

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS  
MEDŽIAGŲ INŽINERIJOS KATEDRA

Jolanta Duonelavičiūtė

**MODIFIKUOTŲ FORMALDEHIDINIŲ DERVŲ SAVYBIŲ TYRIMAS**

Magistro darbas

Vadovas

lekt. Darius Minelga

KAUNAS, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS  
MEDŽIAGŲ INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėja

Doc. dr. Vaida Jonaitienė

Jolanta Duonelavičiūtė

**MODIFIKUOTŲ FORMALDEHIDINIŲ DERVŲ SAVYBIŲ TYRIMAS**

Medienos inžinerija (621J53001)

Magistro baigiamasis darbas

**Vadovas**

Lekt. Darius Minelga

**Recenzentė**

Doc. dr. Kristina Ukvalbergienė

**Atliko**

DM – 3 gr. stud. Jolanta Duonelavičiūtė

KAUNAS, 2015



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

(Fakultetas)

Jolanta Duonelavičiūtė

(Studento vardas, pavardė)

Medienos inžinerija (621J53001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Modifikuotų formaldehidinių dervų savybių tyrimas“

## AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

2015m. Gegužės mėn. 29d.

Kaunas

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

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

\_\_\_\_\_  
(vardą ir pavardę rašyti ranka)

\_\_\_\_\_  
(parašas)

## PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Skirtingų rūšių klijais klijuotų bandinių apanglėjimo gylio priklausomybė nuo laiko esant tiesioginiam ugnies poveikiui .....	23
2 Pav. Eglės medienos dėžinio sujungimo bandinių lenkiamojo stiprio priklausomybė nuo temperatūros poveikio.....	24
3 pav. Bandinio schema.....	37
4 pav. Bandymo tvirtinimo griebtuose shema. 1- griebtuvai, 2- bandinys.....	38
5 pav. Įrangos, naudotos vilgumo kampo nustatymui, principinė schema .....	39
6 pav. Kameros užfiksuoto lašelio vaizdo bei vilgumo kampo nustatymo specialia „Motic image plus“ programa, pavyzdys.....	39
7 pav. Elektrinė krosnelė SNOL 120/500.....	39
8 pav. Temperatūrinio lanko pasiskirstymo plonuose asortimentuose monograma (pagal Čudinovą) .....	42
9 pav. Sanklijos stiprio priklausomybė nuo modifikuojančio priedo (melamino) kiekio dervoje pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 3 .....	46
10 pav. Buko medienos bandinių sanklijos stiprio priklausomybė nuo modifikuojančio priedo (melamino) kiekio dervoje pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 4 .....	46
11 pav. Skirtingais klijais klijuoto trisluoksnio LVL storio išbrinkis, po 2 val mirkymo vandenyje .....	47
12 pav. Skirtingais klijų tipais klijuotų LVL klijų siūlės stipris natūraliomis atmosferos sąlygomis, po mirkymo bei po virinimo vandenyje .....	47
13 pav. Klijų kietėjimo priklausomybė nuo klijavimo temperatūros .....	49
14 pav. Beržo medienos tangentinio paviršiaus vilgumo kampo kitimas, naudojant skirtingas dervas.....	50
15 pav. Pušies medienos tangentinio paviršiaus kampo kitimas, naudojant skirtingas dervas .....	50
16 pav. Buko medienos tangentinio paviršiaus vilgumo kampo kitimas, naudojant skirtingas dervas.....	50
17 pav. MKF-9.6 derva klijuotų beržo lukšto bandinių, kurių klijavimo trukmė - 8min, klijavimo temperatūra – 125 °C, sanklijos stipris bandant pagal LST EN 12765 standarto sekas Nr. 1 ir Nr. 3 .....	52
18 pav. MKF-9.6 derva klijuotų beržo lukšto bandinių, kurių klijavimo trukmė – 13 min, klijavimo temperatūra – 75 °C, sanklijos stipris bandant pagal LST EN 12765 standarto sekas Nr. 1 ir Nr. 3 .....	53
19 pav. Skirtingais režimais MKF-9.6 derva klijuotų beržo lukšto bandinių sanklijos stipris bandant pagal LST EN 12765 standarto sekas Nr. 1 ir Nr. 3 .....	54
20 pav. Skirtingais režimais MKF-9.6 derva klijuotų beržo lukšto bandinių procentinė suirtis per medieną bandant pagal LST EN 12765 standarto sekas Nr. 1 ir Nr. 3 .....	54
21 pav. KF derva klijuotų beržo lukšto bandinių sanklijos stiprio priklausomybė nuo klijavimo temperatūros bandant pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 1. ....	55
22 pav. MKF-3.6 derva klijuotų beržo lukšto bandinių sanklijos stiprio priklausomybė nuo klijavimo temperatūros bandant pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 1.....	56
23 pav. MKF-9.6 derva klijuotų beržo lukšto bandinių sanklijos stiprio priklausomybė nuo klijavimo temperatūros po išlaikymo pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 1 .....	56
24 pav. MKF-3.6 derva klijuotų beržo lukšto bandinių sanklijos stiprio priklausomybė nuo klijavimo temperatūros bandant pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 3.....	57

25 pav. MKF-9.6 derva klijuotų beržo lukšto bandinių sanklijos stiprio priklausomybė nuo klijavimo temperatūros bandant pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 3.....	57
26 pav. Skirtingomis dervomis klijuotų beržo lukšto bandinių sanklijos stiprio priklausomybė nuo klijavimo temperatūros bandant pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 1.....	58
27 pav. Skirtingomis dervomis klijuotų beržo lukšto bandinių sanklijos stiprio priklausomybė nuo klijavimo temperatūros bandant pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 3.....	59
28 pav. MKF-3.6 derva klijuotų beržo lukšto bandinių sanklijos stiprio palyginimas bandant pagal skirtingas LST EN 12765 standarto sekas .....	59
29 pav. MKF-9.6 derva klijuotų beržo lukšto bandinių sanklijos stiprio palyginimas bandant pagal skirtingas LST EN 12765 standarto sekas .....	60
30 pav. Sausų, skirtingomis dervomis klijuotų bandinių sanklijos stipris bandant pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 1 .....	63
31 pav. Drėgmės paveiktų, skirtingomis dervomis klijuotų bandinių sanklijos stipris bandant pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 3 .....	63
32 pav. KF derva klijuotų bandinių sanklijos stiprio priklausomybė nuo aplinkos temperatūros poveikio bandant pagal LST EN 14257 standarto seką Nr. 1 .....	64
33 pav. MKF-3.6 derva klijuotų bandinių sanklijos stiprio priklausomybė nuo aplinkos temperatūros poveikio bandant pagal LST EN14257 standarto seką Nr. 1 .....	65
34 pav. MKF-9.6 derva klijuotų bandinių sanklijos stiprio priklausomybė nuo aplinkos temperatūros poveikio bandant pagal LST EN s14257tandarto seką Nr. 1 .....	65
35 pav. Skirtingomis dervomis klijuotų bandinių sanklijos stiprio priklausomybė priklausomybė nuo aplinkos temperatūros poveikio bandant pagal LST EN 14257 standarto seką Nr. 1 .....	66

## LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Išsiskiriančio formaldehido kiekio vertės smulkinių ir sausosios gamybos plaušų plokštėse .....	16
2 lentelė. Medienos rūšys, kurios kartais sunkiau klijuojamos. ....	26
3 lentelė. Tyrimuose naudotų dervų charakteristikos.....	36
4 lentelė. Atsparumo klasių aprašas .....	43
5 lentelė. Plonų klijų siūlių stiprio mažiausios vertės pagal LST EN 12765 standarto bandymų sekas. ....	43
7 lentelė. Dervų vilgumo kampai, išreikšti laipsniais, pirmosiomis 5 s naudojant skirtingas medienos biologines rūšis.....	51
8 lentelė. Bandyme naudotų klijų sudėtis.....	60
9 lentelė. Skirtingais klėjais klijuotų bei skirtingose temperatūrose presuotų faneros bandinių šlyties stiprio reikšmės.....	61
10 lentelė. Skirtingomis dervomis klijuotų bandinių, kaitintų skirtingose temperatūrose, sanklijos stiprio bei standartinio nuokrypio reikšmės .....	67
11 lentelė. Medienos procentinė suirtis per klijų siūlę veikiant skirtingoms temperatūroms .....	67

**Modifikuotų formaldehidinių dervų savybių tyrimas/ Magistro projektas/ Autorius – J. Duonelavičiūtė/ Vadovas – lekt. D. Minelga/ Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas, Medžiagų inžinerijos katedra. Kaunas, 2015 - 75 psl, 35 paveikslai, 11 lentelių.**

## **SANTRAUKA**

Šiame magistriniame darbe aprašyti melaminu modifikuotų karbamido formaldehidinių (MKF) dervų savybių tyrimai. Pateikta literatūros apžvalga, kurioje aprašoma formaldehidinių dervų struktūra, savybės, taikymo būdai. Taip pat aprašyti klijavimo metu vykstantys procesai, pagrindiniai faktoriai įtakojantys klijuotų sujungimų patvarumą ir ilgaamžiškumą bei formaldehidinių dervų modifikavimo būdai, į jų sudėtį įvedant įvairius priedus. Apžvelgus kitų tyrėjų ne tik teoriškai pagrįstus, bet ir praktiškai patikrintus tyrimo metodus, parengta darbo metodika, įranga bei medžiagos, kurios aprašytos metodologinėje dalyje.

Siekiant iširti „AB Achema“ kuriamas eksperimentines melaminu modifikuotas karbamido formaldehidines dervas, atlikti tokie pirminiai tyrimai kaip klijų kietėjimo trukmės, vilgumo kampo, klijų siūlės atsparumo drėgmei nustatymas, skirtingais režimais klijuotų medienos bandinių sanklijos stiprio nustatymas. Iširta sanklijos stiprio priklausomybė nuo klijavimo temperatūros bei nuo klijavimo trukmės. Taip pat atliktas klijų siūlės atsparumo aplinkos temperatūros poveikiui nustatymas.

Pagrindiniai tyrimai atlikti remiantis tokiais standartais kaip LST EN 204, LST EN 12765, LST EN 14257. Atlikus eksperimentus ir gavus tam tikras rezultatų skaitines reikšmes, jos apdorotos statistiškai. Apskaičiuoti svarbiausi matematiniai statistiniai rodikliai, tokie kaip aritmetinis vidurkis, vidutinis standartinis nuokrypis, variacijos koeficientas. Tokiu būdu rezultatų skaitinės reikšmės paruoštos analizei bei išvadų formulavimui.

Kadangi KF dervų modifikavimas melaminu atliekamas pagrinde tam, kad padidinti klijų siūlės atsparumą drėgmei, didžiausias dėmesys tiriant eksperimentines dervas, buvo skiriamas šiam tyrimui. Nustatyta, jog MKF dervų atsparumas drėgmei priklauso nuo dervoje esančio melamino kiekio. Kuo jis didesnis, tuo didesnis ir atsparumas drėgmei, gautas po tam tikrų hidroterminių apdorojimų. Minimalus melamino kiekis dervoje, kuriam esant derva gali būti priskiriama C3 atsparumo klasei pagal LST 12765 yra 3,6 %. Labiausiai vandeniui ir šilumai atspari klijų siūlė suformuota naudojant dervą, kurioje yra 9,6 % melamino. Atsižvelgiant į gautus rezultatus galima teigti, jog tirtomis dervomis klijuoti gaminiai galėtų būti eksploatuojami vidaus patalpose, kuriose dažnai trumpai teka vanduo arba jos veikiamos kondensacijos ir (arba) labai didelio oro drėgmo.

Rašant šį darbą buvo remiamasi įvairiais literatūros šaltiniais: moksliniais straipsniais, knygomis, standartais, paskaitų konspektais, metodiniais nurodymais bei internetiniuose puslapiuose pateikta medžiaga.

Darbo pabaigoje pateikiamos išvados, atspindinčios, kaip gauti rezultatai tenkina išsikeltus darbo uždavinius bei pagrindinį darbo tikslą. Taip pat pateikiami pasiūlymai.



**The research of modified formaldehyde resins properties/ Master project/ Author – J. Duonelavičiūtė/ Manager – lekt. D. Minelga/ Kaunas University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Design, Department of Materials Engineering. Kaunas, 2015-75 pages, 35 pictures, 11 tables.**

## **SUMMARY**

This master thesis is based on research of characteristics of the melamine modified urea formaldehyde resin. In literature review is overlooked the structure, characteristics and also application techniques of formaldehyde resins. There are also described processes that appear during the bonding, also many factors that influence the durability and longevity of the glued joints and what is more possible ways of formaldehyde resin modification by introducing a great variety of different accessories. The methodology, same as equipment and materials of this work were explained and overlooked in methodological part and focuses on theoretically and practically based reviews of other researches.

In order to investigate the experimental melamine modified urea formaldehyde resins that are being developed by the company „AB Achema“ there were organised such primary researches as the duration of resin's hardening, the angle of wettability, the adhesive bond's resistance to water and what is more the identification of the bond strength between differently mode glued wood specimens. There is also investigated the dependence of bonding strength on the bonding temperature and the bonding time. As well there was made and establishment of adhesive bond's resistance to the temperature of atmosphere.

Many researches are based on such standard as BS EN 204, BS EN 12765, BS EN 14257. All the numeric values derived from experiments were statistically processed. Moreover the most important mathematical statistical rates, such as arithmetic average, the average standard deviation and also coefficient of variation were calculated and explained. According to this all statistical results were prepared for analysis and formulation of findings.

Since the urea formaldehyde resin modification with melamine is mainly carried out in order to improve and increase the adhesive bond's resistance to moisture the whole research of experimental resins mostly focused on this investigation. It was found that urea formaldehyde resin's resistance to moisture depends on the amount of melamine that appears in resin. The higher it is the higher bond strength is being received after some hydrothermal treatments. The minimal level of melamine in resin from which the resin can be assigned to C3 class of resistance according to BS EN 14257 is 3,6 %. The most waterproof and heat-resistant adhesive bond was formed by using a resin which contains 9,6 % of melamine. Taking into account all the results it must be said

that products that were glued with examined resin can be used indoor, where there is a frequent but short flow of water or in spaces that are being exposed by condensation and (or) very high air humidity.

This master thesis is based on different literature sources: scientific articles, books, standards, compendiums from lectures, methodical instructions and also the material found on the internet.

At the last part of this thesis were formulated conclusions that answer how received results enable to achieve the main target and objectives of this work. There are also given some suggestions.

## TURINYS

ĮVADAS.....	13
1.LITERATŪROS APŽVALGA .....	14
1.1Karbamido formaldehidinės dervos.....	14
1.1.1 Karbamido formaldehidinių dervų savybės.....	14
1.1.2 Pagalbinės medžiagos formaldehidinėse dervose.....	16
1.1.3 Karbamido formaldehidinių dervų taikymas .....	17
1.1.4 Karbamido – formaldehidinių dervų klasifikavimas .....	18
1.2 Klijavimo metu vykstantys procesai.....	19
1.3 Pagrindiniai faktoriai įtakojantys klijuotų sujungimų patvarumą ir ilgaamžiškumą.....	20
1.3.1. Drėgmės įtaka klijuotų sujungimų patvarumui ir ilgaamžiškumui.....	21
1.3.2. Temperatūros įtaka klijuotų sujungimų patvarumui ir ilgaamžiškumui .....	22
1.3.3 Medžiagų bei jų savybių įtaka klijuoto junginio patvarumui .....	25
1.3.4 Medienos ir jos savybių įtaka klijuoto junginio stiprumui .....	26
1.3.5 Medienos paviršiaus paruošimo įtaka klijuoto junginio stiprumui.....	27
1.3.6 Medienos paviršiaus senėjimo įtaka klijuoto junginio stiprumui .....	28
1.3.7 Klijų savybių įtaka klijuoto junginio stiprumui .....	29
1.3.8 Pagrindinių klijavimo režimo veiksnių įtaka junginio stiprumui .....	30
1.3.9 Šalutinių klijavimo režimo veiksnių įtaka junginio stiprumui.....	31
1.4 Karbamido formaldehidinių dervų modifikavimas .....	32
1.5 Tiriamojo darbo uždaviniai .....	35
2.TYRIMŲ METODIKA.....	36
2.1 Tyrimams naudotos medžiagos .....	36
2.2Bandinių parošimas .....	37
3.3 Tyrimams naudota įranga .....	38
2.4 Sanklijos stiprio skaičiavimai.....	40
2.5Klijavimo slėgio bei trukmės skaičiavimai .....	41
2.6 Tyrimų eiga.....	43
3. TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS.....	45
3.1 Klijų siūlės atsparumo drėgmei tyrimas .....	45
3.2 Klijų kietėjimo trukmės nustatymas .....	48
3.3 Vilgumo kampo nustatymas .....	49
3.4 Skirtingais režimais klijuotų beržo medienos bandinių sanklijos stiprio nustatymas .....	52
3.5Sanklijos stiprio priklausomybės nuo klijavimo temperatūros nustatymas.....	54
3.6Sanklijos stiprio priklausomybės nuo klijavimo trukmės nustatymas.....	62

3.7Sanklijos stiprio kitimo nuo aplinkos temperatūros nustatymas .....	64
4.REZULTATŲ PRAKTINIO ĮGYVENDINIMO SIŪLYMAI.....	68
IŠVADOS.....	69
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	71
PRIEDAI.....	75

## ĮVADAS

Medienos klijavimo technologija buvo tobulinama daugelį metų ir turėjo didelės įtakos medinių konstrukcijų vystymuisi ir pritaikymo galimybių padidėjimui, panaudojant klijuotinus sujungimus vietoj mechaninių. Medinių konstrukcijų pritaikymas, joms panaudojant konstrukcinius klijus, pasirodė esąs efektyvus ir tapo plačiai naudojamas dėl savo pranašumų. Jis nedaro estetinės žalos ruošiniui, klijų siūlėje apkrovos bei įtempiai gali pasiskirstyti per visą klijavimo plotą, prideda labai nedaug masės, turi didesnę atsparumą nuovargiui, nei kiti sujungimai, tinka norint sujungti skirtingas medžiagas ir gali sumažinti gamybos išlaidas.

Nors klijų panaudojimas turi daug privalumų, tačiau turi ir nemažai trūkumų, tokių kaip privalomas kruopštus ruošinių paviršiaus paruošimas, ribotas atsparumas drėgmei bei temperatūrai [1]. Taip pat jie turi atitikti aplinkosaugos reikalavimus. Dar vienas trūkumas yra tai, jog konstrukcinės paskirties klijai yra brangūs.

Karbamido formaldehidinės dervos plačiai naudojamos dėl savo gerų savybių, kurios nėra būdingos kitiems sintetinių dervų klijams bei dėl nedidelės kainos. Tačiau jos priskiriamos prie nekonstrukcinės paskirties klijų dėl riboto atsparumo drėgmei bei temperatūrai. Siekiant pagerinti šių dervų savybes į jų sudėtį įvedamas modifikuojantis priedas - melaminas. Užsienyje tai nėra naujovė ir literatūroje randama straipsnių, kuriuose aprašomi melaminu modifikuotų karbamido formaldehidinių (MKF) dervų savybių tyrimai. Daugelis jų pateikti literatūros apžvalgoje. Tačiau Lietuvos klijų pramonėje iki šiol melaminu modifikuotų dervų gaminta nebuvo. Šiuo metu akcinėje bendrovėje „Achema“ yra kuriamos eksperimentinės MKF dervos, turinčios skirtingą kiekį modifikuojančio melamino. Pagrindinis tyrimų tikslas buvo ištirti šių dervų savybes ir gautus rezultatus palyginti su kitų mokslininkų rezultatais. Taip pat nustatyti optimalų melamino kiekį dervoje, kuriam esant dervos savybės atitiktų tam tikrus reikalavimus.

# 1.LITERATŪROS APŽVALGA

## 1.1 Karbamido formaldehidinės dervos

Karbamido formaldehidinė derva susideda iš dviejų monomero - karbamido ir formaldehido. Derva gaunama polikondensacijos metu, kuri vykdoma specialiuose reaktoriuose [2]. Karbamidą arba dar kitaip vadinamas anglies rūgšties diamidą (cheminė formulė  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ) – tai bespalviai, bekvapiai kristalai, kurių lydymosi temperatūra yra  $132,7^\circ\text{C}$ . Laboratorijoje karbamidą gaunamas iš kalio arba natrio cianato ir amonio chlorido arba cianamino hidrolize, pramonėje – iš amoniako ir anglies dioksido [1]

Formaldehidą - bespalvės dujos, turinčios specifinį kvapą. Formaldehido (dar vadinamas metanoliu) cheminė formulė yra  $\text{H}_2\text{CO}$ . Kambario temperatūroje formaldehidą yra dujos, tačiau taip pat tirpsta vandenyje. Paprastai paruošiamas kaip 37 % vandens tirpalas, vadinamas formalinu. Būdamas vandenyje, formaldehidą pereina į hidratą  $\text{CH}_2(\text{OH})_2$ , todėl formaline formaldehido yra nedaug. Tokie tirpalai paprastai turi kelis procentus metanolio, siekiant išvengti polimerizacijos. Ore formaldehidą gana lengvai oksiduoja, sudarydamas skruzdžių rūgštį, todėl formaldehido tirpalai turi būti apsaugoti nuo išorinės sąveikos su deguonimi.[1]

### 1.1.1 Karbamido formaldehidinių dervų savybės

Pagrindiniai rodikliai, charakterizuojantys karbamido formaldehido savybes, yra dervos aplinkos reakcija (pH), dervos klampumas, klijų kietėjimo trukmė, sandėliavimas, dervos koncentracija (sausų liekanų kiekis), laisvo formaldehido kiekis dervoje, klijų tinkamumas naudoti.

Dervos pH priklauso nuo jos sintezės. Jei sintezė vykdoma šarminėje aplinkoje, tai pH bus šarminis, t. y.  $\text{pH}=7-8,5$ . Jei sintezė vykdoma rūgštinėje aplinkoje, tai  $\text{pH}=6-6,5$ . Labiausiai priimtinas karbamido –formaldehidinių (KF) dervų pH yra tarp  $7,5 - 9,5$  prie  $20^\circ\text{C}$ . Dervos, kurių  $\text{pH} < 6$ , yra nestabilios. Kuo didesnis dervos pH, tuo daugiau galima įdėti kietiklio. Karbamido - formaldehidinių klijų pH nėra pastovus. Kuo klijų pH didesnis, tuo ilgesnė jų naudojimo trukmė [3].

Klampumas - tai vienas iš pagrindinių rodiklių, lemiančių klijų panaudojimą įvairiomis klijavimo sąlygomis. Jis lemia dervos taikymo sritį. Karbamido formaldehidinių dervų klampumas priklauso nuo kelių faktorių: dervos pH, dervos sandėliavimo sąlygų, nuo sausų liekanų kiekio dervoje. Dervos, gautos šarminėje aplinkoje ar esant žemoms temperatūroms ( $40-60^\circ\text{C}$ ), labai greitai pavirsta į pastos pavidalo konsistenciją ir kartu jų klampumas pasidaro labai didelis.

Klumpumui turi įtakos temperatūra, kuo ji didesnė, tuo klumpumas mažesnis ir atvirkščiai. KF dervų klumpumas kinta į jų sudėtį įvedant įvairių kietiklių. Medienos drožlių plokščių gamyboje naudojamos mažo klumpumo dervos, nes jos turi būti gerai išpurškiamos maišant jas su drožlėmis. Klijuojant tašelius naudojamos kur kas klampesnės dervos. Klumpumas matuojamas sąlyginiais vienetais - sekundėmis. Sintetinių medžiagų klampiui nustatyti naudojami viskozimetrai. KF dervų klumpumas gali būti 45 – 160 s (pagal VZ –246 su 4 mm tūta, prie 20 °C). Klijų klumpumas gali būti nustatomas LST EN 12092:2003 standartu. Šiame standarte apibrėžti šeši metodai, kurie yra tinkami matuoti įvairių klijų klampą [4].

Klijų kietėjimo trukmė. Šis dydis yra standartizuotas. KF dervoms trumpiausia kietėjimo trukmė yra 30-90 s esant 100 °C. Šis rodiklis svarbus, nes parodo klijuojančių įrenginių našumą. Kietėjimo trukmę galima keisti. Kietėjimo trukmei įtakos turi kietiklio kiekis. Kuo jis didesnis, tuo kietėjimo trukmė trumpesnė. Taip pat svarbi yra paruoštos dervos laikymo temperatūra, kuo ji aukštesnė, tuo greičiau reakcijos metu sukietėja klijai ir atvirkščiai. Bandymais nustatyta, kad klijų kietėjimo laikas priklauso ir nuo dervos koncentracijos. Kuo sausų liekanų kiekis didesnis, tuo trumpesnė kietėjimo trukmė [5].

Sandėliavimas - tai gamintojo nustatytos klijų laikymo sąlygos. Klijų laikymo metu KF dervose vyksta fizikiniai-cheminiai, kurių metu gali pasikeisti dervos rodikliai. Gali padidėti klijų klumpumas, laisvo formaldehido kiekis, tirpumas vandenyje bei kitai rodikliai. Todėl labai svarbu yra laikytis gamintojo nustatytų klijų sandėliavimo sąlygų. Ypatingai svarbus dėmesys yra skiriamas aplinkos temperatūrai. Kuo temperatūra žemesnė, tuo lėčiau didėja dervos klumpumas. Rekomenduojamos sandėliavimo temperatūros KF dervoms: vasarą 10-15 °C, žiemą 1-5 °C. Esant labai žemoms temperatūroms KF dervų klumpumas mažėja, o prie -20 °C laipsnių temperatūros KF dervos visai užšąla. Nerekomenduojama dervų laikyti aukštesnėje kaip 25 °C temperatūroje. Būtina periodiškai maišyti. Uždaros saugyklos ar talpyklos, turi būti apsaugotos nuo tiesioginių saulės spindulių ir atmosferinių kritulių. Daugumos KF dervų garantinis laikotarpis 2-3 mėnesiai.

Dervos koncentracija (sausų liekanų kiekis). Šis rodiklis priklauso nuo dervos komponentų santykio sintezės metu ir turi įtakos suklijavimo kokybei. Jis gali būti nustatomas dviem būdais:

1. Išdžiovinant dervą iki pastovaus svorio.
2. Refraktometriniu būdu.

Karbamido formaldehidinės dervos turi didelį sausųjų medžiagų kiekį (60-70%).

Klijuojant medienos gaminius KF dervų klėjais, ypatingai karštu būdu, į aplinką išskiriamas formaldehidas. Kadangi ši cheminė medžiaga yra pavojinga aplinkai, jos kiekis yra ribojamas ir reglamentuojamas standartuose. Baldų gamyboje leidžiamos naudoti E1 ir E2 formaldehido emisijos klasės. Vertės, atitinkančios E1 ir E2 formaldehido klases, pateiktos žemiau esančioje

lentelėje. Nepaisant iš esmės ganėtinai rimto formaldehido išsiskyrimo keliamo pavojaus, karbamido formaldehidinės dervos vis dar plačiausiai naudojamos medienos pramonėje [6].

1 lentelė. Išsiskiriančio formaldehido kiekio vertės smulkinių ir sausosios gamybos plaušų plokštėse [7]

Plokščių tipas	Plokštės klasė	Formaldehido kiekis (perforatorinė reikšmė)
Smulkinių plokštės	E1	Mažiau arba lygu 8mg/100g visiškai sausos plokštės
	E2	Daugiau kaip 8mg/100g, bet mažiau arba lygu 30mg/100g visiškai sausos plokštės
Sausos gamybos plaušų plokštės (MDF)	E1	Mažiau arba lygu 8mg/100g visiškai sausos plokštės
	E2	Mažiau kaip 30 mg/100g visiškai sausos plokštės
<p>PASTABA: Perforatorinė vertė taikoma plokštėms, kurių drėgnis 6,5 %. Kai naudojamos kitokio drėgnio (<math>3\% \leq H \leq 10\%</math>) medienos smulkinių plokštės, kai perforatorinė vertė turi būti padauginta iš faktoriaus, apskaičiuoto pagal formulę:  <math>F=0.133 H+1.86</math>,  Čia H-plokštės drėgnis procentais.</p>		

Formaldehido emisija gali būti nustatoma remiantis LST EN 717-1: 2004, LST EN 717-2:2003 ir LST EN 120:1999 standartais.

