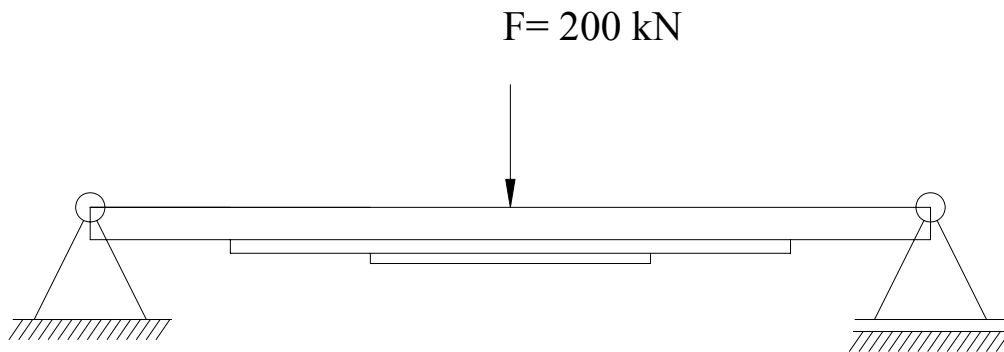
Skaičiuoju sijos aukščio pakyčius:

$$h_z := \sqrt{\frac{6M_z}{b \cdot \sigma_{\text{adm}}}}$$

$$h_{z1} = 0.364 \text{ m}$$

$$h_{z2} = 0.297 \text{ m}$$

$$h_{z3} = 0.210 \text{ m}$$



5.1.2 pav. Racionalios sijos forma ir apkrova.

Skaičiuoju kiek medienos reikės pagaminti racionalios formos sijai

$$(0.21 \cdot 6 \cdot 0.2) + (0.087 \cdot 4 \cdot 0.2) + (0.067 \cdot 2 \cdot 0.2) = 0.348 \text{ m}^2$$

Skaičiuoju kiek medienos reikės pagaminti vientisos formos sijai iš ąžuolo, kad atlaikytų tokio dydžio apkrovimą.

$$V = (0.364 \cdot 6 \cdot 0.2) = 0.437 \text{ m}^2$$

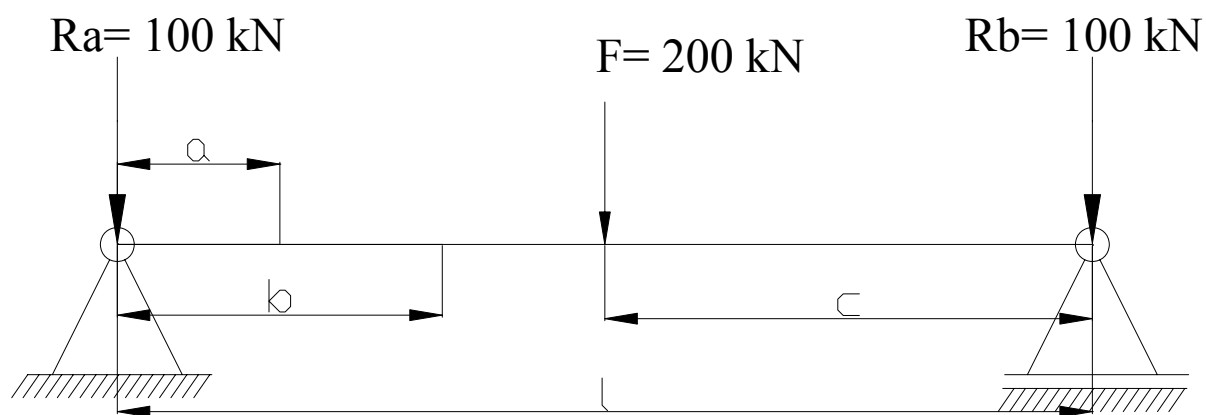
Paskaičiuoju sutaupyto medienos kiekį

$$V = 0.437 - 0.383 = 0.089 \text{ m}^2$$

Paskaičiuoju kiek medienos procentaliai sutaupoma gaminant racionalios formos siją lyginant su vientisos formos siją.

$$0.089 \cdot \frac{100}{0.437} = 20.366$$

5.1.2 Eglinės racionalios sijos projektavimas.



5.1.3 pav. Sijos schema.