Klijų gyvybingumas (tinkamumas naudoti) – tai laiko tarpas nuo klijų paruošimo iki kietėjimo pradžios. Gali kaskart skirtis priklausomai nuo dervos savybių. Įtakos turi dervos pH, kuo ši reikšmė didesnė, tuo klijų gyvybingumas ilgesnis). Taip pat labai svarbu aplinkos temperatūra. Kuo ji aukštesnė, tuo trumpesnis klijų gyvybingumas. Siekiant prailginti klijų gyvybingumo laiką, į dervų sudėtį gali būti įvedamas amoniakinis vanduo, melaminas, karbamidas ar jų mišiniai, kurie neleidžia taip greitai padidėti dervos klampumui ir tuo pačiu prailgina tinkamumo naudoti laiką [1].

### 1.1.2 Pagalbinės medžiagos formaldehidinėse dervose

Pagalbinėmis medžiagomis formaldehidinėse dervose laikomi įvairūs užpildai bei kietikliai. KF dervų negalima sukietinti naudojant tik šilumą, nors toks kietinimas plačiai taikomas fenolio formaldehidinėse dervose. Karbamido formaldehidinių dervų klijams būtina naudoti katalizatorius - kietiklius. Kietikliai dažniausiai skirstomi “šaltam“ ir „karštam“ klijavimui. Plačiausiai žinomi karšto klijavimo kietikliai yra amonio druskos. [1]

Užpildai skirti padidinti klijų klampį, tuo pačiu sumažinti klijų prasiskverbimą į klijuojamų detalių paviršių. Sukietėję su užpildais klijų tarpsluoksniai yra mažiau trapūs, turi didesnę stiprį,



kartais tai leidžia atpiginti klįjus. Užsienio literatūroje priimta klįjus skirstyti į užpildus (fillers) ir ekstenderius (extenders).

Ekstenderiai (aktyvieji užpildai) - tai augalinių kultūrų miltai: ruginiai, kvietiniai, kukurūziniai, sojų ir kt. Jų ypatybė ta, kad jie prisijungia karbamidinėje dervoje esantį vandenį. Dėl to jų į klįjus galima įvesti didelius kiekius (kartais iki 200 %), nors praktikoje įvedama tik 50 %. Grūdinių kultūrų miltai žymiai sumažina klįjų tarpsluoksnių trapumą, mažina klįjų prisiskverbimą per lukštą, tačiau tokiuose sujungimuose mažėja atsparumas drėgmei. Kokybiški klįjuotos faneros sujungimai gaunami į klįjus įvedant krakmolą (10-20%). Prie ekstenderių priskiriamas albuminas. Pastarasis kaip ekstenderis naudojamas tik faneros gamybai. Ekstenderių naudojimas sintetinėse dervose gali prailginti klįjų gyvybingumo trukmę. [8].

Užpildais karbamidiniuose klįjuose galima naudoti kvarcinio smėlio dulkes, talką, asbesto dulkes, kaoliną, gipsą, medienos miltus, karboksimetilceliuliozę, hidrolizinę ligniną ir kt. Šie užpildai didina klįjų klampį ir dažnai blogina klįjų tepimo galimybes, labai blogai maišosi su klįjais, todėl paprastai jų į klįjus įvedama ne daugiau kaip 5 %. Efektyvūs užpildai yra įvairių riešutų kevalų, kaulavaisių kauliukų miltai. Pastarieji užpildai gerai maišosi su klįjais, lengviau užsitepa, todėl jų galima įdėti iki 20 %. Anot vieno Malaizijos universiteto mokslininkų, kaip užpildas į melamino karbamido formaldehidinę dervą gali būti įvedami palmių branduolinės dalies miltai. Toks užpildas gali sumažinti reikiamą melamino kiekį dervoje ir tokiu būdu ženkliai ją atpiginti. [9].

### **1.1.3 Karbamido formaldehidinių dervų taikymas**

Karbamido formaldehidinės dervos (KF) priskiriamos prie nekonstrukcinės paskirties klįjų ir plačiai naudojamos baldų, medienos, faneros, medienos drožlių plokščių, stalių ir kitose medienos gaminių gamybos įmonėse. Šių dervų klįjai pasižymi tokiomis savybėmis, kurios nėra būdingos kitiems sintetinių dervų ir baltyminiams klįjams. Šie klįjai gerai sukimba su įvairių biologinių rūšių mediena, adhezinis stipris dažnai viršija medienos stiprį. Labai vertinga savybė ta, kad sukietėję klįjai neturi adhezijos įvairiems metalams, sukietinti klįjai palyginti nesunkiai atkimba nuo metalinių paviršių ir gaminiai su išorėn prasiskverbusiais klįjais lengvai išimami iš klįjavimo įrenginių. Taip pat šie klįjai pasižymi tokiais privalumais kaip žema kaina, juos paprasta naudoti, jie atsparūs mikroorganizmams, gana greitai kietėja lyginant su kitomis dervomis, yra bespalviai [10].

KF dervų klįjus įprasta skirstyti į „karšto“ ir „šalto“ kietinimo (kartais dar skiriama „šilto“ kietinimo). Karšto kietinimo klįjams naudojami tam skirti kietikliai ir klįjuojama esant 95 - 130 °C temperatūrai, „šilto“ kietinimo - aktyvesni kietikliai ir 60 - 80 °C temperatūra, „šalto“ kietinimo

klijams dažniausiai kaip kietikliai naudojamos rūgštys (ar rūgščių- druskų tirpalai) ir klijuojama 15 -30 °C temperatūroje. Būna atvejų kai tas pats kietiklis tinka ir šaltam ir karštam klijavimui. Be kietiklio poveikio šios dervos kietėja labai lėtai. Šalto klijavimo būdas naudojamas gaminant muzikos instrumentus, sporto inventorių. Tačiau daug dažniau taikomas „karštas“ klijavimas, nes šiuo atveju dėl greito klijų kietėjimo galima pagaminti daugiausiai produkcijos, o klijavimo procesą mechanizuoti ar net automatizuoti. Šaltas klijavimo būdas naudojamas retai, nes klijavimo trukmės turi viršyti klijų gyvybingumą, o tai trunka valandomis (kartais net iki 10 valandų) Esant būtinybei klijuoti šaltu būdu, geriau naudoti atskirą paviršių tepimo būdą: specialus, neardantis medienos kietiklis užtepamas ant vieno jungiamo paviršiaus, o KF derva - ant kito. Suglaudus jungiamus paviršius ir juos suslėgus, klijų tarp sluoksniai sukietėja per 15 - 30min. Šiuo periodu vyksta aktyvi kietiklio difuzija į dervą ir palyginti greitas polikondensacijos procesas dėl didelės kietiklio koncentracijos [1].

#### 1.1.4 Karbamido – formaldehidinių dervų klasifikavimas

AB „Achema“ Lietuvoje šiuo metu yra vienintelis karbamido formaldehidinių dervų gamintojas. Karbamido formaldehido dervos gaminamos tokių markių: KF - ME, KF - FE, KFM - M, KF - LE, KF - FEM, KF - MEM, KF - MEC. Pirmos dvi raidės reiškia „Karbamido formaldehido“, raidės po brūkšnelio reiškia atitinkamą markę. Dervos KFM - M atveju trečioji raidė reiškia „modifikuota melaminu“.

**KF - MEC** markės derva naudojama medienos smulkinių plokščių gamybai. Gaminiai pagaminti naudojant KF - MEC atitinka E1 klasės formaldehido emisijos reikalavimus.

**KF - FEM** ir **KF - FE** naudojamos faneros gamybai, liejininkystei, termoizoliacinėms medžiagoms gaminti, medienos smulkinių plokščių gamybai. KF - FE ir KF - FEM dervomis suklijuoti gaminiai atitinka E1 klasės formaldehido emisijos reikalavimus.

**KF - ME** ir **KF - MEM** markių dervos naudojamos medienos smulkinių ir medienos plaušo plokščių gamybai. KF - ME ir KF - MEM markių dervos gali būti naudojamos gaminti plokštes, skirtas visuomeninių patalpų vidaus apdailai, nes gaminiai atitinka E1 klasės formaldehido emisijos reikalavimus.

**KF - LE** markės derva naudojama faneros, baldų gamybai, lanksčioms, lenktoms faneros, medienos detalėms klijuoti. Gaminiai pagaminti iš KF - LE atitinka E1 klasės formaldehido emisijos reikalavimus. [11]

## 1.2 Kljavimo metu vykstantys procesai

Mokslininkas A.A Marra skirsto kljavimo technologiją į dvi dalis:

1. Kljų formavimasis
2. Kljų elgsena

Kljų formavimasis yra susijęs su tuo, kaip kljai iš skystos būsenos pereina į kietąją. Kljų elgsena apima jau sukietėjusių kljų savybes ir jų elgesį reaguojant į įtempius, temperatūrą ir drėgmę. Kljų formavimasis ir kljų elgsena tarpusavyje yra susiję. Bet nepaisant kljų siūlėje susidarančių įtempų, yra tikimybė, kad kljai susiformuos sėkmingai, tačiau galutinis produktas - ne. Todėl svarbu yra apsvarstyti trečiąją dalį - produkto savybes. Tam netgi yra išrasta formulė. A.A Marra apsvarstė kljavimo procesą kaip veiksmų seką ir nustatė veiksmus, kurie gali būti sugrupuoti pagal skirtingas medžiagas ir operacijas. Kiekviena grupė gali būti laikoma kaip atstovaujanti atskiras veiklos sritis ir visos bendrai gali įtakoti galutinio produkto elgseną. Pirmos keturios grupės formulėje turi įtakos kljų formavimuisi, penktoji grupė gali paveikti tiek kljų formavimąsi tiek jų elgseną, o paskutinės paveikia tik kljų elgseną.

*Suklijuoto produkto elgsena = Potencialios adhezijos jėgos ± ∑Lipnios kompozicijos veiksniai ± ∑Medienos savybių jėgos ± ∑ Medienos paruošimo veiksniai ± ∑ Medienos geometrijos veiksniai ± ∑ Produkto tarnavimo veiksniai;* (1)

Per laiką kol kljai įsiskverbia į medieną turi įvykti keletas svarbių dalykų. Daugumoje medienos kljavimo procesų vykdomas abipusis kljų užtepimas. Svarbu, kad abu ruošinių paviršiai būtų tolygiai padengti. Idealiausia, kai kljai į medieną įsiskverbia per nedideles ertmes, vadinamas poromis. Tačiau jei kljai pakankamai skysti jie gali įsiskverbti giliau į medienos pluoštą ir ten jie bus „užrakinti“ jiems bus sudarytos mechaninės užtvaros. Kaip bebūtų kljai prasiskverbia tik per du ar per tris sluoksnius pluošto, t. y. kelios šimtosios milimetro.

Skverbimasis leidžia kljams kontaktuoti su mediena per įvairius plyšelius. Tuo tarpu vilgumas (drėkinamumas) apima skystų kljų pritraukimą dėl molekulinų jėgų. Šios tarpmolekulinės jėgos atsiranda, kuomet kljų molekulės labai priartėja prie celiuliozės molekulių.

- Van der Waals'o jėgos suteikia adhezijai 20 kJ/mol energiją. Tai yra palyginus mažai, tačiau užtektinai, kad gauti gerą sukibimą. Medienos paviršius yra polinis ir kljai, kurie taip pat poliniai, pavyzdžiui karbamido formaldehidinės dervos, izocionatai iš poliurataninių dervų, epoksidinės dervos, viniliniai kljai, gali būti pritraukiami prie jo.
- Kadangi medienoje, kaip ir klijuose (KF, EP, PUR) yra hidroksilinių grupių (-OH) yra galimybė susidaryti vandeniliniams ryšiams. Šie ryšiai neviršija 60 kJ/mol.

- Tikrieji cheminiai ryšiai yra stipriausi ir jie gaunami, kuomet įvyksta reakcija tarp celiuliozės ir klijų molekulių. Šie kovalentiniai ryšiai gali suteikti 100 - 1200 kJ/mol stiprį [12].

Adhezija (sukibimas) yra labai sudėtingas reiškinys, todėl jam paaiškinti nėra vieno modelio ar teorijos. Adhezijos mokslas apima keletą mokslo sričių, tokių kaip makromolekuliniai mokslai, paviršių ir sąsajų fizikinė chemija, reologija, mechanika ir mikromechanika. Dažniausiai sutinkami tokie teoriniai adhezijos modeliai kaip mechaninis blokavimas, elektroninė teorija, kraštinių sluoksnių ir interfazijų teorija, adsorbcijos (termodinamika) teorija, difuzijos ir cheminių ryšių teorija. Iš įvairių esamų mechanizmų dabar bendrai priimta, jog plačiausiai taikoma yra adsorbcijos arba termodinamikos teorija [13].

Adsorbcinė adhezijos teorija aiškina adhezinį ryšį tarp molekulių jėgų tarp klijų ir substrato paviršiaus molekulių veikimu. Procesą sudaro dvi stadijos. Pirmoji adhezijos stadija: polimero molekulės iš tirpalo migruoja prie substrato paviršiaus. Klijų molekulių polinės grupės arba tokios grupės, kurios gali sudaryti vandenilinius ryšius, priartėja prie tokių pat grupių substrato molekulėse. Antroji adhezijos stadija: nusistovi adsorbcijos pusiausvyra. Kai tarp klijų ir substrato molekulių atsiranda mažesnis negu  $5\text{Å}$  atstumas, tarp jų ima veikti Van der Waals'o jėgos. Tam, kad, klijų tirpalams džiustant, klijų molekulių aktyvūs centrai (aktyvios grupės) kontaktuotų su substrato molekulių aktyviomis grupėmis, (kadangi klijų sluoksnis susitraukia), klijai neturi būti per daug klampūs. Kita vertus, klijų sluoksnis, mėginant jį atskirti nuo substrato, turi atlaikyti tam tikrą tempimą. Todėl klijų klampumas neturi būti per mažas. Be reikiamo klampumo, klijai turi turėti ir kitų savybių. Svarbus yra molekulių poliškumas. Yra nuomonių, kad tvirtas adhezinis ryšys niekada nesusidaro tarp polinės ir nepolines medžiagos [13].

### **1.3 Pagrindiniai faktoriai įtakoiantys klijautų sujungimų patvarumą ir ilgaamžiškumą**

Sėkmingas medienos klijavimas priklauso nuo to, kaip gerai yra suprantami ir kontroliuojami veiksniai, kurie turi įtakos medienos komponentų lipniam sukibimui.

Pagrindinė charakteristika apibūdinanti klijų patvarumą yra klijų siūlės stipris išreiškiamas  $\text{N/mm}^2$  arba MPa. Sanklijos stipriui įtakos gali turėti eilė faktorių, kuriuos galima suskirstyti į kelias kategorijas:

1. Aplinka (Temperatūra ir drėgmė);
2. Medžiagos (Substratas, klijai bei sąryšis tarp jų);
3. Klijavimo režimo veiksniai [12].

Aplinka, kuri supa klijuotinus sujungimus, turi didelės įtakos jų ilgaamžiškumui. Pagrindiniai faktoriai, įtakojantys klijų stiprio sumažėjimą yra drėgmė ir temperatūra. Natūralaus ir dirbtinai sukulto sendinimo testų rezultatai yra parodę, jog klijai praranda savo stiprumą dėl sąveikos su aukšta temperatūra ir didele drėgme.

### **1.3.1. Drėgmės įtaka klijuotų sujungimų patvarumui ir ilgaamžiškumui**

Apsaugoti klijų siūlę nuo drėgmės yra praktiškai neįmanoma. Yra keletas būdų, kuriais drėgmė gali įsiskverbti į ją:

1. Difuzijos būdu per eksploatuojamo gaminio klijų kraštus.
2. Išilgai klijų ir substrato sąsajos.
3. Per kapiliarinius plyšelius.
4. Difuzijos būdu drėgmei pralaidžiuose ruošiniuose, tokiuose kaip mediena.

Vandens patekimas į klijų siūlę gali sumažinti rišančiąsias savybes keliais būdais. Tai gali būti grįžtamieji ir negrįžtamieji mechanizmai. Kartais klijų stiprio sumažėjimas dėl tokių grįžtamųjų procesų kaip plastifikacija ir išbrinkis (klijų arba medienos), kurie sukelia įtempius, nebūtinai turi būti problema, jeigu klijų stipris nesumažėjo per daug. Nes kai klijuotinas sujungimas išdžiūsta, stipris dalinai atsistato [14].

Daug svarbiau yra negrįžtamieji procesai. Laikoma, kad jie įvyksta, kai vandens koncentracija yra kritinė. Ji priklauso nuo medžiagų naudojamų sujungimui (adhesyvo ir substrato), temperatūros bei įtempių. Didelis drėgmės lygis gali turėti didelės įtakos sujungimų ilgalaikiam patvarumui. Pavyzdžiui vanduo gali fiziškai pakenkti klijuojamam sukeldamas hidrolizę arba skilinėjimą. Vandens buvimas gali padaryti adhesyvo ir substrato sąsają nestabilią, kuri palaipsniui visai išnyks, nes vanduo išplaus adhesyvą nuo substrato paviršiaus. Galų gale vanduo gali prasiskverbti giliai į substratą (šiuo atveju medieną) ir sumažinti jo paties stiprumą. Įtempiai sustiprina šio proceso galimybę tapti negrįžtamu, nes vidiniai įtempiai sumuojasi su liekamaisiais įtempiais ir gali visiškai sunaikinti konstrukcinį sujungimą [12].

Mokslininkai intensyviai nagrinėja drėgmės įtaką klijuotiems medienos sujungimams. Tuo pačiu stengiasi atrasti būdų kaip pagerinti klijų atsparumą drėgmei, nustatyti tinkamiausias klijų rūšis, kuriomis klijuoti medienos gaminiai gali būti eksploatuojami drėgnomis aplinkos sąlygomis. Kad gauti kuo geresnius rezultatus jie dažnai modifikuoja dervas įvairiais priedais (apie tai plačiau rašoma skyrelyje „KF dervų modifikavimas“) ar net maišo kelias dervas tarpusavyje. Keletas mokslininkų atliko bandymą remiantis ISO 9020 standartu. Bandymo metu siekdami pagerinti polivinilacetatinių (PVAc) klijų atsparumą drėgmei, jie sumaišė juos su melamino karbamido

formaldehidine (MKF) derva. Gautais naujais klėjais klįjuti bandiniai parodė ženkliai didesnį atsparumą vandeniui bei šlyties stiprį [15].

Mokslininkai Wheeler ir Hutchinson atliko tyrimą, kuriuo siekė įvertinti drėgnio įtaką adhezijai, atlikdami „nutraukimo testą“ medienoje įklįjuto strypo jungtyje (bonded in rod). Buvo naudojami trijų drėgnių (10 %, 25 %, 38 %) uosio ir ažuolo bandiniai, dviejų tipų kambario temperatūroje kietėjančios epoksidinės dervos ir plieniniai armatūriniai strypai. Papildomai buvo atliekamas testas su 25 %, 30% ir 35% drėgnio bandiniais. Bandiniai buvo testuojami specialioje mašinoje. Dauguma uosio ir ažuolo bandinių, kurių drėgnis klįjavimo metu buvo didesnis nei 22% parodė sumažėjusį nutraukimo stiprį, nepriklausomai nuo dervos ar strypo tipo. Bandinių, kurių drėgnis klįjavimo metu buvo viršijo 30 % , „nutraukimo stipris “ buvo 60-65 % mažesni nei sausų bandinių [16]. Taigi galima teigti, kad drėgmės poveikyje klįjuotinių sujungimų stipris ženkliai sumažėja. Tokie tyrimai kaip šis, tik įrodo kokią didelę įtaką klįjuotų junginių stipriui turi drėgmė, ir kad ieškoti įvairių būdų kaip padidinti klįjų atsparumą jos poveikiui, yra tikslinga.

### **1.3.2. Temperatūros įtaka klįjuotų sujungimų patvarumui ir ilgaamžiškumui**

Kaip ir drėgmė, taip ir temperatūra yra svarbus veiksnys, kuris gali turėti įtakos klįjuotų konstrukcinių sujungimų valksnumui, nuovargiui ir netgi užsidegimui.

Gerai suprojektuoti ir gerai pagaminti sujungimai su bet kuriais paprastai konstrukciniais medienos klįjais turėtų išlaikyti savo mechanines savybės neribotą laiką, jei medienos drėgnumas lieka mažesnis nei maždaug 15 %, ir jei temperatūra išlieka žmogaus komforto diapazone. Tačiau, kai klįjai nuolatos arba su pertraukomis yra veikiami aukštomis temperatūromis ilgainiui jie pablogėja.

Esant neįprastai aukštai arba žemai temperatūrai klįjų siūlėje gali atsirasti dideli vidiniai įtempiai, kurie atsiranda esant dviejų medžiagų skirtingiems šilumos laidumo koeficientams. Polimerai linkę suminkštėti prie aukštesnės temperatūros, o prie žemesnės tampa trapesni. Eksploatavimo metu įvairūs klįjuotiniai sujungimai gali būti veikiami aukštų temperatūrų [17]. Toks ilgalaikis aukštos temperatūros poveikis gali sukelti oksidaciją ar pirolizę [12].

Klįjuotų junginių terminis stabilumas yra svarbus kriterijus, norint nustatyti klįjų tinkamumą medienos inžinerijos srityje

Temperatūros svyravimų poveikį klįjuotiniams sujungimams galima suskirstyti į dvi kategorijas:

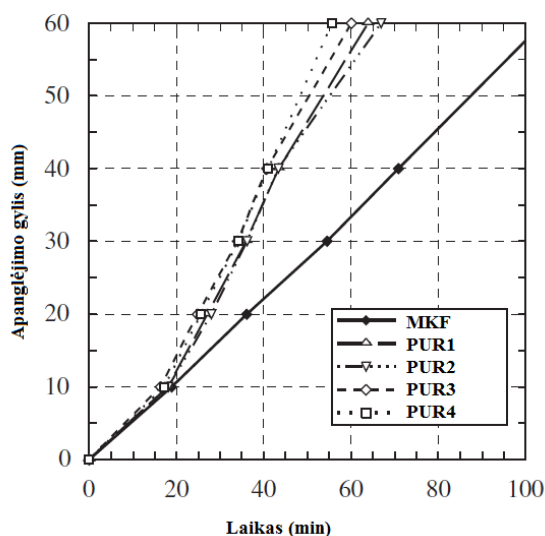
1. Temperatūros pokyčių, atsirandančių dėl natūralių, gamtinės aplinkos priežasčių, poveikis.

Šioje kategorijoje temperatūra svyruoja nuo -18 iki 65, C

2. Ugnies poveikis, kur pasiekiamos labai aukštos temperatūros (daugiau nei 280 °C).[12]

Medienos komponentai, esantys už stiklinių pastatų fasadų, esant tiesioginiam saulės poveikiui, gali būti įkaitinti iki 60 °C. Tokios sąlygos gali įtakoti laikančių medinių konstrukcijų suirimus[17]. Gaisro atveju mediniai elementai, o tuo pačiu ir jų sujungimams naudoti klijai, gali būti veikiami dar aukštesnių temperatūrų. Išorinė medinės sijos zona gali būti veikiamą aukštesnės negu 100 °C temperatūros. Dėl mažo medienos šilumos laidumo, vidinių sluoksnių tokia aukšta temperatūra nepasiekia. Medienoje esanti drėgmė paverčia šilumą garais ir atitolina temperatūros padidėjimą vidiniuose sluoksniuose.

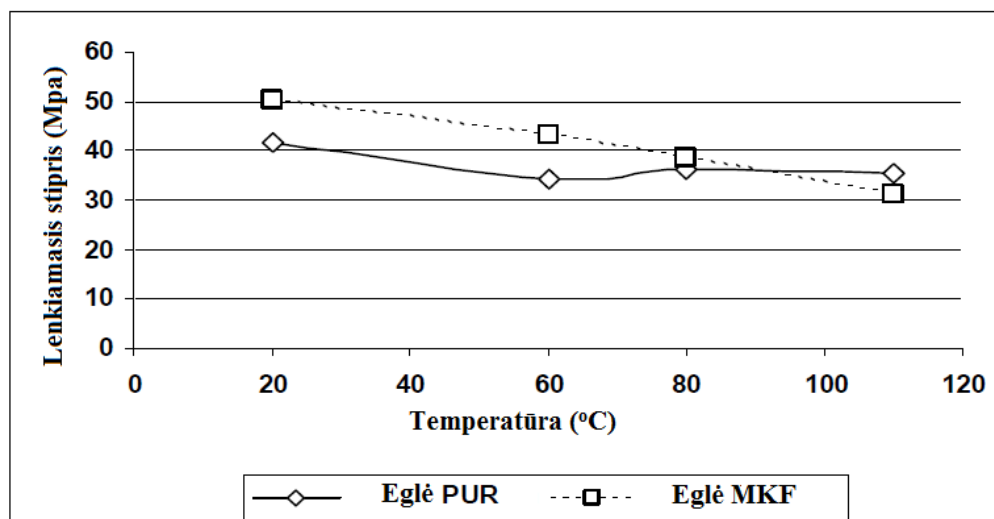
Pastaruju metu tyrimai apie temperatūros įtaką klijų eksploatacinėms savybėms įgijo svarbą medinių konstrukcijų srityje. Jau nuo 1990 m daugelis tiriamųjų projektų buvo orientuota į ugnies poveikį medienos statiniams, ypatingas dėmesys skirtas šviesios medienos rėminėms konstrukcijoms. Vieno tokių projektų metu buvo bandoma suprojektuoti kuo didesnę atsparumą ugniai turinčias CLT plokštės. CLT- sluoksniuota medienos plokštė (angl. - Cross Laminated Timber) 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 grioždiškų architektūrinių sprendimų. Konstrukcijos lengvai realizuojamos ir ekonomiškai efektyvios. Todėl ir atsparumas aukštai temperatūrai, o tuo pačiu ir ugniai šiuo atveju yra būtinas. Inicijuojamo gaisro testo rezultatai parodė, jog CLT elgsena esant tiesioginiam ugnies poveikiui, t. y. gaisrui, labai stipriai priklauso nuo klijų, naudotų plokštės gamybai elgsenos. Buvo ištirtos keturiomis skirtingomis poliuretanimis dangomis bei melamino karbamido formaldehidine derva klijuotos penkiasluoksniškos CLT plokštės. Eksperimentai atlikti remiantis ISO 834 standartu.



I pav. Skirtingų rūšių klijais klijuotų bandinių apanglėjimo gylio priklausomybė nuo laiko esant tiesioginiam ugnies poveikiui[17]

Pagal gautus rezultatus nustatyta, jog MKF derva klijuotos CLT plokštės apanglėjimo gylis buvo mažiausias. Jis ženkliai skyrėsi nuo poliuretanišėmis dervomis klijuotų bandinių apanglėjimo. Tai rodo, jog MKF derva yra tinkama šio inžinerinio produkto gamybai ir gali suteikti didesnę terminį stabilumą, kas yra labai svarbu statant įvairias konstrukcijas bei pastatus [18].

Yra autorių, kurie mano, jog MKF dervos irimas vyksta kur kas lėčiau būtent dėl melamino. Poliuretanišė ir MKF dervos dažnai lyginamos tarpusavyje, kadangi abi gali turėti ganėtinai gerą terminį stabilumą. Dar geresnį jį galima pasiekti keičiant bei modifikuojant šių dervų sudėtį įvairiais priedais. Mokslininkų Jan Sedliačik bei Marijos Šmidriakovos straipsnyje apie klijuotų medienos junginių atsparumą karščiui galima rasti informacijos apie MKF bei PUR dervomis klijuotos medienos lenkiamąjį stiprį padidintose temperatūrose. Straipsnyje aprašomas tyrimas, kurio metu išbandomas eglės medienos dėžinio sujungimo lenkiamasis stipris padidintose temperatūrose. Visi išbandyti bandiniai atitiko EN 385 standarto reikalavimus, t.y stipris nebuvo mažesnis nei 24 MPa.



2 Pav. Eglės medienos dėžinio sujungimo bandinių lenkiamojo stiprio priklausomybė nuo temperatūros poveikio

Temperatūros poveikyje iki 80 °C bandinių, klijuotų MKF derva stipris gautas didesnis nei PUR derva klijuotų sujungimų. Nustatyta, jog MKF derva klijuotų bandinių lenkiamasis stipris mažėja palaipsniui didėjant temperatūrai, tačiau temperatūrai pasiekus 60 °C. Stipris pradeda mažėti kur kas sparčiau.

Dažnai tam, kad nustatyti klijuoto gaminio terminį stabilumą bei tam tikrų klijų tinkamumą naudoti padidintos temperatūros sąlygomis, yra atliekamas šlyties testas padidintose temperatūrose. Bandiniai kaitinami tam tikrose temperatūrose, o vėliau išbandomi tempimo įrenginyje.

Projektuojant klijuotus konstrukcinius sujungimus yra labai svarbu nustatyti kokią dalį savo stiprumo praranda sujungimas kaskart kylant temperatūrai, ir kada pasikeičia suirimo tipas iš kohezinio (per klijuojamą siūlę arba per medieną) suirimo į adhezinį suirimą per klijų ir medienos



ribą [19]. Kohezinis suirimas per medieną rodo tai, kad klijų siūlės stipris didesnis už medienos stiprį, o klijų adhezija medienai ne mažesnė už pačios medienos stiprį. Toks suirimo tipas yra idealiausias. Tačiau kylant temperatūrai ir sujungimui parandant savo stiprumą, suirimas gali tapti adheziniu. Suirimas taip pat gali būti ir mišrus.

Mokslininkai Frangi ir Fontana atliko išsamų mokslinių tyrimų projektą, kuriame tyrė klijų siūlės elgseną aukštose temperatūrose bei jos atsparumą šlyčiai. Buvo naudojamos daugiasluoksnės klijuotos medienos sijos (glued laminated timber beams). Buvo lyginami bandiniai, suklijuoti septyniomis skirtingomis dervomis. Penkios iš jų buvo vienkomentės poliuretaninės, viena rezorcino-formaldehidinė ir viena epoksidinė. Bandinių matmenys buvo 112 x 40 x 40 mm<sup>3</sup>, jie buvo pagaminti remiantis DIN 4074 standartu. Bandiniai buvo kaitinami iki reikiamų temperatūrų ir išbandomi. Bandiniai sulūždavo vidutiniškai nuo 30-60s laikotarpyje. Rezultatai parodė, jog temperatūra turėjo įtakos epoksidiniams klėjams, bet šlyties stiprio sumažėjimas šia derva klijuotų bandinių buvo kur kas didesnis negu klijuotų kitomis dervomis. Tarp 50-60 °C pasikeitė bandinių, klijuotų epoksidiniais klėjais, suirimo tipas nuo suirimo per klėjus ir medieną iki suirimo per klėjus. O šlyties stipris atitiko 60 % kambario temperatūros bandinių stiprio. Kuomet temperatūra buvo 90 °C šlyties stipris atitiko tik 30 % aplinkos temperatūros bandinių stiprio [20].

Keli Šveicarijos mokslininkai atliko tyrimą su skirtingų tipų dervomis, kurio metu paaiškėjo, jog klijų stiprio sumažėjimas gali vykti gana plačiame temperatūrų diapazone. Kai kurios vienkomentės poliuretaninės dervos praranda stiprumą prie 70 °C temperatūros, o kitos gali parodyti gerą sanklijos stiprį aukštose temperatūrose. Fenolio resorcino formaldehidinės dervos stiprio mažėjimas pastebėtas prie 180 -190 °C [20].

Temperatūra 80-100 °C, kuri rekomenduojama kaip saugi medienos ilgalaikiam eksploatavimui, pasirodo tinka ne visiems klėjų tipams. Taip pat tinkamam klėjų tarnavimui temperatūra turėtų būti mažesnė, negu nurodyta gamintojo saugos duomenyse. Dėl epoksidinės dervos jautrumo karščiui 30-80 °C diapazone (priklausomai nuo klėjų formulės) apkrovos išlaikymo trukmė šiais klėjais klijuotų konstrukcijų gaisro metu priklausytų pirmiausiai nuo medienos izoliacinių savybių ir klėjų siūlės atstumo nuo paviršiaus [20].

### **1.3.3 Medžiagų bei jų savybių įtaka klijuoto junginio patvarumui**

Klėjų siūlės, o tuo pačiu ir viso klijuoto sujungimo kokybei įtakos turi naudojamos medžiagos, jų savybės, kiekiai bei sąryšiai tarp jų.

### 1.3.4 Medienos ir jos savybių įtaka klijuoto junginio stiprumui

Kalbant apie medieną, sujungimo stiprumas bei ilgaamžiškumas gali priklausyti pirmiausia nuo medienos rūšies. Kadangi mediena yra anizotropinė medžiaga, jos savybės visomis kryptimis yra skirtingos. Jos skiriasi ne tik skirtingų rūšių medienoje, bet gali skirtis net tame pačiame medyje. Ši savybių įvairovė lemia ir tai, jog skirtingų rūšių mediena klijuota tais pačiais klėjais gali rodyti visiškai kitokius rezultatus. Didelės reikšmės tam turi medienos tankis.

Kaip taisyklė, lapuočiai turi daugiau ekstraktinių medžiagų nei spygliuočiai. Dauguma medienos rūšių klijuojasi lengvai ir gaunamas geras paviršių sukibimas, tačiau kai kurios rūšys turi savybių, kurios paverčia medieną sunkiau suklijuojama. Bet tai nereiškia, kad tokios medienos reiktų vengti. Tiesiog reiktų atlikti specialų paviršiaus paruošimą arba naudoti kito tipo klėjus [12].

2 lentelė. Medienos rūšys, kurios kartais sunkiau klijuojamos[12].

Rūšis	Tankis 12% drėgnio medienos (kg/m <sup>3</sup> )	Savybės, kurios gali sukelti problemų
Riešutmedis	540-650	Rūgštingumas, ekstraktinės medžiagos
Douglas'o eglė	510-550	Rūgštingumas, polinkis keisti spalvą
Eukaliptas	700-900	Didelis rūgštingumas
Europinis uosis	680-750	Gali būti absorbentas
Europinis bukas	690-750	Gana hidrofobiškas
Europinis beržas	640-670	Tanki tekstūra, gali turėti mašininio apdirbimo problemų
Europinis ąžuolas	670-760	Rūgštingumas, lengvai nusidažo
Škotiška pušis	500-540	Sakinga
Tikmedis	650-750	Sakingas
Vakarų raudonasis kedras	330-390	Rūgštingumas ir polinkis nusidažyti

Austrų mokslininkai atliko bandymą remiantis EN 302 standartu su skirtingomis medienos rūšimis. Lyginant pušies ir buko medieną klijuotą skirtingais klėjais gauti šlyties stiprio rezultatai labai panašūs tarp skirtingų klijų tipų, tačiau stipriai skiriasi tarp medienos rūšių. Tyrimui buvo

naudojami kazeininiai klėjai (KAZ), polivinilacetatinė dispersija (PVAc), melamino karbamido formaldehidinė derva (MKF), fenolio rezorcino formaldehidinė derva (FRF) ir vienkomentė poliuretatinė derva (PUR). Bandyto rezultatai parodė, jog buko medienos bandinių šlyties stiprio vidurkis siekė apie 10 MPa, tuo tarpu eglės tik 7,5MPa. Visais tyrime naudotais klėjais klėjuoti bandiniai parodė daugmaž panašų stiprį, išskyrus MKF derva klėjuoti eglės bandiniai. Tai būtų galima paaiškinti remiantis faktu, jog tokie standūs klėjai kaip MKF yra linkę sukcentruoti įtempius išilgai klėjų siūlės, kas ženkliai sumažina adhezijos stiprį. Kad buko mediena klėjauta šiais klėjais neparodė išskirtinai mažo stiprio, kaip tai padarė eglės mediena, taip pat galima paaiškinti. Taip galėjo atsitikti dėl to, jog eglės medienos ir klėjų elastingumo modulis labai ženkliai skiriasi, palyginus su buko mediena. Ten skirtumas kur kas mažesnis.

Taip pat labai svarbu yra ar klėjuojama ankstyvoji mediena su ankstyvąja ar vėlyvoji su vėlyvąja, o galbūt sujungimas mišrus. Tyrimai atlikti su pušies mediena parodė, jog didžiausias stiprumas gaunamas kuomet klėjuojama ankstyvoji mediena su ankstyvąja. Medienos pluošto kryptis suklijuotoje srityje taip pat labai svarbu. Mokslininkas Suchsland (1987) nustatė, jog klėjų prasiskverbimo į medieną gylis gali būti apskaičiuotas ir jis priklauso nuo pluošto ir medienos paviršiaus kampo. Eglės medienoje klėjų skverbimasis didėja didėjant šiam kampui. Taip pat klėjų siūlei įtakos turi ir ruošinio storis bei drėgnis. Pavyzdžiui fenolio formaldehidiniai klėjai yra labai jautrūs medienoje esančios drėmės kiekiui. Didesnis drėgmės kiekis medienoje gali padidinti ant jos tepamos dervos klampį, tampa sunkiau užtepti klėjus ir to pasekoje gali gautis prastas skverbimasis į medieną [21].

### **1.3.5 Medienos paviršiaus paruošimo įtaka klėjuto junginio stiprumui**

Mechaniniškai apdirbant medieną vyksta cheminės struktūros irimas, kuris padaro paviršių tokį kurį gali lengvai drėkinti klėjai. Tai iššaukia didesnes sukibimo jėgas, kurios būtinos norint gauti gerą adheziją. Deja įvairios mikroskopinės dulkės, bei nešvarios dalelės taip pat linkusios nusėsti į ertmes, skirtas klėjams. Todėl kuo ilgiau mechaniškai apdirbta mediena bus laikoma atmosferos sąlygomis, tuo daugiau nešvarumų ji pritrauks ir nepaliks vietos skvertis klėjams. Jos paviršius taps neaktyvus. O neaktyvaus paviršiaus rezultatas yra prastas drėkinimas. Nors klėjai ir gali prasiskverbti į medieną, tačiau medienos molekulės nepritraukia klėjų molekulių, ko pasekoje gaunama silpna klėjų siūlė.

Medienos paviršiaus paruošimui žalą padaryti gali ir terminis apdirbimas. Kuomet mediena yra per daug įkaitinta arba per sausa, padidėja galimybė paviršiui tapti neaktyviam, kadangi karštis skatina medienoje judėti ekstraktines medžiagas ir taip atsiranda galimybė, jog jos atsiranda medienos

paviršiuje ir prisijungs laisvose ertmėse. Be to, didelis karštis pakeičia medienos cheminę struktūrą ir gali sunaikinti klijų prasiskverbimo vietas.

Yra keletas būdų, kuriais galima suaktyvinti medienos paviršių. Pats efektyviausias yra paviršiaus obliavimas prieš klijuojant. Taip pat galimas yra paviršiaus šlifavimas, nors kai kuriais atvejais grubus šlifavimas yra nerekomenduojamas, kadangi jis gali padaryti žalos medienos ląstelėms ir sugadinti paviršių pašalindamas ankstyvosios medienos sluoksnį ir palikdamas vėlyvąją medieną, kurią klijuojant nebus gaunama gera kokybė. Kita vertus, lengvas rankinis ar mašininis šlifavimas gali būti naudingas, kuomet jis derinamas su cheminiu valymu. Jei mediena yra riebi, kaip pavyzdžiui tikmedis, ji gali būti nuplaunama lakiųjų medžiagų turinčiu tirpikliu, pavyzdžiui acetonu. Jei mediena yra sakinga, kaip Douglas'o eglės arba Oregono pušies, jos paviršiaus praplovimui gali būti naudojamas 10 % natrio hidroksido tirpalas. Po to paviršius turėtų būti nuskalautas su gėlu vandeniu ir paviršiui išdžiūvus kuo greičiau turėtų būti atliekamas kljavimas. Praplovimas tirpikliu taip pat panaikina šlifavimo dulkes. Dar vienas būdas suaktyvinti medienos paviršių yra tam tikrų priedų įvedimas į kljus, kurie pagerina drėkinimą ir leidžia prasiskverbti giliau į medieną. Pastaruoju metu išpopuliarėjo nano dalelių įvedimas į klijų sudėtį, tačiau tai yra ganėtinai brangus modifikavimo būdas. Nebūtinai, siekiant sudaryti geras drėkinimo sąlygas, yra modifikuojami kljiai, gali būti modifikuojama ir pati mediena. Vienas naujausių būdų suaktyvinti medienos paviršių yra modifikavimas plazma. Kieti kūnai po sąveikos su plazma keičia savo reologines savybes. Priklausomai nuo poveikio, pastebimas drėkinimo kampo sumažėjimas arba padidėjimas. Kad pagerinti medienos drėkinimo ir adhezijos savybes yra naudojama žemos temperatūros plazma. Manoma, jog paviršiaus veikimas plazma padaro jį poliškesnį dėl oksidacijos reakcijos, kuri atsiranda dėl karboksilo, hidroksilo, aldehido ir kitų polinių funkcinių grupių. Tokiam modifikavimui panaudojamas dielektrinio barjero išlydis, kuris padidina paviršiaus energiją ir tokiu būdu mediena labiau įgeria kljus, ko pasekoje gaunamas stipresnis adhezinis ryšys. Tyrimais nustatyta, jog modifikavus medieną plazma galima gauti net apie 2-3 kartus geresnius adhezinio stiprio rezultatus [22].

### **1.3.6 Medienos paviršiaus senėjimo įtaka kljuoto junginio stiprumui**

Medienos paviršius gali būti chemiškai suardomas ir tapti neaktyvus bei netinkamas kljavimui. Taip gali atsitikti dėl išorinio užteršimo ir dėl savarankiško užsiteršimo. Išorine tarša laikoma ore esantys chemikalai, impregnavimas konservantais, antipirenais ar kitais chemikalais. Egzistuoja mažiausiai 5 mechanizmai, kuriais mediena pati gali padaryti savo paviršių neaktyviu ir visi jie gali vykti vienu metu.

1. Medienoje esančios riebiosios rūgštys ir jų esteriai gali persiskirstyti ir atsirasti paviršiuje sudarydami vienasluoknę ar daugiasluoknę plėvelę, kuri pasižymi maža paviršiaus energija.
2. Medienoje esančių hidrofilinių mažos molekulinės masės dalelių, tokių kaip oligosaharidai, fenoliai, taninai, difuzija į medienos paviršių. Po klijų reakcijos su šiais komponentais, klijų siūlės stiprumas ženkliai sumažėja.
3. pH sumažėjimas lignoceliulioziniėje dalyje atsirandantis sandėliuojant. Tai vyksta skylandžių acetilinės ir metolkilinės grupių, kurios gamina acto ir skruzdžių rūgštis.
4. Lignino persigrupavimas medienos paviršiuje, kuris skatina paviršiaus energijos sumažėjimą. Šis efektas praktiškai nepastebimas.
5. Medienos džiovinimo ir natūralaus senėjimo metu atsirandantys mikro įtrūkimai gali sukelti per didelį skverbimąsi, sumažinti sukibimo stiprį ir padidinti rišiklio sąnaudas.

Tam, kad pasiekti optimalias sąlygas, reikalingas adhezijai, svarbu kontroliuoti laiko ir paviršiaus tapimo neaktyviu priklausomybę. Rekomenduojama, kad ne daugiau laiko nei būtina, praeitų tarp galutinio paviršiaus paruošimo ir kljavimo.

Paruošti paviršiai turi būti laikomi uždengti švariais plastiko lakštas arba kitomis gana inertiškomis medžiagomis švaros palaikymui prieš kljavimo operacijas. Eksperimentiniai tyrimai yra parodę, jog praėjus 24 valandoms po paviršiaus paruošimo, žymiai sumažėja medienos drėkinimas. Taigi dažniausiai rekomenduojama, kad mediena būtų uždengta arba atidengiama likus ne daugiau kaip 24 valandoms iki kljavimo [12].

### **1.3.7 Klijų savybių įtaka klijuoto junginio stiprumui**

Kljavimo procese yra svarbu klijų tipas bei visos jam būdingos charakteristikos, tokios kaip klampumas, sausų medžiagų kiekis, pH ir t.t. Tačiau yra dar vienas dalykas į kurį reikia ypatingai atsižvelgti. Kontaktuojant kietiems kūnams su skysčiais yra svarbu sudaryti reikalingas paviršiaus drėkinimo sąlygas. Todėl viena iš pagrindinių klijų savybių, siekiant gauti gerą sankliją yra klijų vilgumas (drėkinamumas). Tai klijų savybė įsigerti į medienos paviršių, kuri nusakoma vilgumo (drėkinimo arba kontaktiniu) kampu  $\theta$ . Nuo šio kampo dydžio priklauso medienos drėkinamumas ir medienos adhezija su kljais. Kuo kampas mažesnis, tuo geriau kljiai drėkina medieną. Medienos drėkinimą dar būtų galima suskirstyti į kelias stadijas:

1. Kontaktinio (vilgumo) kampo formavimasis medienos ir klijų sąsajoje.
2. Klijų pasiskleidimas medienos paviršiuje.

### 3. Klijų skverbimasis gilyn į medieną [23].

Apie skirtumą tarp drėkinimo ir skverbimosi rašyta skyrelyje apie klijavimo metu vykstančius procesus. Čia galima tik paminėti, jog drėkinimo kokybė priklauso nuo daugelio faktorių, tarp kurių yra medienos mikroskopinės charakteristikos, proceso temperatūros bei klijų savybės. Todėl labai tiksliai nustatyti klijų galimybę drėkinti medieną yra sudėtinga [24]. Dažnai siekiant padidinti klijų vilgumo savybes, į juos dedama įvairių priedų, kurie pagerina klijų skverbimąsi į medieną. Dabar išpopuliarėjo nano dalelių įvedimas į klijų sudėtį, tačiau toks būdas yra ganėtinai brangus.

## **1.3.8 Pagrindinių klijavimo režimo veiksnių įtaka junginio stiprumui**

Presavimo temperatūra, presavimo trukmė bei presavimo slėgis yra pagrindiniai klijavimo režimo veiksniai, taikomi medienos plokščių, klijuotos faneros bei inžinerinių medienos produktų gamybos procese. Visi kiti veiksniai, tokie kaip klijų būklė, klijų kiekis, aplinkos būklė, klijuojamų paviršių būklė, atviro bei uždaro išlaikymo trukmės bei išlaikymas po suklijavimo yra laikomi šalutiniais veiksniais, tačiau jie taip pat yra svarbūs.

Kalbant apie klijavimo temperatūrą, ji gali būti skirtinga priklausomai nuo to ar naudojamas „karštas“ ar „šaltas“ klijavimo būdas. Karštu klijavimu laikomas klijavimo būdas, kuomet klijams sukietinti papildomai yra naudojama temperatūra. Tai atliekama naudojant šildymo įrenginius. Plačiausiai paplitęs yra kontaktinis šildymas, kai šiluma perduodama nuo standžios metalinės preso plokštės laidumo būdu. Šildymas taikomas naudojant sintetines termoreakcines dervas.

Klijavimo procesuose paprastai naudojama 120-150 °C temperatūra. Prie aukštesnių temperatūrų gali prasidėti medienos apanglėjimas. Tačiau siekiant kuo našiau išnaudoti įrengimus kartais naudojamos ir 160-220 °C temperatūros. Tačiau tokiais atvejais turi būti naudojamos atitinkamos priemonės paviršių apsaugai nuo apanglėjimo.

Nuo klijavimo temperatūros priklauso ir klijavimo trukmė. Ji taip pat gali priklausyti ir nuo daugelio kitų faktorių, tokių kaip preso plokščių temperatūra, darbinis slėgis, medienos rūšis, elementų storis, klijų klampumas, klijų kietėjimo trukmė [21]. Dėl ekonominių sumetimų dažnai taikomos trumpesnės klijavimo trukmės prie aukštesnių temperatūrų ir atvirkščiai. Atliekama nemažai tyrimų stengiantis rasti optimalias klijavimo režimų parametrų reikšmes, su kuriomis būtų gaunami kokybiški gaminiai, turintys pakankamai stiprią klijų siūlę bei būtų sunaudojama kuo mažiau energijos.

Presavimo slėgis taip pat labai svarbus klijavimo režimo veiksnys. Tai slėgis į klijuojamosios produkcijos paviršių. Klijuojant masyvią medieną, jis priklauso visų pirma nuo medienos rūšies.

Labai didelę reikšmę turi metinių rievių padėtis. Klijuojant plokštes, įtakos turi plokštės tankis, drėgnis, presavimo laikas.

### 1.3.9 Šalutinių klijavimo režimo veiksnių įtaka junginio stiprumui

Klijavimo veiksniai yra laikomi tokie rodikliai, kaip klijų būklė, kiekis, klijų siūlės storis, aplinkos būklė, klijuojamų paviršių būklė, atviro ir uždaro išlaikymo trukmės, išlaikymas po suklijavimo, klijų kiekis (išeiga išreiškiama  $g/m^2$ ). Visais atvejais optimalus klijų kiekis yra toks, kurį užtepus gaunama minimalaus storio, tačiau tolygus vientisas klijų sluoksnis. Eksperimentais įrodyta, jog sanklijos stipris yra tuo didesnis, kuo plonesnis klijų sluoksnis. Optimali aplinkos būklė laikoma, kuomet temperatūra  $t=20 \pm 2$  °C, O santykinis oro drėgnis  $\Psi=60 \pm 5$  %. Klijuojamų paviršių būklė charakterizuojama paviršiaus šiurkštumu  $R_{max}$ , paviršiaus drėgniu ir temperatūra.  $R_{max}$  - tai maksimalus klijuojamos medžiagos paviršiuje esančių nelygumų aukštis, kuris priklauso nuomedienos rūšies ir mechaninio apdirbimo. Optimalus drėgnis priklauso nuo klijuojamos produkcijos paskirties. Klijuojamos medienos temperatūra neturi žymiai skirtis nuo patalpos temperatūros.

Atviro ir uždaro išlaikymo trukmės įeina į bendrą klijavimo proceso trukmę. Atviro išlaikymo trukmė - tai laikas, besitęsiantis nuo klijų užtepimo ant klijuojamų paviršių iki tų paviršių suglaudimo. Reikia, kad šis laikas būtų kuo trumpesnis, kadangi ant medienos užtepti klijai skverbiasi gilyn į medieną ir gali įsiskverbti per giliai, ko pasekoje gali gautis prasta sanklija. Uždaro išlaikymo trukmė – tai laiko tarpas nuo paviršių suglaudimo iki patekimo į presą, kuris irgi turėtų būti kiek įmanoma trumpesnis. [25]

Dar vienas labai svarbus veiksnys yra išlaikymas po suklijavimo. Jis yra būtinas ir turėtų trukti ne mažiau kaip vieną parą. Idealiausia -7, nes tyrimais nustatyta, jog per tiek laiko klijų siūlėje sumažėja vidiniai įtempiai, o nuo klijų padidėjęs drėgnis pasiskirsto tolygiai visoje klijuotoje produkcijoje. Tokiu būdu galima išvengti produkcijos formos pakitimų. Išlaikymo po suklijavimo sąlygos priklauso nuo naudojamų klijų. Pavyzdžiui klijuojant KF klijais karštu būdu, produkciją būtina atauinti, kadangi šie klijai jautrūs temperatūrai [25].

## 1.4 Karbamido formaldehidinių dervų modifikavimas

Pasaulyje atliekama nemažai tyrimų, kurių metu siekiama išsiaiškinti, kaip galima pagerinti medienos ir klijų adheziją bei padidinti atsparumą neigiamam aplinkos poveikiui. Yra nustatyta, jog viena iš galimybių gauti geresnę sankliją yra klijų modifikavimas įvairiais priedais.

Karbamido formaldehidinių dervų modifikavimu vadinamas dervos molekulinės sudėties pakeitimas, įvedant sintezės ar klijų naudojimo metu tam tikras medžiagas. Įvairiais būdais modifikuojant KF dervas jų tipiniai parametrai gali ženkliai pakisti.

Viena iš didžiausių siekiamybių modifikuojant dervas - formaldehido emisijos kiekio sumažinimas. Pigiausias ir efektyviausias būdas sumažinti laisvo formaldehido išskirtį kietėjant dervų klijuoms yra karbamido įvedimas į dervos kietiklio sudėtį. Efektyvus būdas yra vietoj karbamido įvedinėti melaminą. Bandymais nustatyta, kad kai kurie užpildai, pvz kaolinas, fotogipsas mažina laisvo formaldehido išsiskyrimą iš gatavos produkcijos. Laisvą formaldehidą taip pat suriša amoniakas, skystas stiklas, aktyvinti lignosulfonatai [1].

Dar vienas varbus klausimas, kurio lig šiol nepavyksta pilnai ir kokybiškai išspręsti yra „šalto“ kietėjimo KF dervų trukmės sutrumpinimas ir klijų tarp sluoksnių kokybės pagerinimas, t.y jo trapumo mažinimas, ilgalaikiškumo ir atsparumo drėgmei didinimas.

Siekiant padidinti atsparumą drėgmei galimas yra glutraldehido (GA) įvedimas į klijuos. Šis priedas naudojamas su amonio chloridu kaip kietikliu arba H-40 taip pat leidžia sutrumpinti sustingimo trukmę, padidinti šlyties stiprį bei vidinę sankliją [26].

Kuo didesnis kiekis GA, tuo trumpesnė sustingimo trukmė. Kuomet kietiklis amonio chloridas įvedus 16 % GA klijų sustingimo, o laikas tesiekia 30 s. Kuomet GA 15%, o kietiklis H-40, vidinis sukibimas pagerėja 60 % procentų [26].

Tyrimais nustatyta, jog PMDI (fenilmetandiizocionatas) 2,5 – 10 % įvedimo į KF dervas gali pagerinti dervos stiprumines savybes. Kuo didesnis PMDI kiekis klijuose, tuo geresnės dervos stipruminės savybės ir atsparumas vandeniui. Plokštės, klijuotos šį izocionatą turinčiais klijuais, turi geresnes fizikines bei mechanines savybes, nei plokštės klijuotos standartine KF derva [27].

Atliktas bandymas, kurio metu paaiškėjo, jog plokštės klijuotos su 10 % PMDI turinčiais klijuais gali turėti labai gerą atsparumą vandeniui ir atitikti eksterjero plokštėms keliamus reikalavimus. Taip pat nustatyta, kad net 2,5 % PMDI įvedimas į klijuos jau leidžia sumažinti plokštės presavimo laiką nuo 22 iki 16 s vienam lentos storio milimetrui [27].

Gerai rezultatai yra gaunami KF dervos sintezės metu įvedant melaminą ar rezorciną. Moksliniais tyrimais įrodyta, jog dervas modifikuojant melaminu, gali būti pagerinamas jų



atsparumas vandeniui, padidintas terminis stabilumas bei kitos savybės, kurios gali pagerinti sanklijos kokybę.

Malaizijos mokslininkai yra ištyrę melamino kiekio įtaką melamino karbamido formaldehidinės dervos formaldehido emisijai ir struktūrai. Tyrimai buvo atliekami naudojant KF dervas su skirtingais melamino kiekiais. Nustatyta, kad kuo melamino kiekis didesnis tuo mažesnė formaldehido emisija. Taip pat buvo ištirtos dervų savybės.

Nustatyta, jog kuomet melamino kiekis didesnis, sutrumpėja klijų sustingimo laikas, padidėja saujųjų medžiagų kiekis, padidėja klampumas bei rūgštingumas. Melamino įvedimas pagerina vidinės sankibos testo rezultatus [28].

Kiti Malaizijos mokslininkai ištyrė kaip melamino kiekis gali įtakoti klijų gyvybingumą. Jie nustatė, jog įvedusį klijų sudėtį 0,4-0,6 %, dervos gyvybingumas pailgėja 2-3 dienomis [29].

Australijos mokslininkai tyrinėjo dar vieną modifikavimo būdą, kurį galima panaudoti siekiant padidinti atsparumą drėgmei ir pagerinti plokštės chemines, stiprumines bei atsparumą vandeniui. Tam tikslui buvo naudojamas keratinas bei melaminas. Šių dviejų komponentų įvedimas žymiai pagerino klijų savybes lyginant su gryna KF derva. Dervos modifikuotos keratinu ir melaminu turėjo didesnę sausų medžiagų kiekį, taip pat didesnę klampumą, kuris įtakoja geresnę dervos reakciją. Vienos iš modifikuotų dervų sustingimo trukmė buvo tik 82 s, kai tuo tarpu nemodifikuota KF derva sustingimo laikas siekė 180 s [30].

Kelių japonų mokslininkų yra ištirta kaip katalizatoriaus pH ir melamino kiekis įtakoja dervos savybes ir melamino – karbamdo formaldehidinių klijų eksploatacines savybes. Nustatyta, jog kuo melamino kiekis didesnis, tuo klijų rūgštingumas didesnis. Kuo klijų pH didesnis, ir kuo didesnis kiekis melamino, tuo gaunama trumpesnė klijų kietėjimo trukmė [31].

Mokslininkai taip pat yra pastebėję, jog šlyties stipris ir atsparumas vandeniui padidėja, KF klįjus modifikuojant melaminu ir polivinilo alkoholiu bei įvedant į klįjų sudėtį paprasto bei oksiduoto krakmolo [32].