Duomenys: $a = 1\text{ m}$, $b = 2\text{ m}$, $c = 3\text{ m}$, $l = 6\text{ m}$, $F = 200\text{ kN}$

Skaičiuoju lenkimo momentus sijoje atstumuose nuo galo a , b ir c . M_{z1} , M_{z2} , M_{z3} .

$$M_{z1} = R_a \cdot c = 100 \cdot 3 = 300\text{ N}\cdot\text{m}$$

$$M_{z2} = R_a \cdot b = 100 \cdot 2 = 200\text{ N}\cdot\text{m}$$

$$M_{z3} = R_a \cdot a = 100 \cdot 1 = 100\text{ N}\cdot\text{m}$$

Sijos plotį išlaikome pastovų

$$b_{(z)} = 0.2\text{ m.}$$

Leistinusius įtempimus eglei paimame iš žinyno

$$\sigma_{\text{adm}} = 44\text{ Mpa}$$

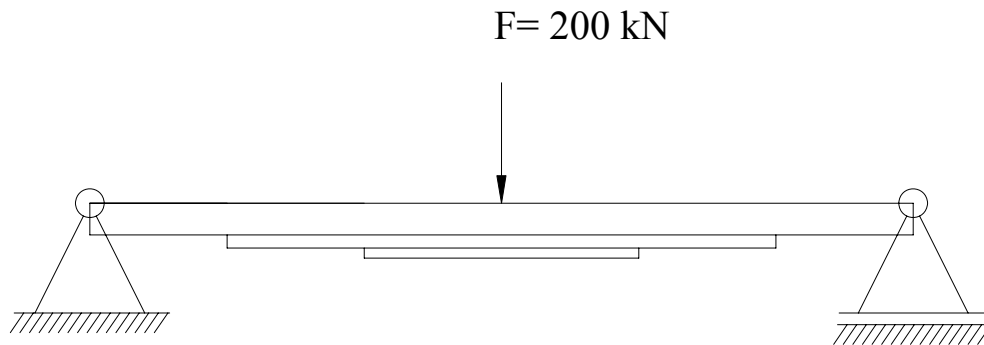
Skaičiuoju sijos aukščio pakyčius:

$$h_z := \sqrt{\frac{6M_z}{b \cdot \sigma_{adm}}}$$

$$h_{z1} = 0.452 \text{ m}$$

$$h_{z2} = 0.369 \text{ m}$$

$$h_{z3} = 0.261 \text{ m}$$



5.1.4 pav. Racionalios sijos forma ir apkrova.

Skaičiuoju kiek medienos reikės pagaminti racionalios formos sijai

$$(0.261 \cdot 6 \cdot 0.2) + (0.108 \cdot 4 \cdot 0.2) + (0.083 \cdot 2 \cdot 0.2) = 0.433 \cdot \text{m}^2$$

Skaičiuoju kiek medienos reikės pagaminti vientisos formos sijai iš eglės, kad atlaikytų tokio dydžio apkrovimą.

$$V = (0.452 \cdot 6 \cdot 0.2) = 0.542 \text{m}^2$$

Paskaičiuoju sutaupyto medienos kiekį

$$V = 0.542 - 0.433 = 0.109 \text{m}^2$$

Paskaičiuoju kiek medienos procentaliai sutaupoma gaminant racionalios formos siją lyginant su vientisos formos siją.