Neseniai atsirado dar vienas būdas modifikuoti klįjus, tai - nano dalelių įvedimas į klįjus. Tai leidžia pakeisti jų mikromechanines savybes. Anot mokslininkų paviršiniuose klįjų sluoksniuose padidėja kietumas, valkšnumas, taip pat pagerėja tamprumo modulis [33]. Galima atsparumą vandeniui gauti į karbamdo formaldehido dervą įvedus nedidelį kiekį nano dydžio Na<sup>+</sup>(natrio) dalelių. Tai pasak mokslininkų pagerina ir dervos termoreaktyviausias dervos savybes [34]. Nors šis metodas laikomas vienas naujausių, abejojama ar jis taps labai populiarus dėl savo didelės kainos bei iki galo neištirto poveikio aplinkai.

Slovėnijos mokslininkų tyrimais taip pat įrodyta, jog formaldehido dervos gali būti modifikuojamos netgi suskystinta mediena. Atlikti tyrimai su MDP plokštėmis, klįjuojotomis naudojant suskystintos medienos (bioplastikas iš lignino, celiuliozės ir keletu priedų) ir klįjų mišinį.

Ištirta įtaka dviejų skirtingų formaldehido dervų: melamino formaldehidinės ir melamino karbamido formaldehidinės bei dviejų skirtingų katalizatorių: amonio sulfato  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  ir amonio esterio  $\text{NH}_4\text{HCO}_2$ , įtaka. Taip pat išnagrinėti du presavimo parametrai: temperatūra ir laikas. Ištirtos plokštės fizikinės bei mechaninės savybės, tokios kaip: lentos storis, tankis, drėgnis, atsparumas lenkimui, tamprumo modulis, klijų siulės stipris, paviršiaus tvirtumas, išbrinkis bei laisvo formaldehido emisija.

Nustatyta, kad plokštės savybės geresnės, kai naudojama melamino formaldehido derva kombinuota su suskystinta mediena ir amonio esteriu kaip katalizatorium. Taip pat nustatyta, jog mechaninės savybės geresnės, kuomet naudojama aukštesnė presavimo temperatūra ir ilgesnė trukmė. Optimalios plokštės savybės pasiektos, kai naudojama suskystinta mediena klijuojant 3 min  $180\text{ }^\circ\text{C}$  temperatūroje bei naudojant melamino formaldehidą ir 3 % amonio esterį kaip katalizatorių. Labai svarbus rodiklis yra mažas formaldehido emisijos kiekis. Patvirtinta, jog suskystintos medienos pritaikymas plokščių gamyboje yra galimas. Šitaip medienos biomasės panaudojimas gali būti žymiai padidintas ir atsirastų galimybė gaminti naujas medžiagas iš atsinaujinančių išteklių, kurie būtų puiki alternatyva produktams iš naftos [35].

Tetrametoksietanas (TME) taip pat yra ištyrinėtas kaip priedas, pagerinantis dervos savybes, ypač melamino - karbamido formaldehidinės dervos. Nustatyta, jog jis ženkliai sumažina klijų sąnaudas, taip pat 25-50 % procentų padidina vidinio sukibimo stiprį lyginant su įprastine, nemodifikuota derva.

Keli italų tyrėjai aprašė, jog į KF klijus galima įterpti melamino rūgšties druskų, tokių kaip melamino acetatas, melamino skruzdžių ir melamino oksalato druskos. Jie naudojami kaip kietikliai ir gali užtikrinti dervos stiprumą ir didesnį atsparumą vandeniui [36].

Literatūroje taip pat randama straipsnių, kuriuose rašoma, jog galima naudoti ir kitokias iš melamino bei organinių rūgščių tokių kaip: pieno, maleino, obuolių, gliukono, citrinos, glutamo gautas druskas [37].

Faneros atsparumą drėgmei anot mokslininkų galima pasiekti ir naudojant KF klijus į kuriuos įdedama iki 20 % kietųjų medžiagų, gautų hidrolizuojant nailoninį pluoštą. Iš jo gautos druskos į dervą įvedamos miltelių pavidalu ir kaip vienintelis kietiklis. Atsparumas vandeniui yra pasiekiamas, tačiau jis būna mažesnis nei naudojant melamino karbamido formaldehidinius klijus [38].

Naujausiais, 2013 metais atliktais tyrimais, įrodyta, jog adhezijos rezultatus, klijuojant medienos drožlių plokštes melamino karbamido formaldehidiniais klėjais, galima pagerinti naudojant poliaminoesterius (superšakotus oligomerus). Jie pastebėti ir tyrinėjami jau nuo 1952m. Šios medžiagos turi keletą unikalių bruožų, tokių kaip trimatė sandara, mažas lydimosi klampumas, geras tirpumas ir didelis kiekis funkcinių grupių. Nustatyta, jog šių oligomerų įvedimas į MKF

klįjus mažomis proporcijomis padidina vidinės sanklijos stiprį, tiek šlapios plokštės tiek sausos. Remiantis tyrimų rezultatais galima teigti, jog šių oligomerų įvedimas padidina sausos plokštės vidinį sukibimą 17–24 %, o šlapios net 47 % lyginant su kontroliniu pavyzdžiu. Šis 47 % pagerėjimas gaunamas įterpianč 3 % poliamino esterių [39].

Taip pat Prancūzijos mokslininkai pastebėjo, jog į MKF dervas mažasi kiekaiais galima įvedinėti heksamino sulfatą. Šio priedo įterpimas ženkliai pagerina atsparumą vandeniui, atmosferos poveikiui. Jis padidina dervos pH nuo 25-50 % [40]. Padidėja ne tik sanklijos stipris, bet ir sumažėja plokštės išbrinkis. Taip pat naudojant heksamino sulfatą kaip kietiklį 0,5 % sumažinamas išbrinkis po mirkymo 24 h šaltame vandenyje, tačiau gaunama didesnė formaldehido emisija negu naudojant amonio chloridą kaip kietiklį.

Heksamino sulfato savybės taip pat buvo palygintos su amonio sulfato savybėmis. Nustatyta, kad, naudojant didesnius kiekius heksamino sulfato, gaunamas trumpesnis kietėjimo laikas.

Neseniai išpopuliarėjo ir nano dalelių įvedimas į klįjus. Tai leidžia pakeisti jų mikromechanines savybes. Anot mokslininkų paviršiniuose klįjų sluoksniuose padidėja kietumas, valkšnumas, taip pat pagerėja tamprumo modulis [34].

Yra pastebėta, kad klįjus galima modifikuoti netgi šviežių lapų ekstraktais. Viename straipsnyje aprašomas bandymas, kurio metu uosio ir kedro lapai susmulkinami, sumaišomi su vandeniu ir panaudojami karbamdo formaldehidiniuose ir polivinilacetatiniuose klįjuose kaip užpildas. Klįjuojama sluoksniuota mediena (LVL) ir tikrinamas jos atsparumas lenkimui, tamprumo modulis ir atsparumas skėlimui skersine kryptimi. Geresnes klįjų savybes parodė uosio lapų ekstrakto panaudojimas. Jis taip pat labiau pasireiškė KF klįjuose negu PVAc. Taigi remiantis tyrimo rezultatais, galima teigti, šviežių lapų ekstraktai gali būti efektyviai naudojami kaip užpildas KF klįjams [41].

## 1.5 Tiriamojo darbo uždaviniai

Remiantis visų mokslinių straipsnių apžvalga galima teigti, jog KF ir MKF klįjus galima modifikuoti pačiais įvairiausiai būdais ir priemonėmis. būdais. Tereikia tinkamai pasirinkti kurias klįjų savybes parametrus norima pagerinti, nes kartais vienai savybei pagerėjus, pablogėja kita, kuri ne ką mažiau svarbi.

Apžvelgus užsienio mokslininkų atliktus tyrimus, suformuluoti tiriamojo darbo uždaviniai:

1. Nustatyti eksperimentinių dervų kietėjimo trukmę.
2. Nustatyti eksperimentinių dervų vilgumo savybes.
3. Nustatyti eksperimentinėmis dervomis klįjuotų bandinių sanklijos stiprį po hidroterminio apdorojimo.

4. Nustatyti eksperimentinėmis dervomis klijuotų bandinių sanklijos stiprį prie skirtingų klijavimo režimų.
5. Nustatyti eksperimentinėmis dervomis dervomis klijuotų bandinių sanklijos stiprio priklausomybę nuo klijavimo temperatūros.
6. Nustatyti eksperimentinėmis dervomis klijuotų bandinių sanklijos stiprio priklausomybę nuo klijavimo trukmės.
7. Nustatyti eksperimentinėmis dervomis klijuotų bandinių bandinių sanklijos stiprio kitimą priklausomai nuo aplinkos temperatūros.

## 2. TYRIMŲ METODIKA

### 2.1 Tyrimams naudotos medžiagos

Tyrimams naudotos eksperimentinės karbamido formaldehidinės dervos MKF, turinčios skirtingą kiekį modifikuojančio priedo – melamino: nuo 2,7 iki 9,6 %. Tolimesniame tekste jos įvardintos atitinkamai MKF-2.7, MKF-6.1 ir t.t. bei karbamido formaldehidinė derva (KF) be melamino.

*3 lentelė. Tyrimuose naudotų dervų charakteristikos*

Eil. Nr.	Rodiklio pavadinimas	Dervos pavadinimas					
		MKF-2.7	MKF-3.6	MKF6.1	MKF-8.5	MKF-9.6	KF
1.	Išvaizda	Balsvos spalvos skystis					
2.	Lūžio rodiklis	1,483	1,481	1.482	1,486	1,483	
3.	Nelakiųjų medžiagų m. d., % (120°C, 2val)	67,9	67,1	66,2	66,6	65,1	67
4.	Sąlyginė klampa (VZ-246): -tūtos diametras 4 mm, s	69	60	60	73	76	75
5.	pH	6,9	6,8	7,5	7,6	7,7	7,5
6.	Kietėjimo laikas, s	73	70	71	72	76	60
7.	Koaguliacija	1:1	1:1	1:2	1:1	1:1	1:2
8.	Tankis, kg/m <sup>3</sup>	1281	1278	1277	1281	1272	
9.	Laisvas formaldehidas, %	0,048	0,05	0,05	0,07	<0,01	
10.	Melamino kiekis, %	2,7	3,6	6,1	8,5	9,6	-

Dervos ruoštos aplinkoje, kurios temperatūra buvo  $20 \pm 2$  °C, o santykinis oro drėgnis  $65 \pm 5$  %. Kaip kietiklis buvo naudotas amonio chloridas ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ). Jo į kiekvieną dervą dėta po 1 % priklausomai nuo dervos svorio. Dervos maišytos rankiniu būdu.

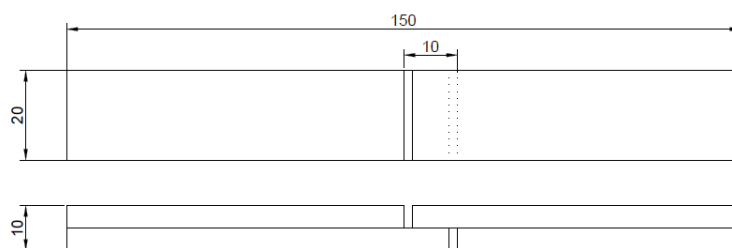
Sanklijos stiprio nustatymo bandiniams paruošti, naudotos 12 % drėgnio,  $700 \pm 100$  kg/m<sup>3</sup> tankio, 5 mm storio obliuotos išilginio pjovimo buko medienos lentelės bei 12 % drėgnio, 2,5 mm storio,  $640 \pm 100$  kg/m<sup>3</sup> beržo lukštas.

Vilgumo kampo nustatymui naudota beržo, buko bei pušies mediena.

Klijų kietėjimo trukmės nustatymui vietoj naudota industrinė alyva I-80.

## 2.2 Bandinių paruošimas

Bandinių paruošimas šlyties tempimo ribos nustatymams atliktas pagal LST EN 205 standartą “Užleistinių sujungimų atsparumo šlyties tempimui ribos nustatymas“ [41]. Ruošiant bandinius klijų siūlės atsparumo drėgmei nustatymo bandymui, dvi buko medienos lentelės suklijuotos viena su kita išilgine kryptimi vienodai suspaudus suklijavimo plote taip, kad suklijuotų ruošinių storis būtų 10 mm. Kitiems bandymams naudoti beržo lukšto ruošiniai, kurias suklijavus bandinio storis buvo 4 mm. Prieš suklijavimą medienos paviršiai rankiniu būdu nušlifuoti šlifavimo popieriumi, kurio grūdėtumas P150 (pagal FEPA standartą). Klijais sutepti ruošiniai suglausti tarpusavyje ir suspausti karšto klijavimo hidrauliniame prese 0,8 MPa presavimo slėgiu. Temperatūra bei klijavimo trukmė keičiama priklausomai nuo bandymo. Suklijuoti ruošiniai išlaikomos ne mažiau kaip 7 paras  $20 \pm 2$  °C temperatūros ir  $65 \pm 5$  % drėgnio aplinkoje (pagal ISO 554). Vėliau ruošiniai supjaustyti į specialių matmenų bandinius. Juose padaryti įpjovimai, kurie apriboja bandinio persidengimo ilgį iki 10 mm. Paveiksle 1 pateikiamas tokių bandinių pavyzdys.



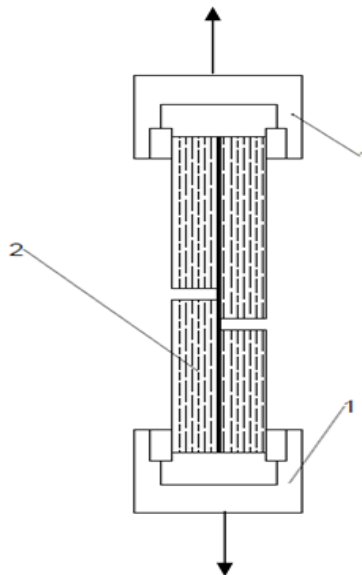
3 pav. Bandinio schema [42].

Vilgumo kampo nustatymui naudoti beržo (144 x 100 x 2,5 mm), buko (144 x 100 x 5 mm) bei pušies (80 x 20 x 5 mm) medienos obliuoto tangentinio paviršiaus bandiniai.

### 3. 3 Tyrimams naudota įranga

Dervų paruošimui naudotos elektroninės svarstyklės EW-3000-2 M. Bandinių klijavimui naudotas karšto klijavimo hidraulinis presas „P472B“. Klijų siūlės atsparumo drėgmei nustatymo bandymui naudotas aliuminis indas, elektrinė viryklė „Eta 3109“, termoregulatorius bei termometras.

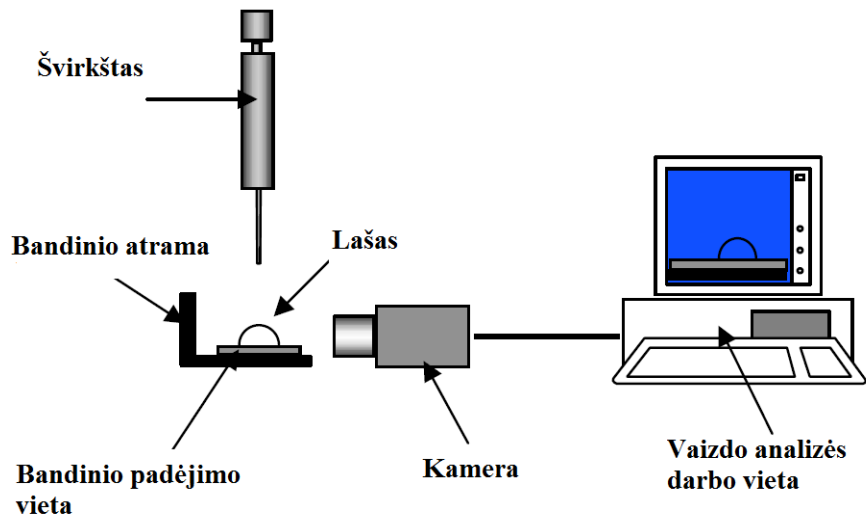
Bandinių sanklijos stiprio nustatymams naudotas universalus tempimo įrenginys „P-0,5“ (žr. 4 pav.). Bandymo metu bandinio galai įtvirtinti tempimo įrenginio gnybtuose. Bandinys apkrautas iki suirimo, nustatyta atitinkama didžiausia jėga  $F_{max}$ , bei suirties per medieną procentinės reikšmės. Bandyta esant 50 mm/min greičiui.



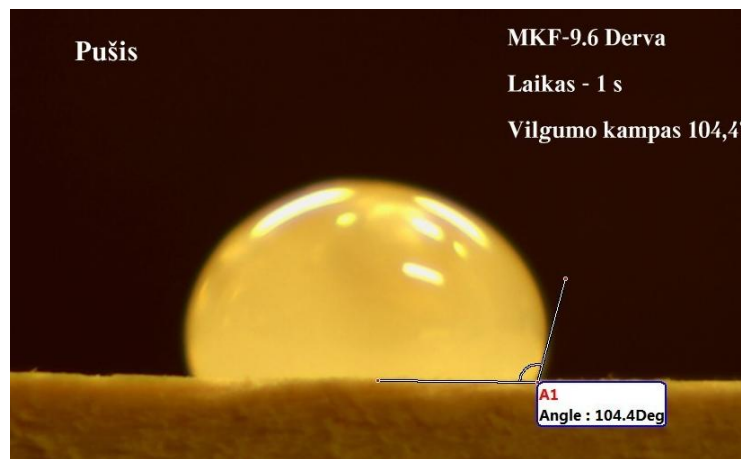
4 pav. Bandymo tvirtinimo griebtuose šema. 1- griebtuvai, 2- bandinys

Klijų kietėjimo trukmės nustatymui naudoti 15mm skersmens mėgintuvėliai, stiklinė kolba, stiklinė lazdelė, elektrinė viryklė „Eta 3109“, termometras.

Vilgumo kampo nustatymui naudotas automatizuotas lašo formos analizės metodas. Naudota Moticam 1000 1,3 megapikselių kamera, 0,2 mm skersmens angą turintis švirkštas, specialus mikroskopas bei kompiuterinė programa „Motic image plus“ (žr. 5 pav.). 6 paveiksle pateikiamas kameros užfiksuoto lašelio vaizdo bei vilgumo kampo nustatymo specialia „Motic image plus“ programa, pavyzdys.



5 pav. Įrangos, naudotos vilgumo kampo nustatymui, principinė schema [43]



6 pav. Kameros užfiksuoto lašelio vaizdo bei vilgumo kampo nustatymo specialia „Motic image plus“ programa, pavyzdys

Bandinių kaitinimui tam tikrose temperatūrose naudota 7 paveiksle pateikta elektrinė krosnelė SNOL 120/500. Jos techninės charakteristikos pateikiamos 8 priede.



7 pav. Elektrinė krosnelė SNOL 120/500 [44]

## 2.4 Sanklijos stiprio skaičiavimai

Tiriant bandinių sanklijos stiprį, tempimo įrenginiu "P-0,5", nustatyta didžiausia jėga  $F_{\max}$ , prie kurios bandinys suyra ir apskaičiuotas sanklijos stipris:

$$T = \frac{F_{\max}}{A} = \frac{F_{\max}}{l \times b}; \quad (2)$$

čia:

$F_{\max}$  - didžiausia jėga, N;

A - suklijuoto bandomojo paviršiaus plotas, mm<sup>2</sup>;

l - suklijuoto bandomojo paviršiaus ilgis, mm;

b - suklijuoto bandomojo paviršiaus plotis, mm.

Gauti rezultatai statistiškai apdoroti apskaičiuojant vidutinį standartinį nuokrypį bei variacijos koeficientą pagal formules:

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}; \quad (3)$$

čia:

$\sigma_{n-1}$  - vidutinis standartinis nuokrypis;

x - įvertinama sanklijos stiprio reikšmė;

$\bar{x}$  - visų sanklijos stiprio reikšmių vidurkis;

n - bandinių skaičius.

$$V = \frac{\sigma_{n-1}}{\bar{x}} \quad (4)$$

čia:

V - variacijos koeficientas;

$\bar{x}$  - visų sanklijos stiprio reikšmių vidurkis;

$\sigma_{n-1}$  - vidutinis standartinis nuokrypis.

Jei variacijos koeficientas  $V \leq 5-10\%$ , tai laikoma, kad rezultatų sklaida nedidelė;  
 $V=15-20\%$  - normali;  $V \geq 20\%$  - didelė.



## 2.5 Kljavimo slėgio bei trukmės skaičiavimai

Klijų gamintojai techninėse charakteristikose pateikia rekomenduojamą darbinį slėgį. Kiek turi rodyti preso monometras, kad detalė būtų slėgiama rekomenduotinu darbinio slėgiu, apskaičiuota pagal žemiau pateiktą formulę:

$$P_{man} = \frac{F_{cil} \times P_{darb}}{F_{det}} ; \quad (5)$$

čia:

$P_{man}$  - manometro rodomas slėgis, Pa;

$F_{cil}$  - cilindro plotas,  $cm^2$ ;

n- cilindrų kiekis;

$P_{darb}$  - darbinis slėgis, Pa;

$F_{det}$  - presuojamos detalės plotas,  $cm^2$ .

Kljavimo trukmė nustatyta iš formulės :

$$T = T_1 + T_2 ; \quad (6)$$

čia:

$T_1$  - labiausiai nutolusio nuo preso plokštės klijų siūlės taško pašildymo trukmė iki temperatūros  $t=t_1-20^\circ$  ( $t_1$ -preso plokštės temperatūra,  $^\circ C$ );

$T_2$  - klijų kietėjimo trukmė, esant temperatūrai t.

Trukmei  $T_2$  rasti atliktas kietėjimo trukmės nustatymas mėgintuvėliuose;

Klijų siūlės pašildymo trukmė rasta iš formulės:

$$T_1 = \frac{F_0 \cdot x^2}{a} ; \quad (7)$$

čia:

$T_1$  - labiausiai nutolusio nuo preso plokštės klijų siūlės taško pašildymo trukmė iki temperatūros  $t=t_1-20^\circ$  ( $t_1$ -preso plokštės temperatūra,  $^\circ C$ );

$F_0$  - Furje kriterijus;

x- atstumas nuo labiausiai nutolusio klijuotinės siūlės taško, m;

a - temperatūros laidumo koeficientas.

Temperatūros laidumo koeficientas rastas literatūroje, (beržui= $6,2 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{h}$  [45]; bukui= $6,48 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{h}$  [46]). Tačiau jis gali būti apskaičiuotas ir pagal formulę:

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho}; \quad (8)$$

čia:

a - temperatūros laidumo koeficientas;  $\text{m}^2/\text{h}$ ;

$\lambda$  - šilumos laidis,  $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ;

c - savitoji šiluma,  $\text{J}/(\text{K} \cdot \text{kg})$ .

Norint apskaičiuoti  $F_0$ , pasinaudojama x paveiksle pateikta monograma, prieš tai apskaičiuavus temperatūrinį kriterijų K:

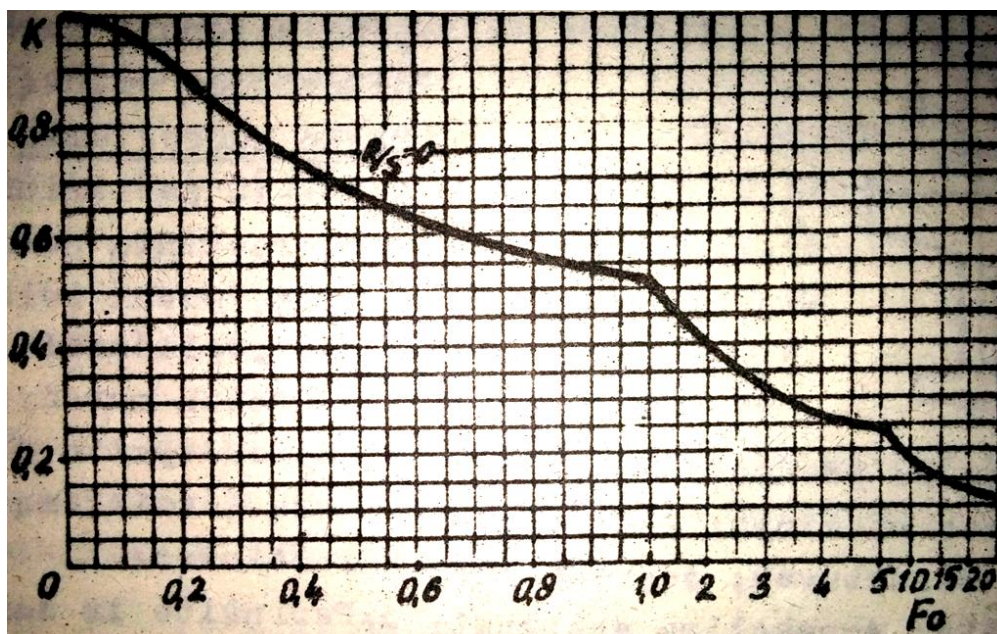
$$K = \frac{t_1 - t}{t_1 - t_0}; \quad (9)$$

čia:

$t_0$  - pradinė medienos temperatūra,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_1$  - preso plokštės temperatūra,  $^{\circ}\text{C}$ ;

t - temperatūra ieškomame taške,  $^{\circ}\text{C}$ .



8 pav. Temperatūrinio lanko pasiskirstymo plonuose asortimentuose monograma (pagal Čudinovą)[45]

## 2.6 Tyrimų eiga

1. Klijų siūlės atsparumo drėgmei nustatymas atliktas pagal LST 12765 standarto „Termoreaktyviųjų medienos klijų, netaikomų konstrukcijoms klasifikavimas“ seką Nr. 3 ir seką Nr. 4. Siekiant priskirti dervas C3 arba C4 atsparumo klasėms naudotasi standarte pateiktu atsparumo klasių aprašu (žr. 4 lent.) bei lentele, kurioje pateiktos mažiausios galimos plonų klijų siūlių stiprio vertės (žr. 5 lent.).

4 lentelė. Atsparumo klasių aprašas [47].

Atsparumo klasė	Klimatinių sąlygų ir panaudojimo sričių pavyzdžiai
<b>C1</b>	Vidaus patalpos, kuriose medienos drėgnis neviršija 15 %
<b>C2</b>	Vidaus patalpos, kuriose retkarčiais trumpai teka vanduo arba jos yra veikiamos kondensacijos.
<b>C3</b>	Vidaus patalpos, kuriose dažnai trumpai teka vanduo arba jos veikiamos kondensacijos ir (arba) labai didelio oro drėgnio. Išorė, apsaugota nuo orų poveikio.
<b>C4</b>	Vidaus patalpos, kuriose dažnai ir ilgai teka vanduo arba jos veikiamos kondensacijos. Išorė veikiama klimatinių sąlygų, bet yra paviršių uždengianti apsauga.

5 lentelė. Plonų klijų siūlių stiprio mažiausios vertės pagal LST EN 12765 standarto bandymų sekas [47].

Hidroterminio apdorojimo seka		Sanklijos stipris (MPa) Atsparumo klasės			
Sekos Nr.	Trukmė ir sąlygos	C1	C2	C3	C4
<b>1</b>	7 paros standartinėje aplinkoje	≥10	≥10	≥10	≥10
<b>2</b>	7 paros standartinėje aplinkoje 1 para 20±5 °C temperatūros vandenyje	-	-	≥7	≥7
<b>3</b>	7 paros standartinėje aplinkoje 3 h 67±2°C temperatūros vandenyje 2 h 20±5 °C temperatūros vandenyje	-	-	≥4	-
<b>4</b>	7 paros standartinėje aplinkoje 3 h verdančiame vandenyje 2 h 20±5 °C temperatūros vandenyje	-	-	-	≥4

Bandymas atliktas su MKF-2.7; MKF-3.6, MKF-6.1 MKF-8.5, MKF-9.6 dervomis. KF derva nėra atspari drėgmei, todėl tyrime ji bandoma nebuvo.

Buko medienos bandiniai, klijuoti visomis penkiomis dervomis išlaikyti pagal standarto seką Nr.3 3h ( $67\pm 5$ ) °C temperatūros vandenyje, 2h ( $20\pm 5$ ) °C temperatūros vandenyje, 7 paras standartinėje aplinkoje. Kiekvienai dervai priskirta po 20 bandinių. Pagal standarto seką Nr. 4 (3h verdančiame vandenyje, 2h ( $20\pm 5$ ) °C temperatūros vandenyje, 7 paras standartinėje aplinkoje) išlaikyti MKF-6.1 MKF-8.5, MKF-9.6 dervomis klijuoti bandiniai. Kiekvienai dervai priskirta taip pat po 20 bandinių. Po išlaikymo reikiamose sąlygose bandiniai išbandyti universaliame tempimo įrenginyje. Nustatyta atitinkama didžiausia jėga  $F_{max}$ . bei suirties per medieną procentinės reikšmės. Apskaičiuotas sanklijos stipris.

Po klijų siūlės atsparumo drėgmei tyrimo toliau pasirinktos nagrinėti MKF-3.6; MK-9.6 ir KF dervos.

2. Klijų kietėjimo trukmės nustatymas atliktas į mėgintuvėlius atsveriant 2 g klijų ir panardinus į įkaitintą iki 75, 100, 125 ir 150 °C temperatūrų alyvą. Bandymo metu klijai maišyti stikline lazdele. Tirtos MKF-9,6, MKF-3,6 ir KF dervos. Nustatyta trukmė nuo panardinimo į alyvą iki klijų sukietėjimo ir laikoma kietėjimo trukme.

3. Vilgumo kampo nustatymas atliktas naudojant automatizuotą lašo formos analizės metodą. Tirtos MKF-9,6, MKF-3,6 ir KF dervos. Pro 2 mm skersmens angą iš 15 mm aukščio ant ruošinių užlašintas lašas dervos. Specialaus mikroskopo pagalba bei naudojant kompiuterinę programą tam tikrais laiko intervalais, šiuo atveju kas 1, 2, 3, 4, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 200, 400 ir 600 s padarytos lašelio nuotraukos ir išmatuotas vilgumo kampas  $\Theta$ , kuris ir parodo medienos drėkinimą.

4. Sanklijos stiprio nustatymui prie skirtingų klijavimo režimų buvo naudoti beržo lukšto bandiniai. Tiriama MKF-9,6 derva. Bandiniai klijuojami naudojant skirtingus režimus: 1-presavimo temperatūra 125°C, trukmė- 8min; 2 - presavimo temperatūra 75 °C, trukmė- 13min. Kiekvienam režimui priskiriama po 12 bandinių. Suklijuoti bandiniai suskirstyti į dvi grupes: pusė jų išlaikyti pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 1 (žr. 5 lent.), kiti – pagal seką Nr. 3. (žr. 5 lent.). Po išlaikymo reikiamose sąlygose bandiniai išbandyti universaliame tempimo įrenginyje. Nustatyta atitinkama didžiausia jėga  $F_{max}$ . bei suirties per medieną procentinės reikšmės. Apskaičiuotas sanklijos stipris.

5. Sanklijos stiprio priklausomybės nuo klijavimo temperatūros nustatymui buvo naudotos KF, MKF-3.6 ir MKF-9.6 dervos. Kiekvienai dervai priskirta po 40 bandinių, kurie suskirstyti į 4 grupes po 10 bandinių ir suklijuoti naudojant 75, 100, 125 bei 150 °C temperatūras. KF derva klijuoti bandiniai išlaikyti pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 1. (žr. 5 lent.) MKF-3.6 ir MKF -9.6 dervomis klijuoti bandiniai suskirstyti dar į dvi grupes: pusė jų išlaikyti pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. (žr. 5 lent.), kiti – pagal seką Nr. 3. Po išlaikymo reikiamose sąlygose

bandiniai išbandyti universaliame tempimo įrenginyje. Nustatyta atitinkama didžiausia jėga  $F_{max}$  bei suirties per medieną procentinės reikšmės. Apskaičiuotas sanklijos stipris.

6. Sanklijos stiprio priklausomybės nuo klijavimo trukmės nustatymui buvo naudotos KF, MKF-3.6 ir MKF-9.6 dervos. Kiekvienai dervai priskirta po 10 bandinių, kurie klijuoti 8 min 125 °C temperatūroje, ir po 10 bandinių, kurie klijuoti 3 min 125 °C. KF derva klijuoti bandiniai išlaikyti pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 1 (žr. 5 lent). MKF-3.6 ir MKF-9.6 dervomis klijuoti bandiniai suskirstyti į dvi grupes: pusė jų išlaikyti pagal LST EN 12765 standarto seką Nr.1 (žr. 5 lent.), kiti – pagal seką Nr. 3 (žr. 5 lent). Po išlaikymo reikiamose sąlygose bandiniai išbandyti universaliame tempimo įrenginyje. Nustatyta atitinkama didžiausia jėga  $F_{max}$  bei suirties per medieną procentinės reikšmės. Apskaičiuotas sanklijos stipris.

7. Klijuotinio junginio stiprio kitimo nuo aplinkos temperatūros nustatymui naudoti beržo lukšto bandiniai. Bandymas atliktas remiantis LST EN 14257 “Klijai. Medienos klijai. Užleistinių sujungimų tempiamojo stiprio padidintoje temperatūroje nustatymas (WATT'91)” [48] nurodymais. Tirtos MKF-9.6, MKF-3.6 dervos. Bandinių klijavimo trukmė 8 min, temperatūra 125 °C. Kiekvienai dervai priskirta po 50 bandinių, kurie suskirstyti į 5 grupes po 10 bandinių ir kaitinti elektrinėje krosnelėje prie 20, 50, 70, 80 bei 150 °C temperatūrų po 60±2 min. Vėliau išbandyti tempimo įrenginyje.

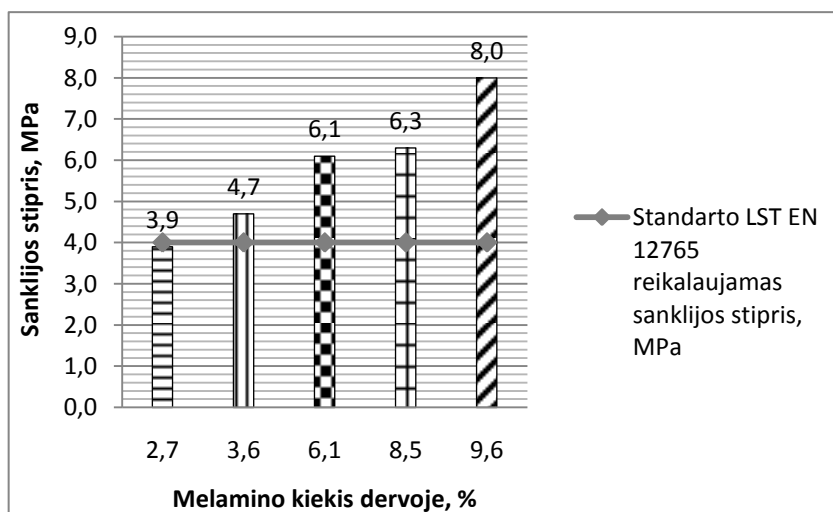
### **3. TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS**

#### **3.1 Klijų siūlės atsparumo drėgmei tyrimas**

Šio tyrimo metu siekta išsiaiškinti kaip karbamido formaldehidine derva klijuotų junginių sanklijos stiprį, esant apibrėžtomis sąlygoms po įvairių hidroterminių apdorojimų, įtakoja į dervą įmaišyto melamino kiekis. Taip pat kokiai termoreaktyviųjų medienos klijų, neataikomų konstrukcijoms, atsparumo klasei galima priskirti melamino karbamido formaldehidinę dervą. Pagal LST EN 12765 standarto sekas Nr. 3 ir Nr. 4 tirtų dervų pagrindiniai duomenys bei suirties per medieną procentinės reikšmės pateikiama 1 priedo lentelėse ir grafike.

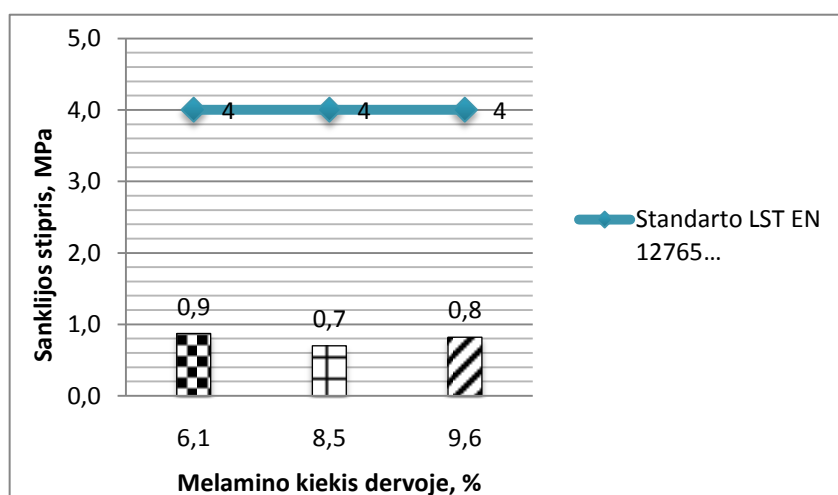
Atlikus bandymą paaiškėjo, jog kuo didesnis melamino kiekis dervoje, tuo didesnė drėgmės paveiktų bandinių sanklijos stiprio reikšmė. Visos tirtos dervos, išskyrus MKF-2.7, atitiko standarto keliamus reikalavimus (žr. 9 pav.). Nustatyta, kad mažiausias melamino kiekis dervoje, su kuria klijuoti bandiniai dar atitinka reikalavimus yra 3,6 %. Tokį kiekį melamino turinti derva parodė 4,7 MPa sanklijos stiprį. Standarte numatyta, jog sanklijos stipris pagal seką Nr. 3 turi būti  $\geq 4$  MPa. Didžiausias sanklijos stipris gautas bandinių, klijuotų MKF-9.6 derva. Pagal gautus rezultatus galima teigti, jog padidinus melamino kiekį dervoje nuo 3,6 iki 9,6 sanklijos stipris padidėja

41,2 %. Remiantis tyrimo duomenimis dervas MKF-3.6; MKF-6.1; MKF-8.5; MKF-9.6; galima priskirti C3 klijų klasei. Šiai klasei priklausančiais klijais klijuoti gaminiai gali būti eksploatuojami vidaus patalpose, kur dažnai trumpai teka vanduo arba jos veikiamos kondensacijos ir (arba) labai didelio oro drėgnio. Taip pat išorėje, kuri apsaugota nuo atmosferos poveikio.



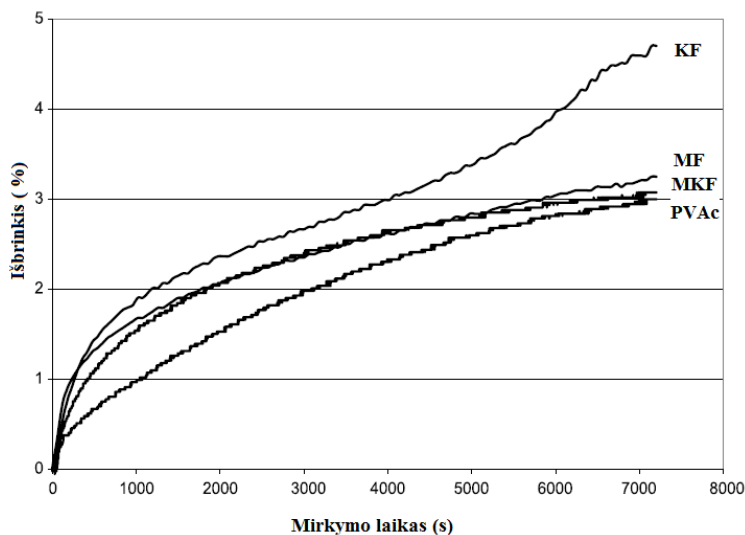
9 pav. Sanklijos stiprio priklausomybė nuo modifikuojančio priedo (melamino) kiekio dervoje pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 3

Bandymui pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 4 pasirinktos trys dervos, turinčios 6,1 %, 8, 5 % bei 9,6 % melamino. Nei viena derva klijuotų bandinių suklijavimo stipris neatitiko C4 klijų atsparumo klasei keliamų sanklijos stiprio reikalavimų (žr. 10 pav.). Procentinės suirtys per medieną buvo lygios 0 %. Todėl tokiais klijais klijuoti gaminiai negalėtų būti eksploatuojami vidaus patalpose, kur dažnai ir ilgai teka vanduo arba jos veikiamos kondensacijos bei išorėje su paviršių uždengiančia apsauga, kuri veikiama klimatinių sąlygų.

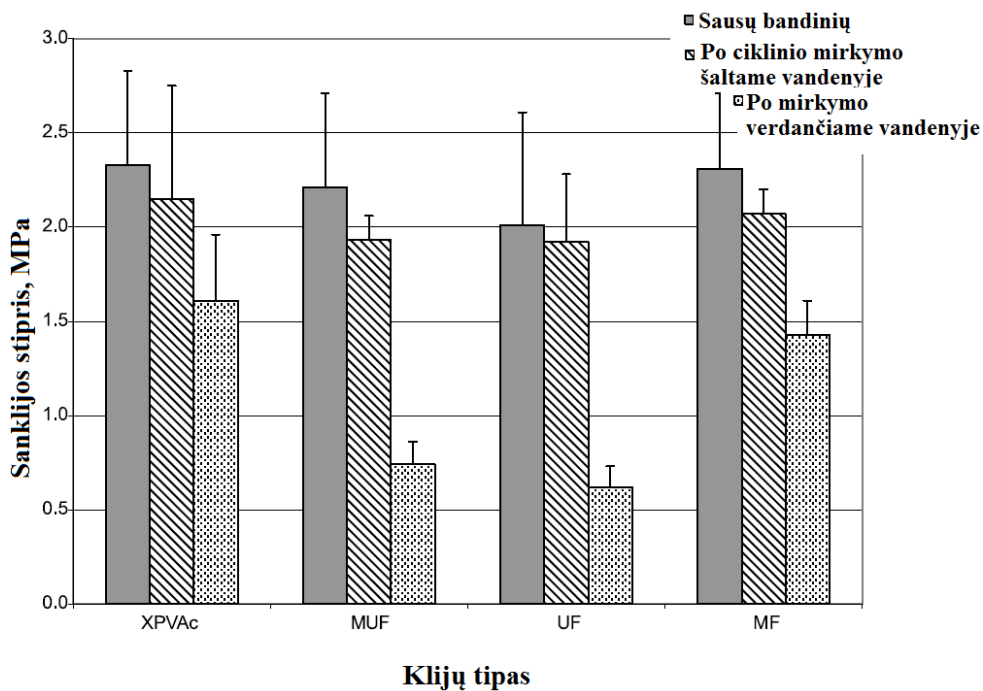


10 pav. Buko medienos bandinių sanklijos stiprio priklausomybė nuo modifikuojančio priedo (melamino) kiekio dervoje pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 4

Šio tyrimo rezultatus galima palyginti su Mičigano mokslininkų tyrimais, kurie taip pat yra įrodę melamino kaip atsparumą drėgmei padidinančio priedo naudą. Jie atliko tyrimus su inžineriniu medienos produktu LVL (laminuota sluoksniuota mediena) bei keturių rūšių klijuais. Buvo naudojami polivinilacetatiniai, melamino formaldehidiniai, karbamido formaldehidiniai bei melamino karbamido formaldehidiniai klijai. Atliktas išbrinkio testas (2 val. mirkymas vandenyje), kurio metu melaminu modifikuota derva parodė geresnius rezultatus lyginant su KF derva. MKF derva klijuotų bandinių išbrinkis buvo žymiai mažesnis (žr. 11 pav.).



11 pav. Skirtingais klijuais klijuoto trisluoksniu LVL storio išbrinkis, po 2 val mirkymo vandenyje [49]



12 pav. Skirtingais klijų tipais klijuotų LVL klijų siūlės stipris natūraliomis atmosferos sąlygomis, po mirkymo bei po virinimo vandenyje [49]

Buvo vertinamas ir klijų siūlės stipris natūraliomis atmosferos sąlygomis (žr. 12 pav.) po ciklinio mirkymo šaltame vandenyje bei po mirkymo verdančiame vandenyje. Visų keturių tirtų dervų bandiniai parodė ganėtinai gerą atsparumą šaltam vandeniui. Tačiau po virinimo testo KF ir MKF dervomis klijuotų bandinių klijų siūlės stipris buvo ženkliai mažesnis lyginant su melamino formaldehidiniais bei polivinilacetatiniais klijais klijuotų bandinių sanklijos stipriu[49].

Lyginant užsienio mokslininkų gautus rezultatus su šiame darbe aprašytais atsparumo drėgmei tyrimo rezultatais, matyti, jog abiem atvejais tirtos MKF dervos po virinimo testo parodė prastus sanklijos stiprio rezultatus. Taigi, remiantis užsienio tyrimų rezultatais, galima patvirtinti anksčiau minėtą teiginį, jog MKF dervos yra netinkamos klijuoti gaminiams, kurie turi atitikti C4 atsparumo klasę. Taip pat galima teigti, jog savo savybėms jos neprilygsta MF ir PVAc dervoms.

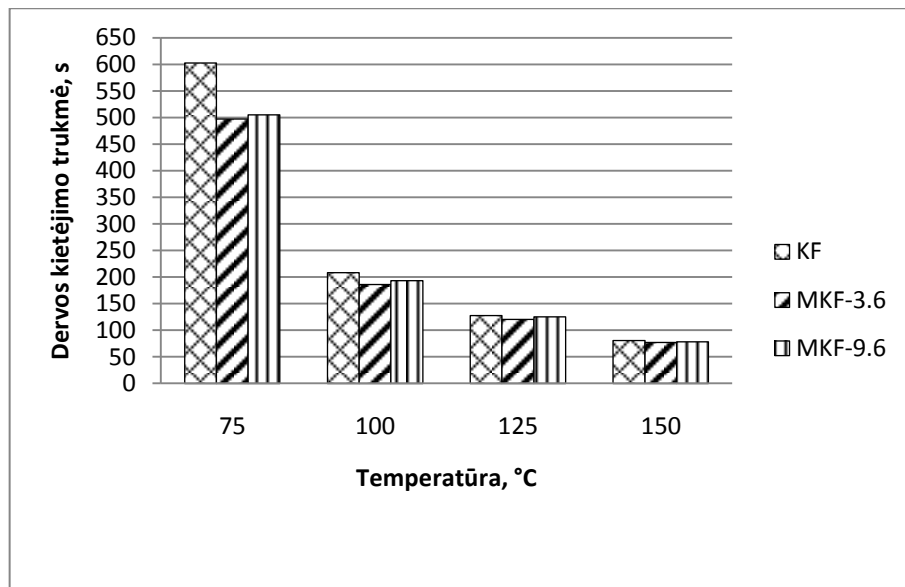
### 3.2 Klijų kietėjimo trukmės nustatymas

Siekiant išsiaiškinti ar melamino įvedimas į dervos sudėtį gali pagreitinti klijų kietėjimo trukmę buvo atliktas klijų kietėjimo trukmės nustatymo bandymas. Remiantis bandymo duomenimis (žr. 6 lent.), nustatyta, kad prie 75 °C temperatūros melaminu modifikuotos dervos kietėja greičiau, nei karbamido formaldehidinė derva. MKF-3.6 derva bandymo metu sukietėjo 97,8 s greičiau nei KF, o MKF-9.6 derva – 105.6 s greičiau nei KF derva. Tai rodo, jog didesnis kiekis melamino gali sutrumpinti klijų kietėjimo trukmę. Prie aukštesnių temperatūrų modifikuotų dervų ir nmodifikuotos KF dervos kietėjimo trukmės skiriasi neženkliai - melaminu modifikuotos dervos kietėja vos keliomis sekundėmis greičiau. (žr. 13 pav.).

6 lentelė. Klijų kietėjimo priklausomybė nuo temperatūros

Temperatūra, °C	Klijų kietėjimo trukmė, s		
	KF	MKF-3.6	MKF-9.6
75	603	505,2	497,4
100	208,2	193,2	186
125	127,8	125,4	120,6
150	81	78,6	77,4



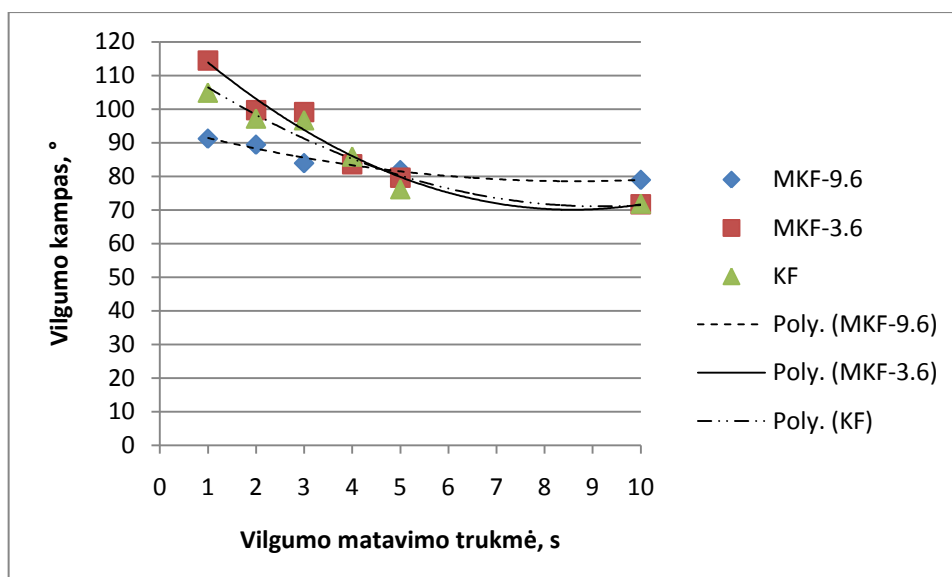


13 pav. Klijų kietėjimo priklausomybė nuo klijavimo temperatūros

### 3.3 Vilgumo kampo nustatymas

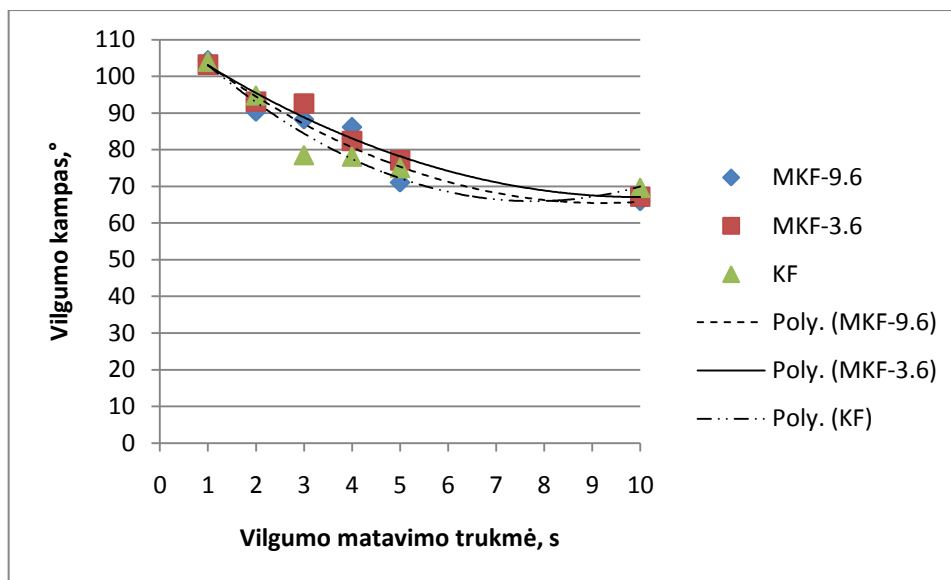
Vilgumo kampas išmatuotas kas 1; 2; 3; 4; 5; 10; 20; 30; 40; 50; 200; 400 ir 600 s. Visi išmatuotų vilgumo kampų rezultatai pateikiami 3 priedo lentelėse. Nustatyta, jog intensyviausiai klijai drėkina medieną pirmąsias 5 s. Praėjus daugiau nei 10 s, vilgumo kampo kitimas tampa labai nežymus, todėl grafikuose jį vaizduoti nėra tikslinga. Visais tirtais atvejais nustatyta, jog klijų mediena visai nebeįgeria, praėjus 600 s nuo klijų užlašinimo ant medienos paviršiaus.

14 paveiksle pateiktame grafike matyti, jog beržo medieną pirmomis sekundėmis geriausiai drėkina MKF-9.6 derva. Jau po 4 s dervų drėkinamosios savybės supanašėja.



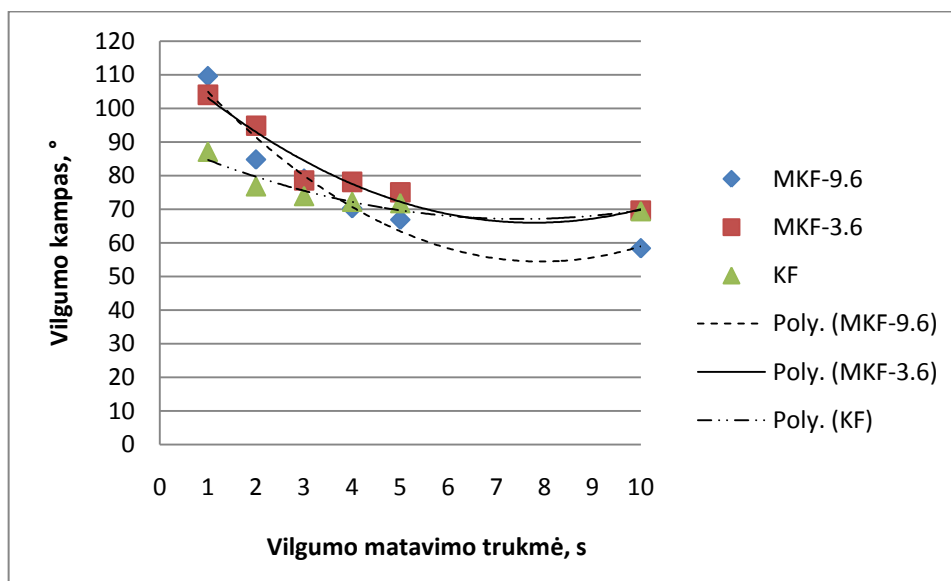
14 pav. Beržo medienos tangentinio paviršiaus vilgumo kampo kitimas, naudojant skirtingas dervas

Pirmosiomis sekundėmis pušies medieną visos trys dervos drėkina labai panašiai (žr.15 pav.). Tik bėgant laikui MKF-9.6 derva pradeda šiek tiek sparčiau drėkinti medieną. Praėjus 5 s jos vilgumo kampas yra  $71,1^\circ$ . Tai yra  $4,9^\circ$  mažesnis nei KF dervos.



15 pav. Pušies medienos tangentinio paviršiaus kampo kitimas, naudojant skirtingas dervas

Buko mediena pirmomis sekundėmis labiausiai drėkinama KF dervos, tačiau vėliau matyti kaip MKF-9.6 drėkinimo kampas sparčiai mažėja, kas rodo, jog mediena yra labiau drėkinama (žr. 16 pav.). Prabėgus 5 s MKF-9.6 dervos lašelio vilgumo kampas yra  $66,9^\circ$ . Tai yra  $4,9^\circ$  mažesnis nei KF dervos.



16 pav. Buko medienos tangentinio paviršiaus vilgumo kampo kitimas, naudojant skirtingas dervas

Remiantis šio tyrimo rezultatais, galima teigti, jog melamino įvedimas į KF klįjus pagerina drėkinimą ir leidžia klįjams prasiskverbti giliau į medieną. Kuo melamino kiekis didesnis, tuo geriau derva drėkina medieną.

Lyginant skirtingų biologinių medienos rūšių vilgumą (žr. 7 lent.), nustatyta, jog greičiausiai klįjus, nepriklausomai nuo jų rūšies, įgeria buko mediena, o lėčiausiai - beržas.

7 lentelė. Dervų vilgumo kampai, išreikšti laipsniais, pirmosiomis 5 s naudojant skirtingas medienos biologines rūšis.