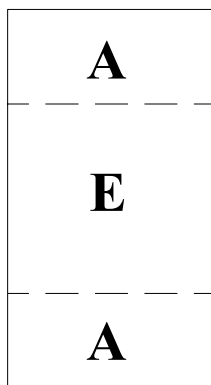
$$0.109 \cdot \frac{100}{0.542} = 20.111\%$$

Gaminant, ne įprastas pastovaus skerspjūvio sijas, o vienodo atsparumo sijas sutaupoma nemažai medžiagų. Mūsų atveju projektuojama siją yra 6 metrų ilgio, ji turi atlaikyti 200 kN svorį. Tiek projektuojant ažuolinę, tiek eglinę racionalia siją lyginant su pastovaus skerspjūvio šių medžiagų sijomis

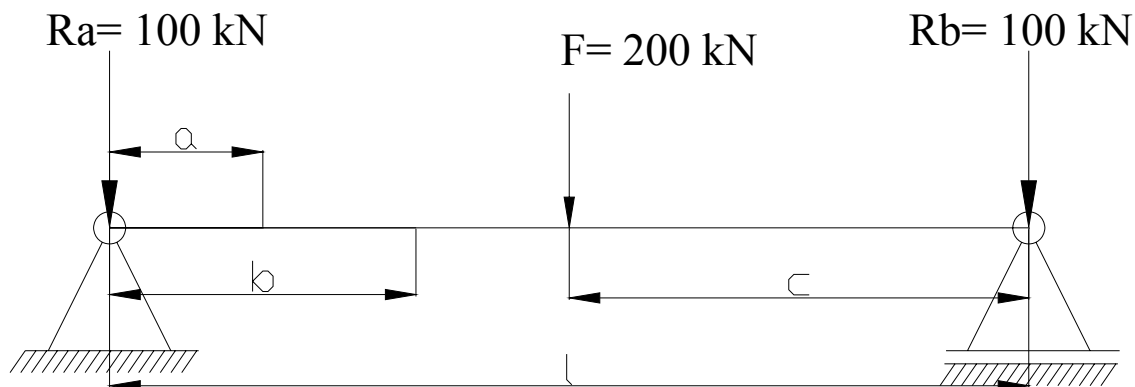
gaunamas akivaizdus efektyvumas. Tiek vienos, tiek kitos sijos sunaudojamos medžiagos kiekis sumažėja per 20 procentų. Tiek pat sumažėja ir sunaudotos medžiagos kaina.

5.2 Vienodo atsparumo sijos formavimas keičiant sluoksnių išdėstymą.

Projektuosiu daugiasluoksnes sijas, kad gauti kuo ekonomiškėnę siją, kuri atlaikytų tuos pačius parametrus. Sijos parametrus išlaikysime kaip ir prieš tai buvusiame skyriuje apkrovimas lygus 200 kN, ilgis 6 metrai (5.2.2 paveikslas). Iš 4.2 skyriaus, ieškodami efektyviausio profilio sijos priėjome išvadą, kad toks profilis yra sijos iš dviejų medžiagų, trijų sluoksnių sujunktų horizontaliai.(5.2.1 paveikslas.) Todėl šį profilį panaudosiu ir racionalios formos sijai su skirtingo tamprumo sluoksniais projektavime.



5.2.1 pav. Racionalios sijos skerspjūvis



5.2.2 pav. Racionalios sijos apkrovimo schema

Pasinaudosiu skaičiavimo duomenimis, kuriuos gavome skaičiuodami racionalia eglinę siją:

Duomenys: $a = 1\text{ m}$, $b = 2\text{ m}$, $c = 3\text{ m}$, $l = 6\text{ m}$, $F = 200\text{ kN}$

Skaičiuoju lenkimo momentus sijoje atstumuose nuo galo a , b ir c . M_{z1} , M_{z2} , M_{z3} .

$$M_{z1} = R_a \cdot c = 100 \cdot 3 = 300\text{ N}\cdot\text{m}$$

$$M_{z2} = Ra \cdot b = 100 \cdot 2 = 200 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$M_{z3} = Ra \cdot a = 100 \cdot 1 = 100 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Sijos plotį išlaikome pastovų

$$b_{(z)} = 0.2 \text{ m.}$$

Žinome, kad leistinieji įtempimai yra:

Ažuolo – 68 Mpa

Eglės – 44 Mpa

Kadangi nagrinėjamoji sija yra daugiasluoksnė susidedanti ir iš eglinės ir iš ažuolinės leistinuosius įtempimus naudojame mažesnius, t.y. eglės 44Mpa, kad garantuoti sijos stiprumą. Sijos parametrus randame iteraciniu metodu.

Racionalios trisluoksnės sijos projektavimas.