Trukmė, s	Dervos tipas		
	KF	MKF-3.6	MKF-9.6
<b>Tangentinio paviršiaus beržo medienos ir dervų vilgumo kampas, °</b>			
1	104,9	114,4	91,2
2	97,2	99,7	89,4
3	96,7	99,1	83,9
4	85,9	83,6	83,7
5	76,2	79,6	81,8
<b>Tangentinio paviršiaus pušies medienos ir dervų vilgumo kampas, °</b>			
1	104	103,2	104,4
2	94,8	93,1	90,4
3	78,5	92,6	88,3
4	78,1	82,4	86,2
5	75	77,1	71,1
<b>Tangentinio paviršiaus buko medienos ir dervų vilgumo kampas, °</b>			
1	87,1	104	109,6
2	76,8	94,8	84,8
3	73,9	78,5	79,1
4	72,2	78,1	70,3
5	71,8	75	66,9

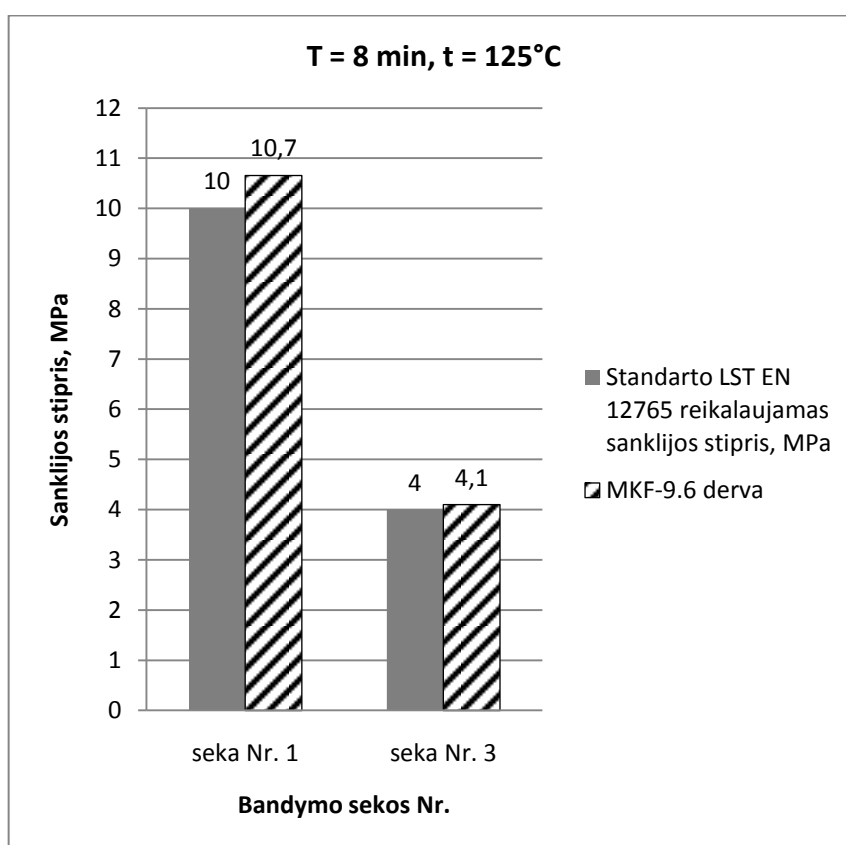
Tai, kad pušies mediena drėkinama ne taip gerai galima paaiškinti tuo, jog kai kurios medienos rūšys turi hidrofobinių savybių, kurios paverčia medieną sunkiau suklijuojama. Pušies medienoje yra sakų, kurie yra hidrofobiški ir atstumia klįjus.

Drėkinimo kokybė priklauso nuo daugelio veiksnių, tokių kaip medienos struktūros ypatumai, klįjavimo temperatūros bei klįjų savybės ir labai tiksliai prognozuoti klįjų savybes drėkinti medieną yra sudėtinga. Todėl užsienio mokslininkai atlieka daug išsamesnius vilgumo kampo tyrimus. Literatūroje randama straipsnių, kuriuose aprašoma medienos apdirbimo kokybės įtaka vilgumo kampo dydžiui. Vieni mokslininkai yra atlikę tyrimą su pušies mediena. Tyrimo metu

naudoti 28 bandiniai, kurie suskirstyti į 4 grupes priklausomai nuo mašininio apdirbimo: pjauti, obliuoti, šlifuoti ir pjauti skustuku. Gauti rezultatai parodė, jog skysčiai greičiausiai medieną drėkina, kuomet jos paviršius yra šlifuotas. Taip yra dėl didesnio paviršiaus šiurkštumo ir padidėjusių tarpomolekulinių jėgų. Tačiau didesnio klampumo medžiagos, kaip klėjai, medieną geriau drėkina, kuomet ji yra obliuota. [50]

### 3.4 Skirtingais režimais klijuotų beržo medienos bandinių sanklijos stiprio nustatymas

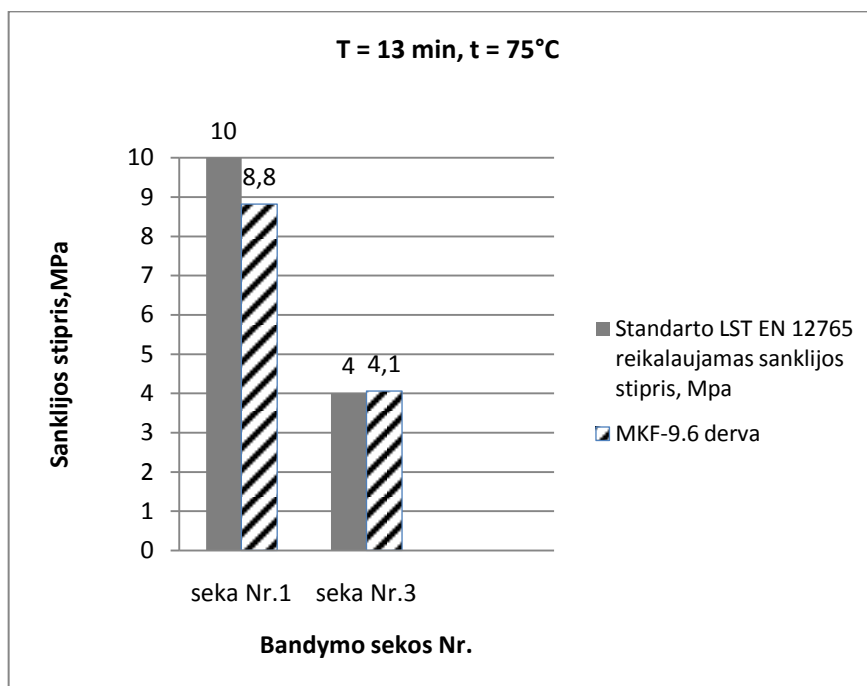
MKF-9.6 dervos savybės buvo tiriamos prie skirtingų klijavimo režimų. Visi tyrimų duomenys pateikti 4 priedo lentelėse. Pirmuoju atveju, kuomet klijavimo temperatūra  $t=125\text{ }^{\circ}\text{C}$ , o trukmė  $T=8\text{ min}$  (žr. 17 pav.), tiek sausų tiek drėgmės paveiktų bandinių sanklijos stipris viršijo standarto reikalaujamą.



17 pav. MKF-9.6 derva klijuotų beržo lukšto bandinių, kurių klijavimo trukmė - 8min, klijavimo temperatūra –  $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ , sanklijos stipris bandant pagal LST EN 12765 standarto sekas Nr. 1 ir Nr. 3

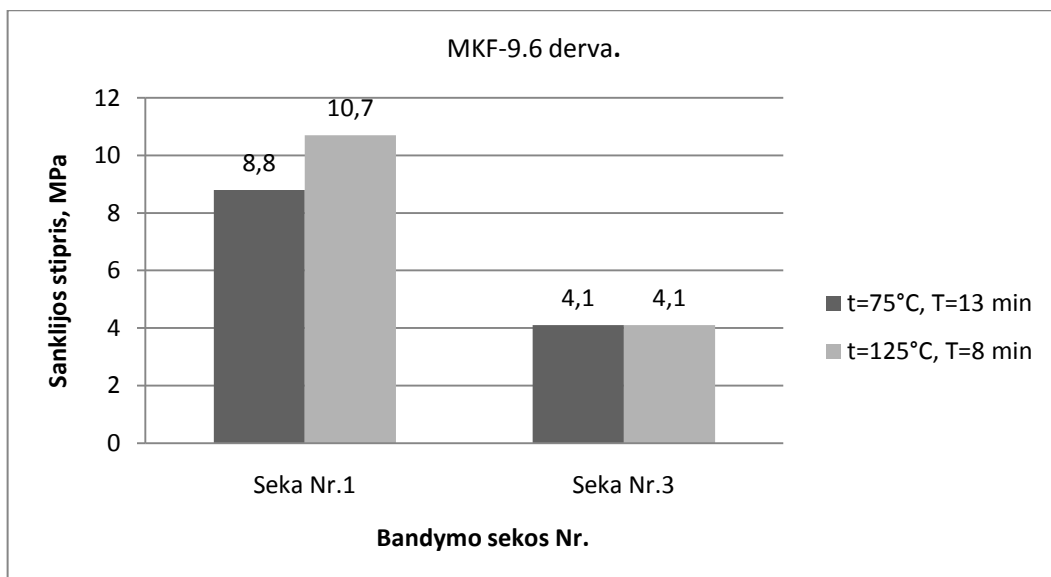
Antruoju atveju, kuomet klijavimo temperatūra  $t=75\text{ }^{\circ}\text{C}$ , o trukmė  $T=13\text{ min}$  (žr. 18 pav.), sausų bandinių sanklijos stipris buvo 12 % mažesnis, negu reikalaujama standarte. Tačiau drėgmės

paveikti bandiniai parodė geresnius rezultatus ir atitiko standarte nurodytą minimalų reikalaujamą sanklijos stiprį.

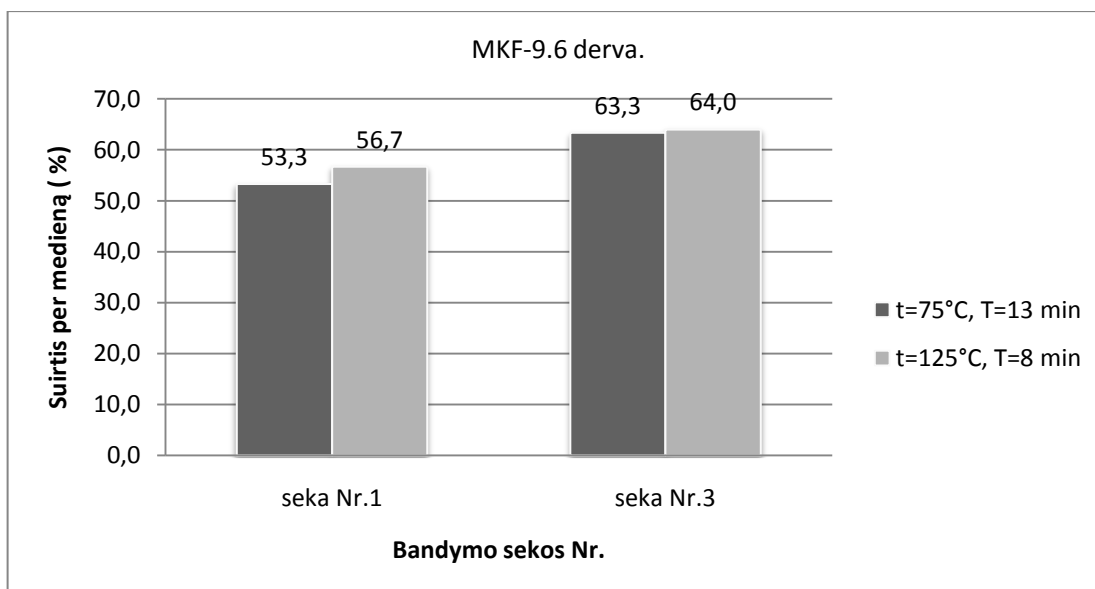


18 pav. MKF-9.6 derva klijuotų beržo lukšto bandinių, kurių klijavimo trukmė – 13 min, klijavimo temperatūra – 75 °C, sanklijos stipris bandant pagal LST EN 12765 standarto sekas Nr. 1 ir Nr. 3

Skirtingų klijavimo režimų palyginimas pateiktas 19 paveiksle. Ištyrus MKF-9.6 dervos elgseną nustatyta, jog tiek pirmuoju atveju (kuomet klijavimo temperatūra  $t=125$  °C, o trukmė  $T=8$  min) tiek antruoju atveju (kuomet klijavimo temperatūra  $t=75$  °C, o trukmė  $T=13$  min) pagal seką Nr. 3 sanklijos stiprio rezultatai rezultatai gaunami praktiškai vienodi (žr. 19 pav.). Suirties per medieną reikšmės taip pat gautos labai panašios (žr. 20 pav.). Todėl klijuojant gaminius, kurie bus eksploatuojami pagal C3 klasės reikalavimus, galima rinktis tiek vieną, tiek kitą variantą. Galima rinktis trumpesnę klijavimo trukmę prie aukštesnės klijavimo temperatūros arba atvirkščiai - ilgesnę klijavimo trukmę prie žemesnės klijavimo temperatūros, priklausomai nuo to, kas gamintojui labiau apsimokėtų ekonomiškai. Galima daryti prielaidą, jog melaminas, veikiamas drėgmės, elgiasi stabiliau ir tokiu atveju klijavimo temperatūra gali būti taikoma ir mažesnė. Tačiau sausų bandinių sanklijos stipris didesnis gaunamas prie aukštesnės temperatūros. Todėl klijuojant gaminius, kurie bus eksploatuojami pagal C1 atsparumo klasę, geriau rinktis 125 °C klijavimo temperatūrą.



19 pav. Skirtingais režimais MKF-9.6 derva klijuotų beržo lukšto bandinių sanklijos stipris bandant pagal LST EN 12765 standarto sekas Nr. 1 ir Nr. 3

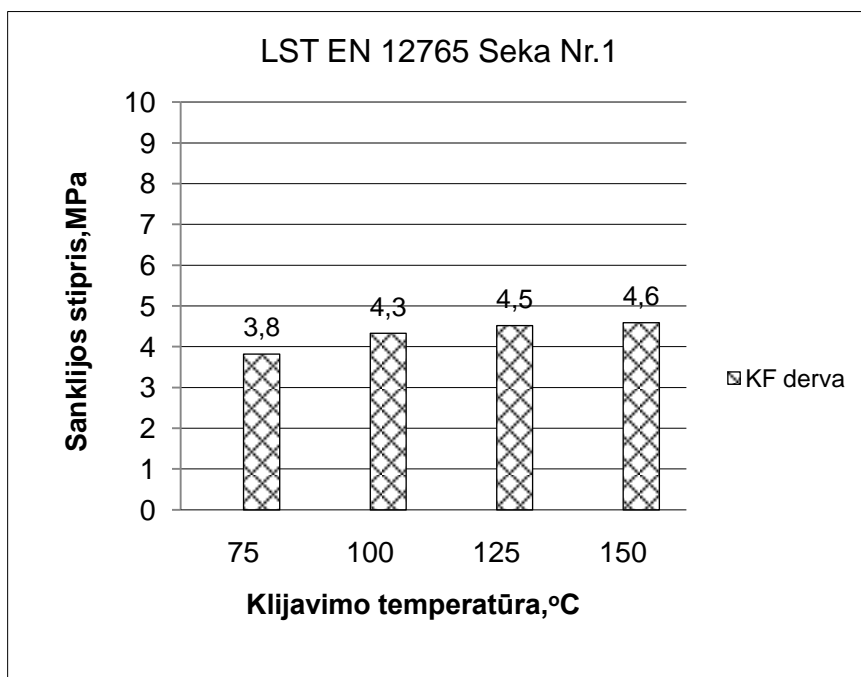


20 pav. Skirtingais režimais MKF-9.6 derva klijuotų beržo lukšto bandinių procentinė suirtis per medieną bandant pagal LST EN 12765 standarto sekas Nr. 1 ir Nr. 3

### 3.5 Sanklijos stiprio priklausomybės nuo klijavimo temperatūros nustatymas

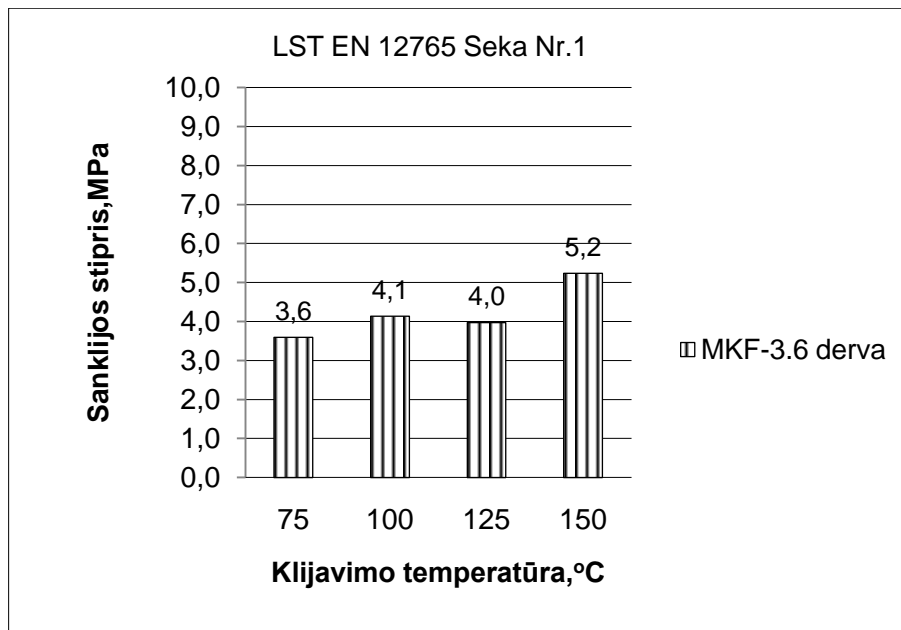
Sanklijos stiprio priklausomybės nuo klijavimo temperatūros bandymas atliktas su KF, MKF-3.6 ir MKF-9.6 dervomis, naudojant 75, 100, 125 bei 150 °C klijavimo temperatūras. Visi gauti duomenys pateikti 5 priedo lentelėse. Suirčių per medieną procentinės reikšmės pateiktos 5 priedo 1-5 pav.

Kalbant apie KF dervą (žr. 21 pav.), didžiausias sanklijos stipris pasiektas klijuojant 150 °C temperatūroje. Jis 0,8 MPa didesnis nei bandinių, klijuotų naudojant 75 °C temperatūrą. Prie 100 °C bei prie 125 °C klijavimo temperatūrų sanklijos stipris labai nedaug skyrėsi nuo 150 °C temperatūroje klijuotų bandinių sanklijos stiprio, bet buvo šiek tiek mažesnis. Todėl galima teigti, jog klijuojant KF dervą, sanklijos stipris yra tuo didesnis, kuo didesnė yra klijavimo temperatūra.



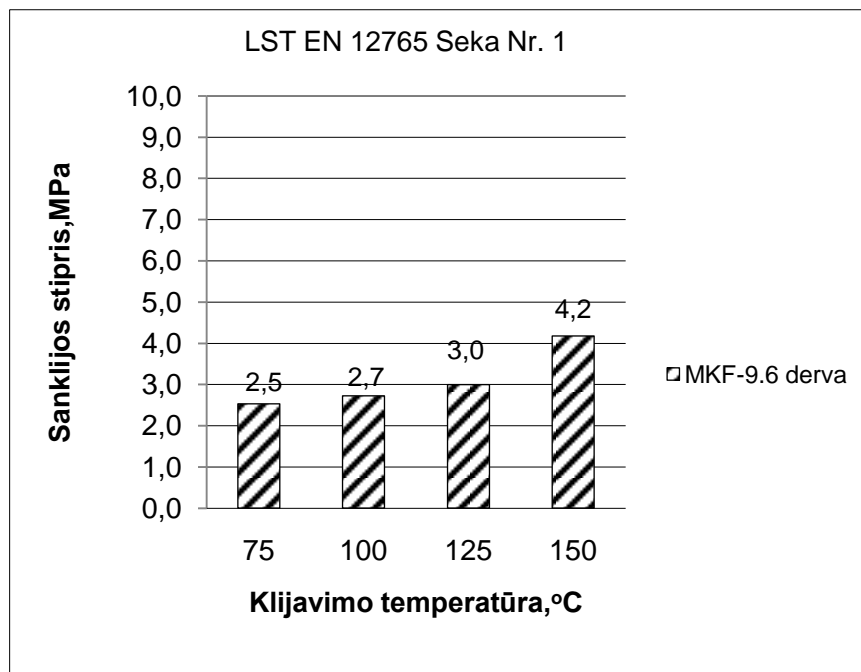
21pav. KF derva klijuotų beržo lukšto bandinių sanklijos stiprio priklausomybė nuo klijavimo temperatūros bandant pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 1.

Sausų MKF-3.6 dervą 150 °C temperatūroje klijuotų bandinių sanklijos stipris 1,6 MPa viršijo 75 °C temperatūroje klijuotų bandinių sanklijos stiprį ( žr. 22 pav.). Tai sudaro 30,8 %. Prie 100 °C bei prie 125 °C klijavimo temperatūrų sanklijos stipris gautas labai panašus. Naudojant 125 °C temperatūrą, stipris gautas šiek tiek mažesnis nei naudojant 100 °C. Tačiau bendra stiprio tendencija didėti kylant temperatūrai yra išlaikoma.



22 pav. MKF-3.6 derva klijuotų beržo lukšto bandinių sanklijos stiprio priklausomybė nuo klijavimo temperatūros bandant pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 1.

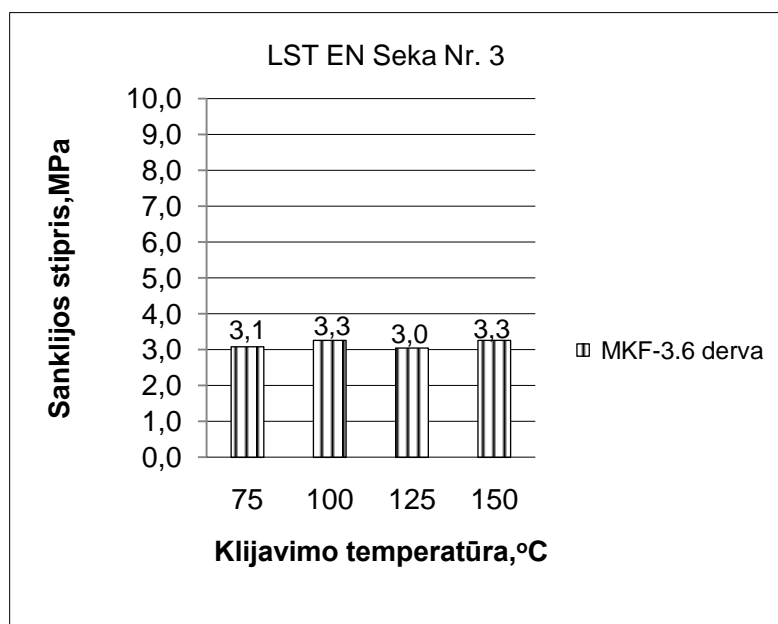
MKF-9.6 derva klijuotų sausų bandinių sanklijos stipris taipogi didėja, didėjant klijavimo temperatūrai, tačiau iš grafiko matyti, jog tai pradžioje vyksta labai nežymiai ( žr. 23 pav.). Didesnis pokytis matomas tarp 125 ir 150 °C temperatūrų, kuomet padidėjus klijavimo temperatūrai sanklijos stipris padidėja 40,5 %.



23 pav. MKF-9.6 derva klijuotų beržo lukšto bandinių sanklijos stiprio priklausomybė nuo klijavimo temperatūros po išlaikymo pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 1

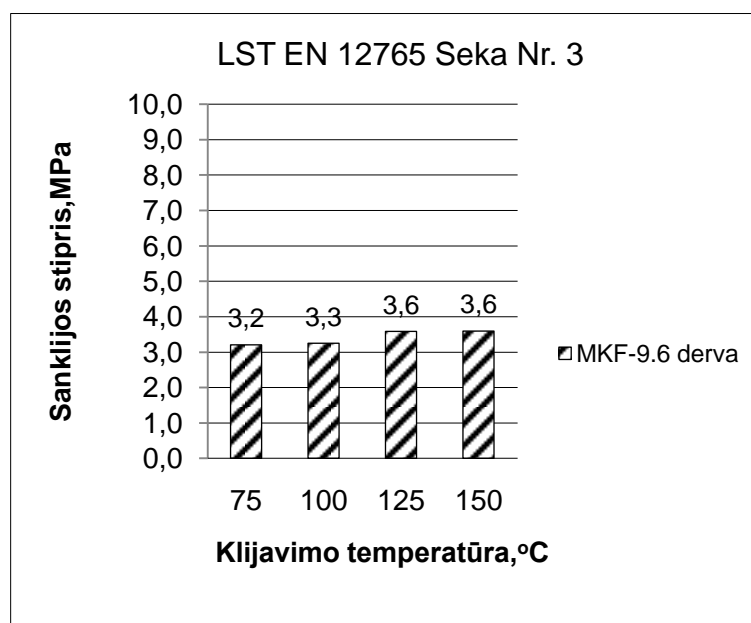


Nagrinėjant 24 paveiksle pateiktą drėgmės paveiktą MKF-3.6 derva klijuotų bandinių sanklijos stiprį, pastebėta, jog didėjant klijavimo temperatūrai, sanklijos stipris keičiasi labai nežymiai. Todėl tokiu atveju galima būtų rinktis ir žemesnę klijavimo temperatūrą.



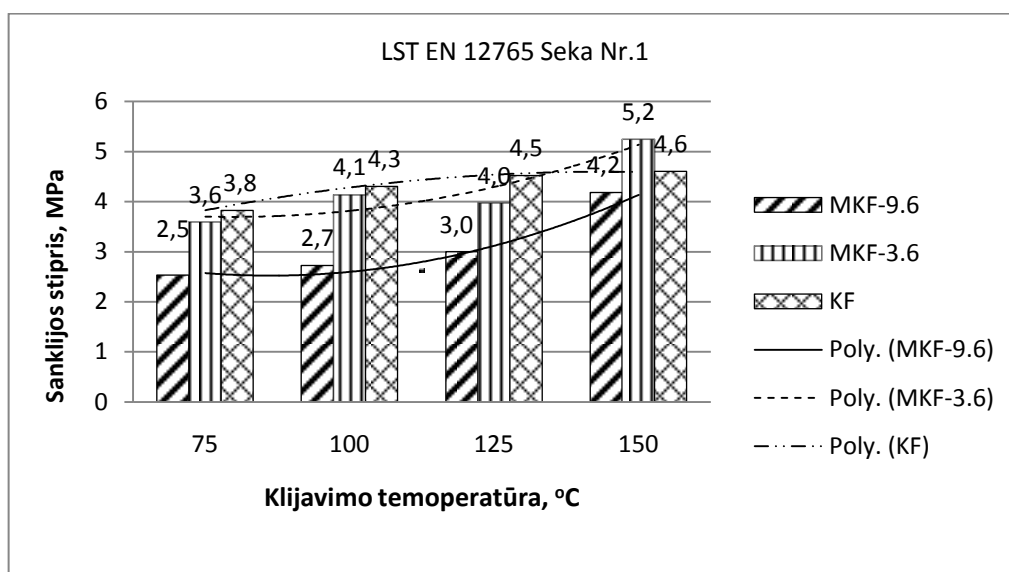
24 pav. MKF-3.6 derva klijuotų beržo lukšto bandinių sanklijos stiprio priklausomybė nuo klijavimo temperatūros bandant pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 3.

Nagrinėjant drėgmės paveiktą MKF-9.6 derva klijuotų bandinių sanklijos stiprį (žr. 25 pav.), matyti, jog didėjant temperatūrai kinta taip pat labai nežymiai, kaip ir MKF-3.6 derva klijuotų bandinių. Ties 125 ir 150 °C stiprio reikšmės sutampa ir jos yra 11,2 % didesnės nei ties 75 °C ir tik 8,42 % didesnės nei ties 100 °C temperatūra.



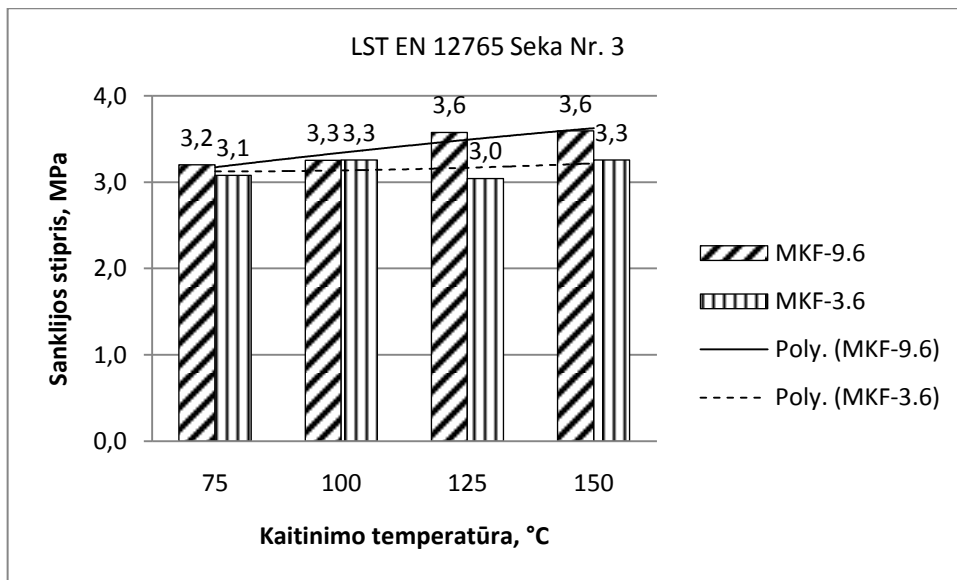
25 pav. MKF-9.6 derva klijuotų beržo lukšto bandinių sanklijos stiprio priklausomybė nuo klijavimo temperatūros bandant pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 3.

Lyginant visas tirtas dervas tarpusavyje (žr. 26 pav.), matyti, jog visų trijų dervų sausų bandinių sanklijos stipris turi tendenciją didėti, kylant klijavimo temperatūrai Stipriausia klijų siūlė suformuojama, naudojant MKF-3.6 dervą ir 150 °C klijavimo temperatūrą. Prie šios temperatūros KF derva suformuoja 11,6 %, o MKF-9.6 derva suformuoja 19,24 %, o silpnesnę klijų siūlę. Prie 125 °C temperatūros, kuri dažniausiai yra naudojama faneros klijavimo procese, stipriausia klijų siūlė gauta naudojant KF dervą. Silpniausia - naudojant MKF-9.6 dervą. Taigi, galima daryti prielaidą, jog sausų bandinių sanklijos stiprį į KF dervą įmaišytas didesnis kiekis melamino veikia neigiamai.



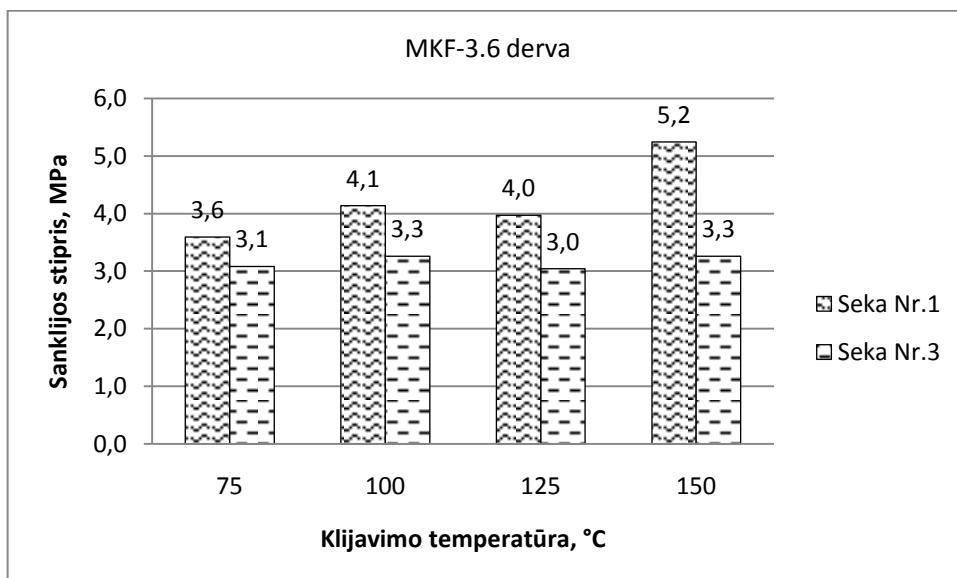
26 pav. Skirtingomis dervomis klijuotų beržo lukšto bandinių sanklijos stiprio priklausomybė nuo klijavimo temperatūros bandant pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 1

Lyginant melaminu modifikuotomis dervomis klijuotų drėgmės paveiktų bandinių sanklijos stiprį (žr. 27 pav.), matyti, jog kuomet klijavimo temperatūra 100 °C, abiejų dervų sanklijos stiprio rezultatai sutampa. Prie kitų klijavimo temperatūrų MKF-9.6 derva klijuotų bandinių sanklijos stiprio reikšmės gautos šiek tiek didesnės. Taigi, galima daryti prielaidą, jog didesnis melamino kiekis dervoje šiuo atveju suformuoja nedaug, bet atsparesnę drėgmės poveikiui klijų siūlę.

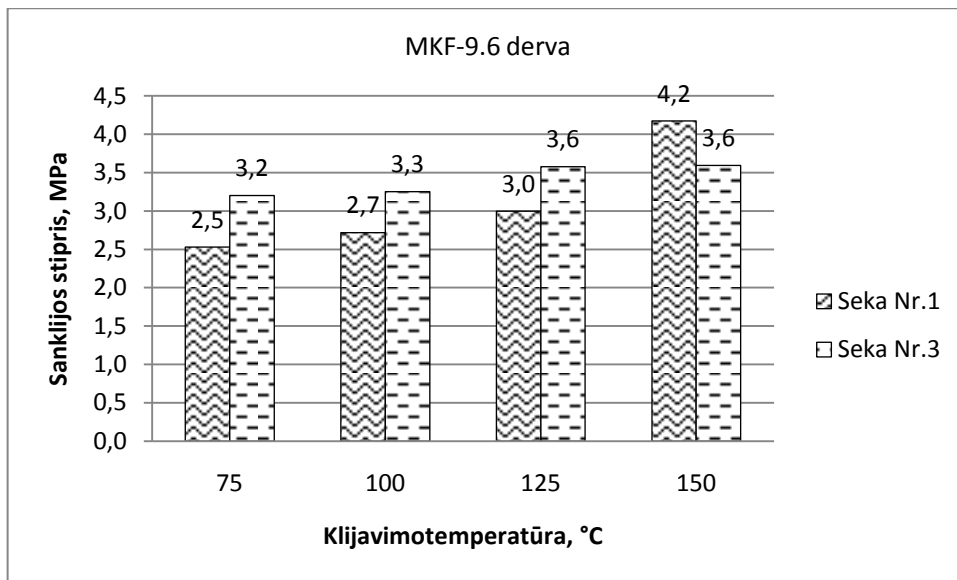


27 pav. Skirtingomis dervomis klijuotų beržo lukšto bandinių sanklijos stiprio priklausomybė nuo klijavimo temperatūros bandant pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 3

Nagrinėjant gautus rezultatus taip pat, pastebėta, jog skirtingą melamino kiekį turinčios dervos elgiasi vienaip, kuomet išbandomi sausi bandiniai ir kitaip, kuomet bandiniai yra paveikti drėgmės. (žr. 28, 29 pav.) Kuomet bandiniai sausi, kuo mažesnis kiekis melamino, tuo stipresnė klijų siūlė, o kuomet bandiniai paveikti drėgmės, kuo didesnis kiekis melamino dervoje, tuo suformuojama stipresnė klijų siūlė. Taigi klijuojant gaminius, kurie bus eksploatuojami sausoje aplinkoje neverta naudoti melaminu modifikuotų dervų. Tokiu atveju geriau naudoti KF dervą. O štai drėgnose patalpose eksploatuojamiems gaminiams tikslinga būtų naudoti MKF-9.6 dervą.



28 pav. MKF-3.6 derva klijuotų beržo lukšto bandinių sanklijos stiprio palyginimas bandant pagal skirtingas LST EN 12765 standarto sekas



29 pav. MKF-9.6 derva klijuotų beržo lukšto bandinių sanklijos stiprio palyginimas bandant pagal skirtingas LST EN 12765 standarto sekas

Šį priklausomybės nuo klijavimo temperatūros tyrimą galima būtų palyginti su užsienio mokslininkų atliktu tyrimu. Straipsnyje „Eksterjere naudojamos faneros klijuotos žemesnėje temperatūroje šlyties stipris“ aprašomas tyrimas, kurio tikslas buvo pagaminti kokybiškas eksperimentines plokštes, naudojant 100 °C temperatūrą, kuri yra 10-30 % žemesnė negu įprasta faneros gamyboje. Klijavimui naudoti 9 savo sudėtimi bei savybėmis besiskiriantys fenolio formaldehidiniai klijai ( žr. 8 lent.). Į juos įmaišyta įvairių priedų tam, kad būtų galima sumažinti presavimo temperatūrą [51].

8 lentelė. Bandyje naudotų klijų sudėtis [51]

Klijų komponentai	Klijų tipas									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
<b>Fenolio formaldehidinė derva</b>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<b>Alkilrezorcinolis</b>	-	3	3	-	-	-	-	-	-	-
<b>Rezorcinolis</b>	-	-		3	3	3	2	3	3	
<b>Paraormaldehidas</b>	-	7	7	6	6	10	5	5	5	
<b>Vandenilio peroksidas</b>	-	-	-	-	1	1	1	1	1	
<b>Kietikliai:</b>	-	10	15	13	13	10	7	5	7	
<b>Melaminas</b>	-	-	-	-	-	6	-	-	-	
<b>Karbamidas</b>	-	24	7	6	6	-	3	3	3	
<b>Amonio dichromatas</b>	-	-	-	6	6	-	-	-	-	
<b>Kalio dichromatas</b>	-	24	7	-	-	6	-	-	-	
<b>Natrio dichromatas</b>	-	-	-	-	-	-	3	3	3	
<b>Vanduo</b>	-	52	70	18	18	18	3	3	3	

Žemiau esančioje 9 lentelėje pateikiamos skirtingais kljais klijuotų bei skirtingose temperatūrose presuotų faneros bandinių šlyties stiprio reikšmės.

9 lentelė. Skirtingais kljais klijuotų bei skirtingose temperatūrose presuotų faneros bandinių šlyties stiprio reikšmės[51]

Klijų tipas	Presavimo temperatūra (°C)	Faneros tipas	Pagrindinės charakteristikos		
			Šlyties stipris (MPa)	Standartinis nuokrypis (MPa)	Variacijos koeficientas
<b>0</b>	100	beržas	-	-	-
	120		0,3	0,12	37,6
	130		1,7	0,67	40,3
	140		1,8	0,67	36,5
	150		2,3	0,34	14,6
<b>1</b>	100	Beržas	2,4	0,54	22,2
		Bukas	1,6	0,25	16,1
		Beržas / bukas	0,0	0,00	0,0
<b>2</b>	100	Beržas	2,5	0,40	16,1
		Bukas	1,5	0,45	29,4
		Beržas / bukas	1,5	0,33	22,2
<b>3</b>	100	Beržas	1,8	0,42	22,7
		Bukas	1,6	0,33	21,1
		Beržas / bukas	0,8	0,68	87,7
<b>4</b>	100	Beržas	1,8	0,42	22,8
		Bukas	1,3	0,31	23,5
		Beržas / bukas	1,0	0,39	39,7
<b>5</b>	100	Beržas	2,1	0,47	22,0
		Bukas	2,3	0,29	12,7
		Beržas / bukas	1,5	0,21	13,9
<b>6</b>	100	Beržas	2,4	0,44	18,5
		Bukas	2,2	0,21	9,6
		Beržas / bukas	1,4	0,28	20,7
<b>7</b>	100	Beržas	2,2	0,46	21,5
		Bukas	2,2	0,29	13,4
		Beržas / bukas	1,7	0,35	20,3
<b>8</b>	100	Beržas	2,7	0,46	17,3
		Bukas	2,0	0,31	15,6
		Beržas / bukas	1,7	0,35	20,1

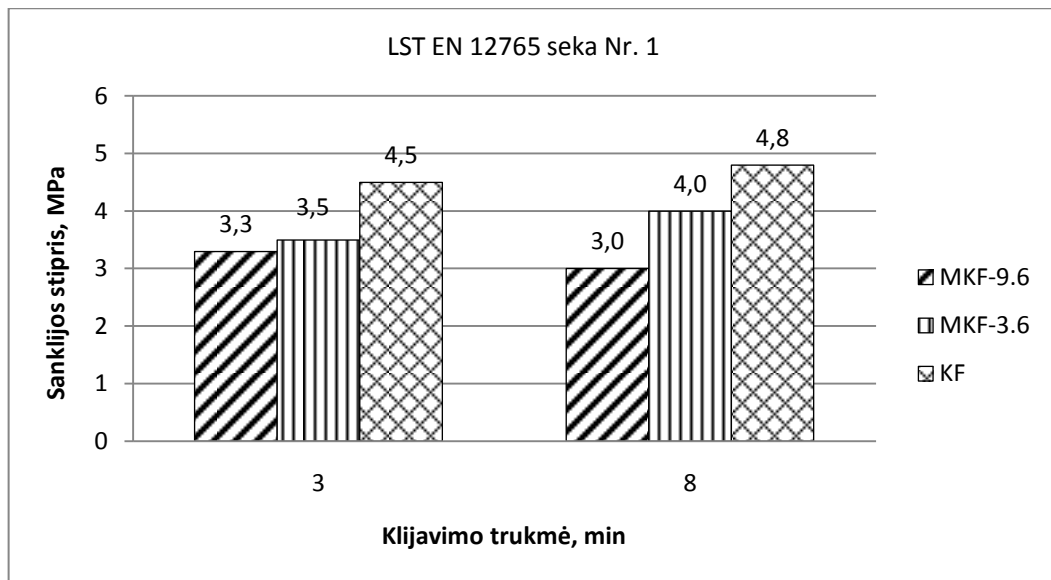
Rezultatai rodo, jog įvedus į fenolio formaldehidinių klijų sudėtį įvairių priedų, galima mažinti klijavimo (presavimo) temperatūrą. Kalbant apie beržo lukštą, visomis modifikuotomis fenolio formaldehidinėmis dervomis klijuotų bandinių presuotų 100 °C temperatūroje šlyties stiprio rodikliai labai panašūs kaip ir 150 °C temperatūroje presuotų bandinių, klijuotų gryna fenolio formaldehidine derva. O kai kurių rezultatai netgi geresni. Lentelėje Nr. 5 pažymėta derva savo sudėtyje turi melamino. Iš pateiktų šlyties stiprio rezultatų matyti, jog buko faneros, klijuotos šia derva 100 °C temperatūroje, stipris sutampa su 150 °C klijuota fenolio formaldehidine derva faneros stipriu. O beržo faneros rezultatas vos 0,2 MPa mažesnis. Taigi, drąsiai galima teigti, jog įvairių priedų įvedimas į formaldehidinių dervų sudėtį yra tikslingas, siekiant sumažinti klijavimo temperatūrą.

### **3.6 Sanklijos stiprio priklausomybės nuo klijavimo trukmės nustatymas**

Siekiant ištirti galimybę sumažinti klijavimo trukmę buvo atliktas bandymas, kurio metu ištirtos KF, MKF-3.6 ir MKF-9.6 dervos. Visi tyrimų duomenys pateikiami 6 priede.

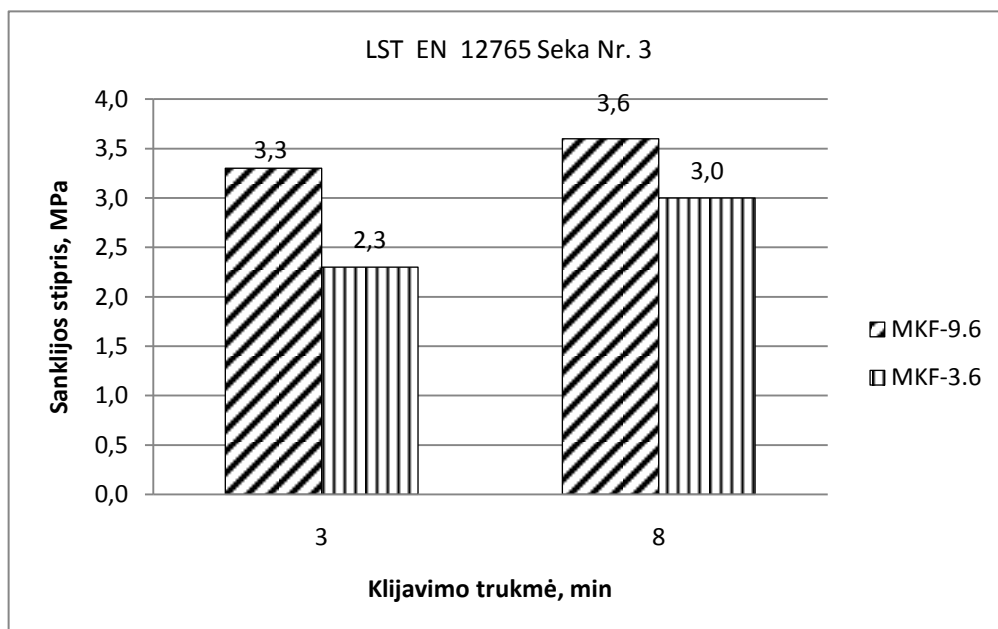
Skirtingomis klijavimo trukmėmis, naudojant tą pačią klijavimo temperatūrą klijuotų bandinių vidutinio sanklijos stiprio rezultatai pateikti 30 ir 31 paveiksluose.

Sausų KF derva 3 min klijuotų bandinių (žr. 30 pav.) sanklijos stipris buvo vos 0.3 MPa, t. y 6,25 % mažesnis už klijuotų 8 min. MKF-3.6 prie 3 min klijavimo trukmės parodė 12,5 %, mažesnę sanklijos stiprio rezultatą nei prie 8 min klijavimo trukmės. O MKF-9.6 derva prie 3 min klijavimo trukmės parodė netgi šiek tiek geresnius rezultatus nei prie 8 min. Taip galėjo atsitikti dėl anizotropinių medienos sabvybių. Tokie nedideli skirtumai tarp sanklijos stiprio reikšmių klijuojant skirtingą laiką, leidžia teigti, jog, esant reikalui, galima sumažinti klijavimo trukmę ir gauti ganėtinai gerus sanklijos stiprio rezultatus.



30 pav. Sausų, skirtingomis dervomis klijuotų, bandinių sanklijos stipris bandant pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 1

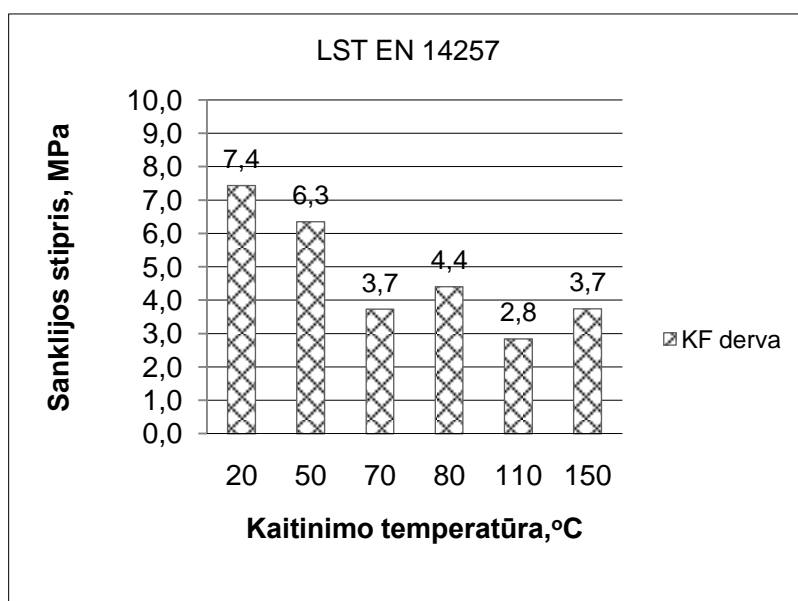
MKF-9 dervos suformuotos klijų siūlės stiprio rezultatai (žr. 31 pav.) prie 3 min klijavimo trukmės buvo vos 8,4 % mažesni nei prie 8 min. Tuo tarpu MKF-3.6 derva parodė net 23,4 % mažesnius rezultatus. Pagal gautas sanklijos stiprio reikšmes nustatyta, jog siekiant sumažinti klijavimo trukmę, tikslingiau naudoti MKF-9.6 dervą, turinčią 9,6 % melamino. Sutrumpinus klijavimo trukmę, šia derva klijuotų bandinių stipris sumažėjo tik 0,3 MPa, o MKF-3.6 derva klijuotų bandinių stipris sumažėjo 0,7 MPa.



31 pav. Drėgmės paveiktų, skirtingomis dervomis klijuotų bandinių sanklijos stipris bandant pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 3

### 3.7 Sanklijos stiprio kitimo nuo aplinkos temperatūros nustatymas

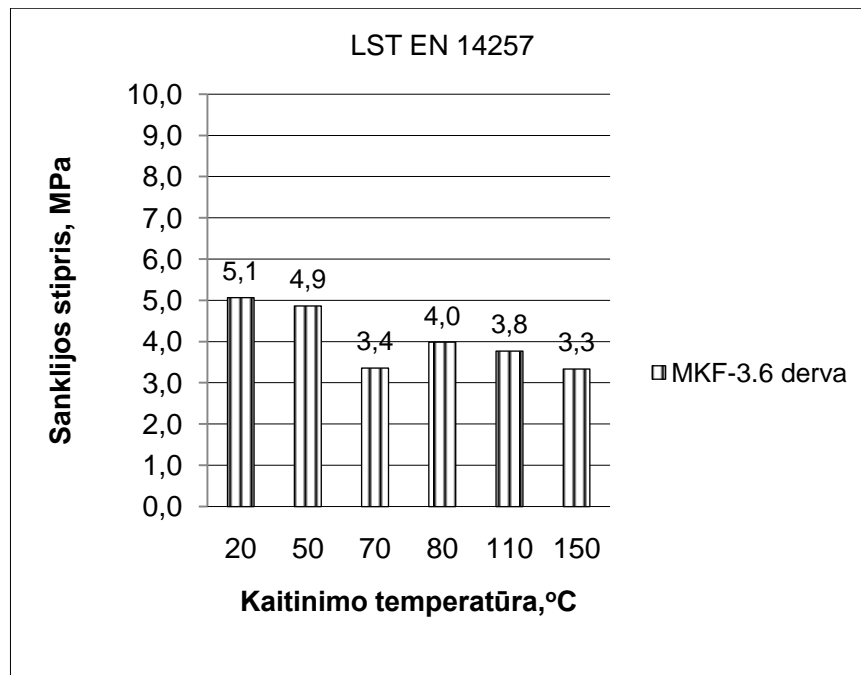
Sanklijos stiprio kitimo nuo aplinkos temperatūros tyrimas atliktas kaitinant bandinius aukštesnėse temperatūrose, taip imituojant ekstremalias sąlygas. Visi tyrimo duomenys pateikti 7 priede. KF dervos terminį stabilumą apibūdinančios vidutinės sanklijos stiprio reikšmės pateiktos 32 paveiksle. KF derva klijuoti bandiniai parodė ganėtinai neblogas sanklijos stiprio reikšmes. Prie 150 °C buvo pasiektas net 3.7 MPa stipris. Tačiau pastebima, jog kylant kaitinimo temperatūrai, sanklijos stipris mažėjo taip pat ganėtinai greitai. Jau ties 70 °C temperatūra sanklijos stipris buvo net 50 % mažesnis nei prie 20 °C.



32 pav. KF derva klijuotų bandinių sanklijos stiprio priklausomybė nuo aplinkos temperatūros poveikio bandant pagal LST EN 14257 standarto seką Nr. 1

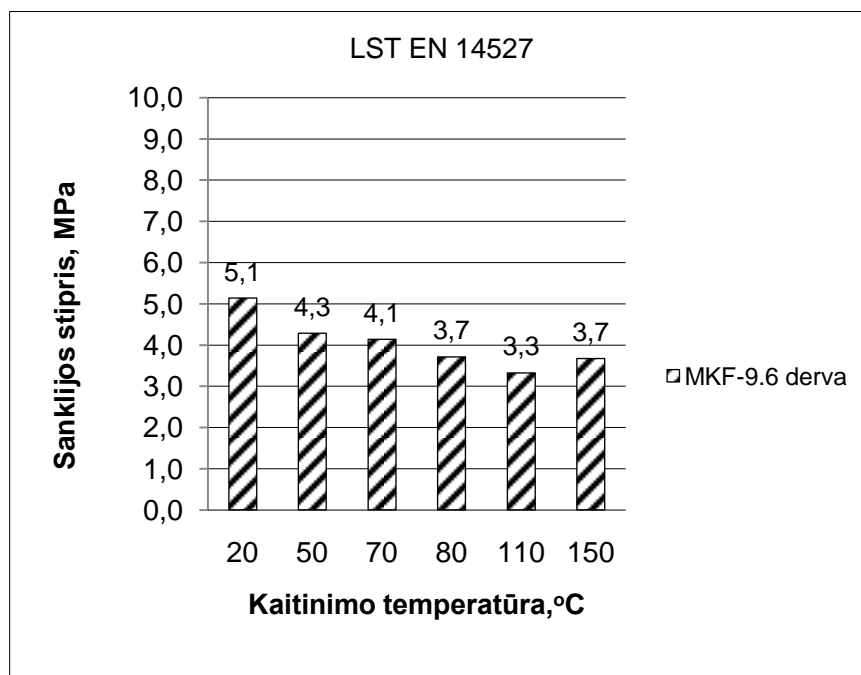
MKF-3.6 dervos sanklijos stiprio reikšmės (žr. 33 pav.), kylant temperatūrai mažėja ne taip stipriai kaip KF dervos. Temperatūrai pakilus nuo 20 °C iki 50 °C, stipris sumažėjo vos 4 %. O temperatūrai pakilus iki 70 °C stipris sumažėjo 33,4%. Ties 80 °C stipris padidėjo ir paskui palengva vėl mažėjo, kol prie 150 °C kaitinimo temperatūros sanklijos stiprio reikšmė buvo 3,3 MPa.





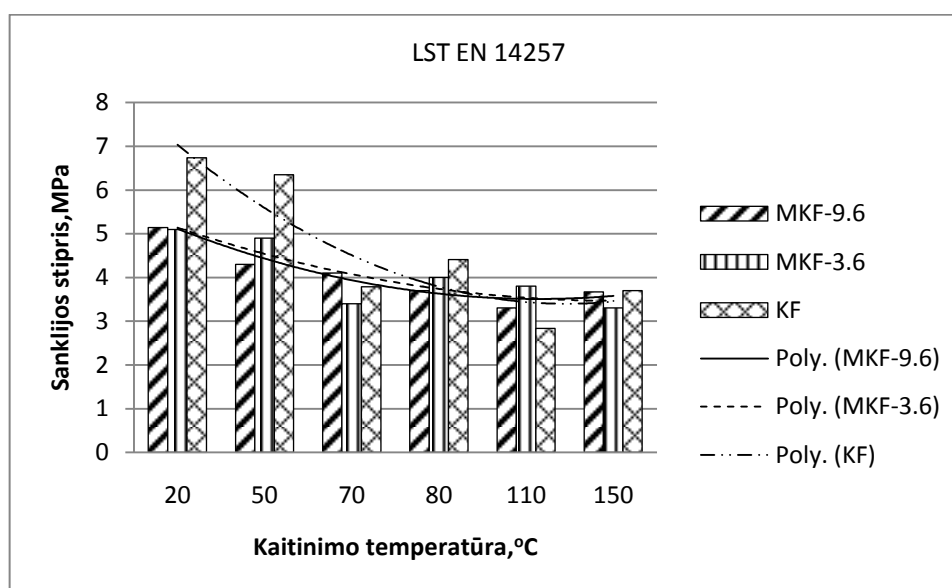
33 pav. MKF-3.6 derva klijuotų bandinių sanklijos stiprio priklausomybė nuo aplinkos temperatūros poveikio bandant pagal LST EN14257 standarto seką Nr. 1

MKF-9.6 derva klijuotų bandinių sanklijos stiprio mažėjimas išsidėsto ganėtinai tolygiai (žr. 34 pav.). Kaitinant 50 °C stipris gaunamas 15,7 % mažesnis nei prie 20 °C. Kylant temperatūrai iki 70 °C stipris pamažėja dar 4,7 %. Toliau taipogi mažėja po kelis procentus. O ties 150 °C truputį pakyla. Stiprio reikšmė prie šios temperatūros, sutampa su KF derva klijuotų bandinių stiprio reikšme.



34 pav. MKF-9.6 derva klijuotų bandinių sanklijos stiprio priklausomybė nuo aplinkos temperatūros poveikio bandant pagal LST EN s14257tandarto seką Nr. 1

Lyginant visas tris dervas tarpusavyje (žr. 35 pav.), matyti, jog didžiausius stiprio rezultatus parodė KF derva klijuoti bandiniai. Tačiau nepaisant to, iš polinominių kreivių matyti, jog MKF dervomis klijuotų bandinių stipris, kylant temperatūrai, mažėja ne taip intensyviai kaip KF derva klijuotų bandinių. O tai rodo, jog šios dervos gali suformuoti didesnę terminę stabilumą turinčias klijų sūles. Lyginant MKF-3.6 ir MKF-9.6 dervas tarpusavyje, pastebima, jog didesnę, t. y 9.6 % melamino kiekį turinti derva ne prie visų temperatūrų parodo geresnę sanklijos stiprį, tačiau prie aukščiausios, t. y 150 °C temperatūros, ja klijuotų bandinių stipris yra 10,9 % didesni nei 3.6 % melamino turinčios dervos bandinių.