Pirmasis sluoksnis yra ažuolinis jis turi atlaikyti 100 Nm momentą iš 5.1 skyriaus jau žinome, kad toks sluoksnis lygus 0.21 m aukščio.

$$h_{z3} = 0.21 \text{ m}$$

Ieškome antro sluoksnio storio šio sluoksnio apkrovimas 200 Nm , jis gaminamas iš eglinės medienos.

$$D = \frac{M \cdot y \cdot E_i}{\delta} \quad (5.2.1)$$

M – lenkimo momentas.

E – sluoksnio medžiagos tamprumo modulis,

y – atstumas nuo neutralės iki nagrinėjamo sluoksnio,

δ – medžiagos leistinieji įtempimai.

$$D = \frac{0.2 \cdot 0.186 \cdot 21000}{44} = 17.755$$

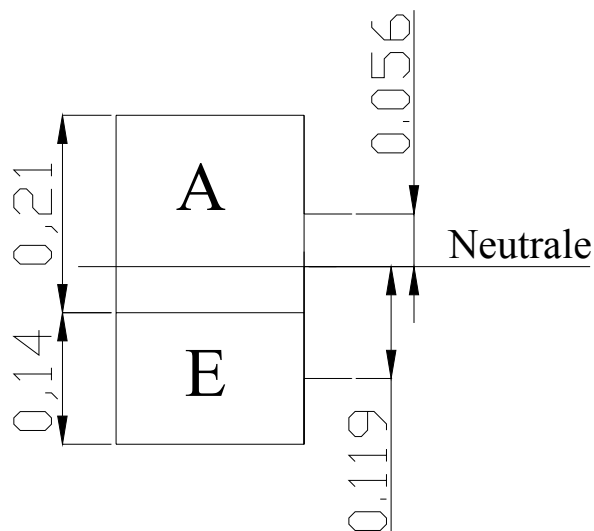
$$D = E_K I_K; \quad (5.2.2)$$

E_K – ekvivalentinis tamprumo modulis.

I_K – ekvivalentinis inercijos momentas.

Pirmąjį ažuolinį sluoksnį išlaikome toki koks buvo t.y. 0.21m . Eglinį sluoksnį randame užsiduodami tam tikrą jo storį. Po to žinodami visus jo parametrus, juos statome į 5.1 formulę. Gauname tam tikro dydžio standumą. Vėliau pagal šiuos parametrus randu standumą iš 5.2 formulės. Jei standumas įstačius duomenis

iš pasirinkto dydžio sluoksnio vienoje ir kitoje formulėje nesutampa, pasirenkame kitokių matmenų sluoksnį ir vėl pakartojame skaičiavimus tol kol gauti standumai sutaps. Tuomet iš 5.1 lentelės paimū sigma antrojo sluoksnio reikšmę, ši reikšmė ir yra antrojo sluoksnio storis.(5.1 lentelė atspindi formulės 5.2 skaičiavimo rezultatus. Gautas sluoksnis yra 0.14 m storio. 5.2.3 paveikslas



5.2.3 pav. Racionalios sijos skerspjūvis

b	sigma	y	I	E	Ek	D
2.00E-01	2.10E-01	5.60E-02	2.86E-04	3.00E+04	1.18E+04	
2.00E-01	1.40E-01	1.19E-02	4.42E-04	2.10E+04	1.28E+04	
0.00E-01	0.00E+00	0.00E+00	0	0.00E+00	0.00E+00	
			0		0.00E+00	
			0		0.00E+00	
			0		0.00E+00	
			0		0.00E+00	
			0		0.00E+00	
			0		0.00E+00	
			0		0.00E+00	
I_k			7.28E-04		2.45E+04	1.79E+01

5.1.1 lentelė

Eglinės sijos stori gaunu lygu 0.14m

$$h_{z2} = 0.21 + 0.14 \text{ m}$$

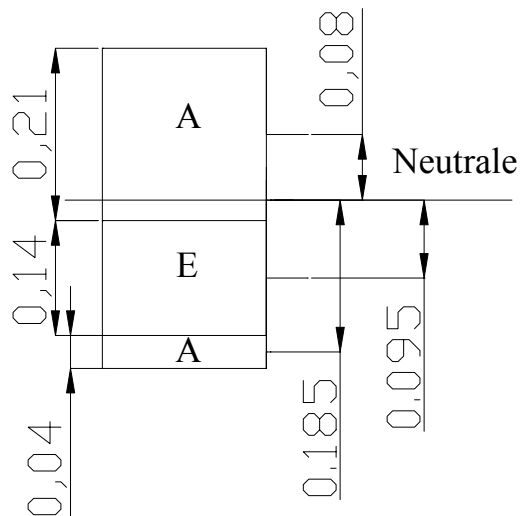
Ieškome trečio sluoksnio storio šio sluoksnio apkrovimas 300 Nm , jis gaminamas iš ažuolinės medienos.

Atliekame tuos pačius skaičiavimus kaip ir ieškodami antrojo sluoksnio.

$$D = \frac{M \cdot y \cdot E_i}{\delta}$$

$$D = \frac{0.3 \cdot 0.195 \cdot 21000}{44} = 27.92 \text{MPa}$$

Trečiąjį sluoksnį gavome 0,04 m storio. 5.2.4 paveikslas.



5.2.4 pav. Racionalios sijos skerspjūvis.

b	sigma	y	I	E	Ek	D
2.00E-01	2.10E-01	8.00E-02	4.23E-04	3.00E+04	1.27E+04	2.72E+01
2.00E-01	1.40E-01	0.095	0.000298	2.10E+04	6.29E+03	
2.00E-01	4.00E-02	1.85E-01	0.000275	3.00E+04	8.28E+03	
			0		0.00E+00	
			0		0.00E+00	
			0		0.00E+00	
			0		0.00E+00	
			0		0.00E+00	
			0		0.00E+00	
			0		0.00E+00	
Ik			9.96E-04		2.73E+04	

5.2.2entelė

Bendras sijos storis prie didžiausių apkrovų:

$$h_{z1} = 0.21 + 0.14 + 0.04 = 0.39 \text{m}$$

Paskaičiuojame vientisos ąžuolinės sijos tūrį ir sijos medžiagos kainą.

$$V = 0.2 \cdot 0.39 \cdot 6 = 0.468 \text{m}^3$$

Kadangi vieno ąžuolinės medienos vieno kubinio metro kaina 400 lt., tai sijos medžiagos kaina bus lygi:

$$0.468 \cdot 400 = 187.2t$$

Paskaičiuojame gautos daugiasluoksnės vienodo atsparumo sijos sunaudotos medžiagų kiekius ir sijos kainą:

Ažuolo sunaudota:

$$V = (0.04 \cdot 0.2 \cdot 2) + (0.21 \cdot 0.2 \cdot 6) = 0.268m^3$$

Eglės sunaudota:

$$V = 0.14 \cdot 0.2 \cdot 4 = 0.112m^3$$

Sunaudotos ąžuolinės medienos kaina:

$$0.268 \cdot 400 = 107.2t$$

Sunaudotos eglinės medienos kaina:

$$0.112 \cdot 175 = 19.6t$$

Bendra sijos medžiagų kaina:

$$107.2 + 19.6 = 126.8t$$

Paskaičiuojame kiek procentiškai sutaupoma ąžuolinės vientisos sijos ir suprojektuotos daugiasluoksnės vienodo atsparumo sijos atžvilgių.

$$\frac{60.4}{187.2} \cdot 100 = 32.265\%$$

Tai, kad vienodo atsparumo sijos yra pranašesnės už pastovaus skerspjūvio įsitikinome jau 5.1 skyriuje. 5.2 skyriuje prie to, kad projektavome vienodo atsparumo siją, ją dar suprojektavome kaip daugiasluoksnę. Sijos skerspjūvio forma buvo pasirinkta neatsitiktinai. Šis skerspjūvis yra standžiausias lyginant su dar trimis skerspjūviais, kuriuos analizavome 4.2 skyriuje. Taigi apjungus du veiksnius, tokius kaip daugiasluoksnės sijos projektavimas ir vienodo atsparumo sijos projektavimas galima gauti teigiamų rezultatų, tokių kaip sijos kainos sumažinimas arba išlaikant tą pačią kainą gauti daug standesnę siją. Mes šiuo atveju naudodami tą patį apkrovimą gavome 32 procentais pigesnę siją.

Skerspjūvio tipas	Sijos tipas	Medžiaga	Medžiagos kiekis	Sijos kaina	Apkrova	Standumas
tipas		Až/Eg.	m.kub.	Lt.	kN	Mpa
Vientiso skerspjūvio	Vientisa mediena	eglė	0,48	84	157	22.4
	Vientisa mediena	ąžuolas	0,48	192	242	32
	Sluoksniai vertikal.	eglė/ąžuolas	0,48	138	183	27,2
	Sluoksniai horizont.	eglė/ąžuolas	0,48	138	170	26,6
	Sluoksniai horizont.	eglė/ąžuolas	0,48	138	215	30.8
Racionalaus skerspjūvio	Vientisa mediena	eglė	0,433	76	200	27.9
	Vientisa mediena	ąžuolas	0,437	175	200	27.9
	Sluoksniai horizont.	eglė/ąžuolas	0,38	128	200	27.9

5.2.3 lentelė

IŠVADOS

1. Nustatyta, kad iki medžiagų santykio 0.4 geresnėmis stiprumo charakteristikomis pasižymi dviejų medžiagų sujunktų horizontaliai. Didėjant medžiagų santykiui stipresnes savybes turi sija iš dviejų medžiagų, trijų sluoksnių sujunktų horizontaliai.
2. Nustatyta, kad lyginant standumo charakteristikas standžiausia sija yra iš dviejų medžiagų, trijų sluoksnių sujunktų horizontaliai.
3. Projektuojant ažuolinę ir eglinę racionalią siją lyginant su pastovaus skerspjūvio sija, gaunamas pirmųjų akivaizdus efektyvumas. Tiek vienos, tiek kitos sijos sunaudojamos medžiagos kiekis sumažėja per 20 procentų. Tiek pat sumažėja ir sunaudotos medžiagos kaina.
4. Apjungus du veiksnius, tokius kaip daugiasluoksnės sijos ir vienodo atsparumo sijos projektavimas, gavome, kad tokios sijos akivaizdžiai yra pranašesnės už pastovaus skerspjūvio siją. Tokių sijų kainos sumažėjo 32 procentais lyginant su pastovaus skerspjūvio sija.

LITERATŪRA

1. A.Kudzys, "GELŽBETONINĖS IR MŪRINĖS KONSTRUKCIJOS." 1992. Vilnius.
2. J.Paulauskas, "METALINĖS KONSTRUKCIJOS", 1977. Vilnius,
3. Č.Jakimavičius, "MEDIENOTYRA", 2003. Kaunas,
4. J.Bareišis, "PLASTIKŲ, KOMPOZITŲ IR DAUGIASLUOKSNIŲ KONSTRUKCIJŲ
ELEMENTŲ STIPRUMAS". 2006. Kaunas,
6. J.Bareišis, "MEDŽIAGŲ MECHANIKA" paskaitų konspektas 1 dalis.2003.Šiauliai,
7. J.Bareišis, "MEDŽIAGŲ MECHANIKA" paskaitų konspektas 2 dalis.2003.Šiauliai,
8. J.Bareišis, "KONSTRUKCIJŲ STIPRUMAS IR PATIKIMUMAS" paskaitų konspektas
mechanikos inžinerijos magistrams 1 dalis.2003. Panevėžys.
9. J.Bareišis, "KONSTRUKCIJŲ STIPRUMAS IR PATIKIMUMAS" paskaitų konspektas
mechanikos inžinerijos magistrams 2 dalis.2003. Panevėžys.
10. J.Bareišis, "KONSTRUKCINIŲ ELEMENTŲ ATSPARUMAS" 2003.Šiauliai,
11. G.Marčiukaitis."PASTATŲ KONSTRUKCIJŲ PROJEKTAVIMO PRINCIPAI"
2001.Vilnius.