35 pav. Skirtingomis dervomis klijuotų bandinių sanklijos stiprio priklausomybė nuo aplinkos temperatūros poveikio bandant pagal LST EN 14257 standarto seką Nr. 1

Panašūs tyrimai buvo atlikti TH Zurich'o statybinių medžiagų institute, su keliomis skirtingomis komercinėmis dervomis. Buvo pasirinkta karbamido formaldehidinė derva (KF), melamino formaldehidinė derva (MF), melamino karbamido formaldehidinė derva (MKF), fenolio rezorcino formaldehidinė derva (FRF), polivinilacetatinė derva (PVAc), emulsijos polimero izocianatas (EPI) vienkomponentė poliuretalinė derva (PUR). Bandymas buvo atliktas remiantis EN 302 standartu. Bandymui naudota beržo mediena. 25 kiekvienos dervos bandiniai buvo kaitinami 1 h 50 °C, 70 °C, 110 °C, 150 °C, 200 °C ir 220 °C temperatūrose ir nustatomas jų stipris bei suirimo tipas (įvertintas procentais). (žr. 10, 11 lent) Taip pat, kaip atskaitos taškas buvo išmatuotas neklijuotos beržo medienos tempiamasis stipris [52].

10 lentelė. Skirtingomis dervomis klijuotų bandinių, kaitintų skirtingose temperatūrose, sanklijos stiprio bei standartinio nuokrypio reikšmės [52]

Temperatūra (°C)	Šlyties stipris T(MPa)/ Standartinis nuokrypis S	Beržas	EPI	MF	MKF	FRF	PUR 1	PUR 2	PUR 3	PVAc	KF
20	Šlyties stipris T(MPa)	14,96	12,7 2	12,5 0	12,25	14,65	12,15	13,17	13,35	12,07	14,86
	Standartinis nuokrypis S	3,54	1,72	1,54	2,44	1,92	1,02	1,05	1,98	1,38	3,15
50	Šlyties stipris T(MPa)	13,90	11,7 0	11,8 1	12,54	14,95	8,94	11,76	11,30	4,90	13,39
	Standartinis nuokrypis S	3,36	1,12	1,17	2,47	2,08	1,31	1,05	0,98	1,31	1,55
70	Šlyties stipris T(MPa)	13,14	10,2 8	11,0 3	11,36	13,33	8,34	11,45	9,38	3,93	11,27
	Standartinis nuokrypis S	2,73	1,10	1,27	1,52	1,84	0,98	0,94	1,77	0,87	2,42
110	Šlyties stipris T(MPa)	10,89	10,8 2	10,5 3	8,75	10,86	9,56	11,86	10,87	3,90	11,48
	Standartinis nuokrypis S	1,03	1,72	1,84	2,46	1,51	1,55	2	1,22	1,43	2,45
150	Šlyties stipris T(MPa)	12,71	9,31	10,7 2	9,01	12,55	9,31	11,33	11,12	2,23	10,77
	Standartinis nuokrypis S	3,77	1,79	1,65	3,32	2,53	1,06	1,40	1,28	1	1,75
200	Šlyties stipris(MPa)	9,57	7,46	8,80	9,11	10,1	7,94	9,57	8,56	0,96	6,59
	Standartinis nuokrypis S	1,96	0,86	1,54	2,76	1,88	1,79	1,38	1,69	0,51	2,41
220	Šlyties stipris(MPa)	5,56	4,21	5,85	5,38	5,70	2,19	6,87	4,22	0,89	0,89
	Standartinis nuokrypis S	1,46	0,59	0,92	1,23	1,07	0,78	0,89	1,53	0,31	0,64

11 lentelė. Medienos procentinė suirtis per klijų siūlę veikiant skirtingoms temperatūroms [52]

Temperatūra (°C)	Medienos suirtis(%)									
	EPI	MF	MKF	FRF	PUR1	PUR2	PUR3	PVAc	KF	
20	90	100	100	90	40	90	20	80	100	
50	100	100	100	90	10	90	0	0	80	
70	70	100	100	90	10	90	0	0	70	
110	90	100	100	100	20	90	70	0	100	
150	90	100	100	100	20	100	40	0	60	
200	40	100	100	100	40	100	40	0	70	
220	40	100	70	100	0	90	20	0	0	

Lyginant tiek užsienio mokslininkų tiek šiame darbe pateiktus tyrimų rezultatus pastebima, jog abiem atvejais visos dervos išlaikė bendrą sanklijos stiprio mažėjimo tendenciją kylant kaitinimo temperatūrai, tačiau buvo išimčių, kuomet prie didesnės kaitinimo temperatūros gautos stiprio reikšmės buvo šiek tiek didesnės nei prie mažesnės kaitinimo temperatūros. KF derva taip pat abiem atvejais parodė gerus sanklijos stiprio rezultatus. Dar vienas pastebėjimas, jog užsieny atlikto tyrimo rezultatuose galima taip pat išvelgti melamino, kaip modifikuojančio priedo, naudą KF dervai, nes prie pačių aukščiausių temperatūrų šiomis dervomis klijuotų bandinių stipris buvo didesnis. Taigi galima teigti, jog melamino, kaip priedo, įvedimas į KF dervą gali padidinti medienos ir klijų adheziją ir atsparumą temperatūros poveikiui.

#### **4. REZULTATŲ PRAKTINIO ĮGYVENDINIMO SIŪLYMAI**

Atlikti pradiniai tyrimai leidžia įsivaizduoti kurios KF dervos savybės ją modifikavus melaminu, gali pagerėti, kurios pablogėti, o kurios galbūt išvis nepakisti. Galima susidaryti bendrą vaizdą apie kokybę gaminių, kurie būtų klijuojami tokiomis dervomis. Tokie tyrimai naudingi siekiant susidaryti tolimesnį tikslesnį tyrimų planą, kuris galbūt būtų orientuotas konkrečiai į kurios nors klijų savybės pagerinimą.

Gauti rezultatai gali būti panaudoti teoriškai, nagrinėjant melaminu modifikuotas dervas. Vienas iš esminių tikslų, kodėl buvo tiriamos šios modifikuotos dervos, buvo klijų atsparumas drėgmei. Nustatyta, jog šiomis dervomis klijuotų bandinių sanklijos stipris po tam tikrų hidroterminių apdorojimų yra ganėtinai neblogas, tačiau nepakankamas, kad atitiktų C4 klijų atsparumo klasei keliamus reikalavimus. Todėl galima ieškoti būdų kaip pasiekti dar geresnių rezultų. Tai galėtų būti daroma didinant melamino kiekį dervoje, tačiau galimas variantas, kad jį tektų didinti labai ženkliai, kadangi 9,6 % melamino dervoje suformuoja tik 0,8 MPa stiprį turinčią klijų siūlę (pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 4 turi būti 4MPa). Tokiu būdu derva labai pabrangtų. Todėl galima apsvarstyti apie kitą variantą: derinti kelis modifikuojančius priedus, kurie sąveikoje vienas su kitu galėtų suformuoti drėgmei atsparią klijų siūlę. Galima būtų įvesti nano dydžio dalelių, tačiau šis būdas taipogi labai pabrangintų dervą.

Kadangi pastaruoju metu visuomenėje ekologija sudaro gan didelę reikšmę. Verta apie ją pamąstyti ir šiuo atveju. Literatūroje randama straipsnių apie šviežių medžio lapų ekstrakto panaudojimą modifikuojant klijus. Galbūt tai galėtų būti vienas iš būdų, kaip, sujungus kelis modifikuojančius priedus, šiuo atveju melaminą ir šviežių lapų ekstraktą, galima būtų nebrangiai pagerinti KF dervos savybes.

## IŠVADOS

1. KF dervų modifikavimas melaminu ženkliai sutrumpina klijų kietėjimo trukmę prie žemų temperatūrų. Prie aukštesnių temperatūrų melaminu modifikuotų KF dervų ir nemodifikuotos KF dervos kietėjimo trukmių skirtumas nežymus.
2. Melamino įvedimas į KF klįjus pagerina drėkinimą ir leidžia klįjams prasiskverbti giliau į medieną. Labiausiai melamino kaip vilgumo kampa gerinančio priedo įtaka matoma naudojant buko medieną. Kuo didesnis kiekis melamino dervoje, tuo geriau ji drėkina medieną.
3. MKF dervų atsparumas drėgmei priklauso nuo dervoje esančio melamino kiekio. Kuo didesnis melamino kiekis dervoje, tuo atsparesnė drėgmei klijų siūlė yra suformuojama.
4. MKF-3.6; MKF-6.1; MKF- 8.5; MKF-9.6; dervos atitinka LST EN 12765 standarto sekos Nr.3 reikalavimus. Tokiomis dervomis klįjuoti gaminiai galėtų Tokiomis dervomis klįjuoti gaminiai galėtų būti eksploatuojami vidaus patalpose, kuriose dažnai trumpai teka vanduo arba jos veikiamos kondensacijos ir (arba) labai didelio oro drėgno.
5. MKF-2.7; MKF-6.1; MKF- 8.5; MKF-9.6; MKF-3.6 dervos neatitinka LST EN 12765 sekos Nr. 4 reikalavimų. Tokiomis dervomis klįjuoti gaminiai negalėtų būti eksploatuojami vidaus patalpose, kur dažnai ir ilgai teka vanduo arba jos veikiamos kondensacijos bei išorėje su paviršių uždengiančia apsauga, kuri veikiama klimatinių sąlygų.
6. Melamino įvedimas į KF dervos sudėtį leidžia taikant skirtingus klįjavimo režimus gauti tokį patį arba labai panašų sanklijos stiprį. Todėl klįjuojant galima trumpinti klįjavimo trukmę ir didinti temperatūrą arba atvirkščiai – mažinti klįjavimo temperatūrą ir ilginti klįjavimo trukmę.
7. Skirtingas melamino kiekis dervoje vienaip įtakoja dervos elgseną, kuomet yra išbandomi sausi ir kitaip, kuomet išbandomi drėgmės paveikti bandiniai. Kuomet išbandomi sausi bandiniai, stipresnę klijų siūlę suformuoja mažesnę melamino kiekį turinti derva, o kuomet išbandomi drėgmės paveikti bandiniai, stipresnę klijų siūlę suformuoja didesnę melamino kiekį turinti derva.
8. Tiek modifikuotomis KF dervomis, tiek nemodifikuota KF derva klįjuotų bandinių, kurie nepaveikti drėgmės, sanklijos stipris turi tendenciją didėti kylant klįjavimo temperatūrai. Prie įvairių klįjavimo temperatūrų, MKF derva, turinti nedidelį kiekį melamino, gali suformuoti panašų ar net geresnę sanklijos stiprį turinčias klijų siūles nei KF derva. Didesnis kiekis melamino dervoje klijų sausų bandinių siūlės stiprį sumažina.
9. Melaminu modifikuotomis dervomis klįjuotų, drėgmės paveiktų bandinių sanklijos stipris turi tendenciją didėti kylant klįjavimo temperatūrai, tačiau jis kinta labai nežymiai. Todėl

klijuojant galima taikyti ir žemesnes kljavimo temperatūras. Daugiau melamino turinti derva suformuoja stipresnę klijų siūlę prie įvairių kljavimo temperatūrų.

10. Melamino kaip modifikuojančio priedo įvedimas į dervą gali leisti sutrumpinti kljavimo trukmę nedidinant kljavimo temperatūros.
11. Melaminu modifikuotos KF dervos gali suformuoti didesnį klijų stabilumą turinčias klijų siūles negu nemodifikuota KF derva. Tai reškia, jog didėjant aplinkos temperatūrai, modifikuotomis dervomis klijuotų bandinių stipris mažėja ne taip intensyviai kaip klijuotų nemodifikuota KF derva.
12. Modifikavus KF dervą melaminu, gali būti suformuojama ganėtinai gerą stiprį prie aukštų aplinkos temperatūrų išlaikanti klijų siūlė.

## LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Roger M. Rowell. Wood chemistry and wood composites. CRC Press, 2005, p. 219-26.
2. P. Christjanson, K. Siimer, T. Pehk, I. Lasn. Structural changes in urea-formaldehyde resins during storage. Holz als Roh- und Werkstoff 60, 2002, p.379–384.
3. Chung-Yun Hse, Zhi-Yuan Xia, Bunichiro Tomita Effects of Reaction pH on Properties and Performance of Urea-Formaldehyde Resins Volume 48, Issue 6, 1994.
4. LST EN 12092:2003.Klijai. Klampumo nustatymas.
5. M. Dunky. Ureaformaldehyde (UF) adhesive resins for wood. International Journal of Adhesion & Adhesives 18, 1998, p.95-107.
6. Joo M.M.Ferra, MartinOhlmeyer, Ade'lio M.Mendes, Ma'rioRuiN.Costa, LuisaH.Carvalho, Fernao D.Magalhaes. Evaluation of urea-formaldehyde adhesives performance by recently developed mechanical tests. International Journal of Adhesion & Adhesives 31, 20111, p. 27–134.
7. [http://www.realierdve.lt/index.php?option=com\\_content&view=article&id=176](http://www.realierdve.lt/index.php?option=com_content&view=article&id=176).
8. IS 15684 (2006): Extenders for use in synthetic resin adhesives (Urea-Formaldehyde) for plywood - Code of practice
9. S. M. Anisuzzaman, Awang Bono, Duduku Krishnaiah, Noor Maizura Ismail, Helvie Mansuit. The Performance of Melamine Urea Formaldehyde (MUF) Based Particleboard with Wheat Flour as Filler. Jurnal Teknologi 04/2014;, p. 68(1)
10. Amine Moubarik a, Hamid Reza Mansouri b, Antonio Pizzi c, Ahmed Allal d, Fatima Charrier d, Miguel Angel Badia e, Bertrand Charrier d. Evaluation of mechanical and physical properties of industrial particleboard bonded with a corn flour–urea formaldehyde adhesive. Composites: Part B 44,2013, p. 48–51.
11. <http://www.achema.lt/karbamido-formaldehido-dervos>.
12. Joaõ Custo' dio, James Broughton, Helena Cruz. A review of factors influencing the durability of structural bonded timber joints. International Journal of Adhesion & Adhesives 29, 2009, p.173– 185.
13. R Bainbridge' C Mettem, K Harvey, M Ansell' Bonded-in rod connections for timber structures—development of design methods and test observations.International Journal of Adhesion and Adhesives. Volume 22, Issue 1, 2002, p. 47–59.
14. Pizzi A, Mittal KL. Handbook of adhesive technology. 2nd ed. CRC Press LLC; 2003.
15. Lijun Qiao, Allan J. Easteal, Clive J. Bolt, Philip K. Coveny, Robert A. Franich. Improvement of the water resistance of poly(vinyl acetate) emulsion wood adhesive, Pigment & Resin Technology, Vol. 29 Iss: 3, 2000 p. 152 – 158.

16. Wheeler AS, Hutchinson AR. Resin repairs to timber structures. *Int J Adhes Adhes* 1998, 18(1) p. 1–13.
17. Falkner H, Teutsch M Load-carrying capacity of glued laminated wood girders under temperature influence. *Bautechnik*.83(6), 2006, p. 391–393.
18. Andrea Frangi, Mario Fontana, Erich Hugi, Robert Jobstl. Experimental analysis of cross-laminated timber panels in fire. *Fire Safety Journal* 44,2009, p.1078–1087.
19. Andrea Frangi E Mario Fontana E Adrian Mischler. Shear behaviour of bond lines in glued laminated timberbeams at high temperatures. *Wood Sci Technol*, 38;2004, p. 119 -126.
20. Frangi A, Fontana M. Shear behaviour of bond lines in glued laminated timber beams at high temperatures. *Wood Sci Technol*; 38; 2004, p. 119–26.
21. J. Hrázský, P. Král. Determination of the pressing parameters of spruce-water-resistant plywood. *JOURNAL OF FOREST SCIENCE*, 53, 2007 (5): p. 231–242.
22. Menandro N. Acda, Edgar E. Devera, Rico J. Cabangon, Henry J. Ramos. Effects of plasma modification on adhesion properties of wood. *International Journal of Adhesion & Adhesives* 32; 2012, p.70–75.
23. Douglas J. Gardner. Adhesion mechanism of durable wood adhesive bonds. Characterization of the cellulosic cell wall. Chapter 19.
24. John Z. Lu, Qinglin Wu surface and interfacial characterization of wood-pvc Composite: imaging morphology and wetting behavior *Wood and Fiber Science*, 37(1), 2005, p. 95–111.
25. J. Shields. *Adhesives handbook*. 2013, p. 24- 28.
26. Mariusz Ł. Mamin' ski Jerzy Pawlicki. Improved Water Resistance and Adhesive Performance of a Commercial UF Resin Blended with Glutaraldehyde. *The Journal of Adhesion*, 82: 2006, p.629–641.
27. Dorota Dziurka, Radosław Mirski. UF-pMDI Hybrid Resin for Waterproof Particleboards Manufactured at a Shortened Pressing Time. Original scientific paper. 2010
28. Shin -ichiro Tohmura, Akio Inoue, Siti Hanim Sahari. Influence of the melamine content in melamine- urea- formaldehyde resins on formaldehyde emission and cured resin structure. *J. Wood Sci.* 47: 2005, p. 451-457.
29. Awang Bono, Yeo Kiam Beng, Nancy Julius Siambun. Melamine-urea-formaldehyde (muf) resin: the effect of the number of reaction stages and mole ratio on resin properties. *Jurnal teknologi*, 38(f) jun. 2003, p. 43–52.
30. P.E. DIM. Application of Keratin-Modified Urea-Formaldehyde Resin for Bonding Particleboard. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(12);2011., p. 196-200.
31. Chung -Yun Hse Feng Fu Hui Pan. Melamine-modified urea formaldehyde resin for bonding particleboards. *Forest products journal*. 2008, p. 56-61.



32. Chu Jiurong (College of Chemical Engineering, Xi' an Jiaotong University, Xi' an, Urea-formaldehyde Resin Adhesive starch oxidized starch water-resistance less - poisonous. China adhesives. 1999
33. Johannes Konnert, Wolfgang Gindl. Mechanical characterisation of wood-adhesive interphase cell walls by nanoindentation. Volume 60, Issue 4, p 429–433 ISSN.2006
34. Hong Lei, Guanben Du, Antonio Pizzi, A. Celzard. Influence of Nanoclay on Urea-Formaldehyde Resins for Wood Adhesives and Its Model. Journal of Applied Polymer Science, Vol. 109, 2008, p. 2442–2451.
35. Nataša Čuk, Matjaž Kunaver, Sergej Medved. Properties of particleboards made by using an adhesive with added liquefied wood. ISSN 1580-2949 Original scientific article/Izvirni znanstveni ~lanek mtaec9, 45(3) 2011, p.241.
36. M. Prestifilippo, A. Pizzi, H. Norback, P. Lavicski. Low addition of melamine salt for improved UF adhesive water resistance. Springer. 1996, p. 393-398.
37. Andrea weinstabl, wolfgang h. Binder, heinrich gruber, wolfgang kantner. Melamine Salts as Hardeners for Urea Formaldehyde Resins. Journal of Applied Polymer Science, Vol. 81, 2001, p.1654–166.
38. S. Wang, A. Pizzi. Waste nylon fibre hardener for improved UF wood adhesive water resistance. Springer- Verlag. 1997, p. 91-95.
39. X. Zhou, H.A. Essawy, A. Pizzia, X. Li, K. Rode, W. Radke and G. Du. Upgrading of MUF adhesives for particleboard production using oligomers of hyperbranched poly(amine-ester) Journal of Adhesion Science and Technology, Vol. 27, No. 9, 2013, p. 1058–1068.
40. M. Zanetti, A. Pizzi, C. Kamoun. Upgrading of MUF particleboard adhesives and decrease of melamine content by buffer and additives. Springer-Verlag, 200, p. 55–65.
41. Kadir Ozkaya, Nadir Ayrilmis, Taner Dizel, Hasan Ozgur Imirzi. Utilization of extract of fresh tree leaves as extender in synthetic adhesives for laminated veneer lumber (LVL). Industrial Crops and Products 44 2013, p. 67– 7.
42. Sebastian Clauß, Matus Joscak, Peter Niemz. Thermal stability of glued wood joints measured by shear tests. Received: 28 July 2009 / Published
43. Bruce Duncan, Richard Mera, Doug Leatherdale, Mark Taylor, Russell Musgrove. Techniques for characterising the wetting, coating and spreading of adhesives on surfaces
44. <http://www.umeqa.lt/index.php?cid=3000>.
45. A. Barkauskas, Klijuotų medžiagų ir plokščių technologijos laboratoriniai darbai. Kaunas. 1976
46. Agnieszka Jankowska, Paweł Kozakiewicz. Comparison of thermal properties of selected wood species from Africa. Forestry and Wood Technology № 82, 2013, p. 335-338.

47. LST 12765 Termoreaktyviųjų medienos klijų, netaikomų konstrukcijoms klasifikavimas.
48. LST EN 14257 Klijai. Medienos klijai. Užleistinių sujungimų tempiamojo stiprio padidintoje temperatūroje nustatymas (WATT'91).
49. S. R. Shukla, D. Pascal Kamdem. Properties of laboratorymade yellowpoplar(*Liriodendron tulipifera*) laminated veneer lumber:effect of the adhesives. *Eur.J. Wood Prod.* 2009, 67: p. 397–405.
50. Micael Stehr, Douglas J. Gardner, & Magnus E. P. Wålinde. Dynamic Wettability of Different Machined Wood Surfaces. *J. Adhesion*, 2001, Vol. 76, p. 185-200.
51. Pavlo Bekhta, Salim Hizirogl, Olga Potapova 1 and Jan Sedliacik. Shear strength of exterior plywood panels pressed at low temperatures. *Materials* 2009, 2, p. 876-882;
52. Sebastian Clauß, Matus Joscak, Peter Niemz. Thermal stability of glued wood joints measured by shear tests. Received: 28 July 2009 / Published.

## **PRIEDAI**

## 1 PRIEDAS

### Klijų siūlės atsparumo drėgmei bandymų duomenys

Bandymai atlikti remiantis LST EN 12765 standarto seka Nr. 3 ir Nr. 4

Bandymui naudotos medienos rūšis – bukas

*l lentelė. MKF-2.7 dervos bandymo duomenys ( LST EN 12765 standarto seka Nr. 3)*

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, Fmax, N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, mm <sup>2</sup>	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	230	20,0	10,0	200,0	atmesta	
1.2	321	20,0	10,0	200,0	atmesta	
1.3	386	20,0	10,0	200,0	atmesta	
1.4	959	20,0	10,0	200,0	4,8	0
1.5	47	20,0	10,0	200,0	atmesta	
2.1	586	20,0	10,0	200,0	2,9	10
2.2	371	20,0	10,0	200,0	atmesta	
2.3	724	20,0	10,0	200,0	3,6	10
2.4	883	20,0	10,0	200,0	4,4	100
2.5	842	20,0	10,0	200,0	4,2	0
3.1	539	20,0	10,0	200,0	2,7	0
3.2	692	20,0	10,0	200,0	3,5	0
3.3	677	20,0	10,0	200,0	3,4	0
3.4	597	20,0	10,0	200,0	3,0	0
3.5	889	20,0	10,0	200,0	4,4	0
4.1	1051	20,0	10,0	200,0	5,3	10
4.2	1480	20,0	10,0	200,0	atmesta	
4.3	1533	20,0	10,0	200,0	atmesta	
4.4	1330	20,0	10,0	200,0	atmesta	
4.5	842	20,0	10,0	200,0	4,2	0
Viso bandinių n =					12	
Mažiausias suklijavimo stipris Tmin =					2,7 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris Tmax =					5,3 MPa	
Suirties per medieną vidurkis =					10,8 %	
Vidutinis suklijavimo stipris Tvid =					3,9 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis S =					0,81	
Variacijos koefic. V =					20,8 %	

2 lentelė. MKF-3.6 dervos bandymo duomenys (LST EN 12765 standarto seka Nr. 3)

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, Fmax, N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, mm <sup>2</sup>	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną, %
1.1	1051	20,0	10,0	200,0	5,3	40
1.2	327	20,0	10,0	200,0	atmesta	
1.3	1042	20,0	10,0	200,0	5,2	0
1.4	1507	20,0	10,0	200,0	atmesta	
1.5	1086	20,0	10,0	200,0	5,4	10
2.1	1127	20,0	10,0	200,0	5,6	30
2.2	1327	20,0	10,0	200,0	atmesta	
2.3	1210	20,0	10,0	200,0	6,1	60
2.4	980	20,0	10,0	200,0	4,9	10
2.5	1009	20,0	10,0	200,0	5,0	20
3.1	618	20,0	10,0	200,0	3,1	0
3.2	506	20,0	10,0	200,0	atmesta	
3.3	697	20,0	10,0	200,0	3,5	0
3.4	948	20,0	10,0	200,0	4,7	10
3.5	780	20,0	10,0	200,0	3,9	0
4.1	1446	20,0	10,0	200,0	atmesta	
4.2	1633	20,0	10,0	200,0	atmesta	
4.3	795	20,0	10,0	200,0	4,0	0
4.4	792	20,0	10,0	200,0	4,0	10
4.5	1466	20,0	10,0	200,0	atmesta	
Viso bandinių n =					13	
Mažiausias suklijavimo stipris Tmin =					3,1 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris Tmax =					6,1 MPa	
Suirties per medieną vidurkis =					14,6 %	
Vidutinis suklijavimo stipris Tvid =					4,7 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis S =					0,90	
Variacijos koefic. V =					19,3 %	

3 lentelė. MKF-6.1 dervos bandymo duomenys (LST EN 12765 standarto seka Nr. 3)

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $mm^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	1190	20,0	10,0	200,0	6,0	60
1.2	1080	20,0	10,0	200,0	5,4	50
1.3	1487	20,0	10,0	200,0	7,4	100
1.4	1628	20,0	10,0	200,0	8,1	70
1.5	1290	20,0	10,0	200,0	6,5	10
2.1	1548	20,0	10,0	200,0	7,7	10
2.2	2097	20,0	10,0	200,0	atmesta	
2.3	2030	20,0	10,0	200,0	atmesta	
2.4	943	20,0	10,0	200,0	4,7	10
2.5	301	20,0	10,0	200,0	atmesta	
3.1	991	20,0	10,0	200,0	5,0	0
3.2	1217	20,0	10,0	200,0	6,1	0
3.3	1193	20,0	10,0	200,0	6,0	0
3.4	1011	20,0	10,0	200,0	5,1	0
3.5	930	20,0	10,0	200,0	4,7	0
4.1	1189	20,0	10,0	200,0	5,9	60
4.2	1255	20,0	10,0	200,0	6,3	20
4.3	1358	20,0	10,0	200,0	6,8	90
4.4	1493	20,0	10,0	200,0	7,5	50
4.5	918	20,0	10,0	200,0	4,6	100
Viso bandinių $n =$				17		
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{min} =$				4,6 MPa		
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{max} =$				8,1 MPa		
Suirties per medieną vidurkis =				37,1 %		
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{vid} =$				6,1 MPa		
Vid. kvadrat.nuokrypis $S =$				1,13		
Variacijos koefic. $V =$				18.5 %		

4 lentelė. MKF-6.1 dervos bandymo duomenų statistiniai rodikliai(LST EN 12765 standarto seka Nr. 4)

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, Fmax, N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, mm <sup>2</sup>	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.6	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		
1.7	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		
1.8	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		
1.9	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		
1.10	227	20,0	10,0	200,0	1,1	0
2.6	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		
2.7	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		
2.8	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		
2.9	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		
2.10	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		
3.6	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		
3.7	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		
3.8	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		
3.9	136	20,0	10,0	200,0	0,7	0
3.10	159	20,0	10,0	200,0	0,8	0
4.6	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		
4.7	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		
4.8	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		
4.9	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		
4.10	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		
Viso bandinių n =					3	
Mažiausias suklijavimo stipris Tmin =					0,7 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris Tmax =					1,1 MPa	
Suirties per medieną vidurkis =					0,0	
Vidutinis suklijavimo stipris Tvid =					0,9 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis S =					0,24	
Variacijos koefic. V =					27,2 %	

5 lentelė. MKF-8.5 dervos bandymo duomenys (LST EN 12765 standarto seka Nr. 3)

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $mm^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	1476	20,0	10,0	200,0	7,4	100
1.2	283	20,0	10,0	200,0	atmesta	
1.3	824	20,0	10,0	200,0	4,1	30
1.4	1082	20,0	10,0	200,0	5,4	30
1.5	1368	20,0	10,0	200,0	6,8	30
2.1	1458	20,0	10,0	200,0	7,3	20
2.2	1300	20,0	10,0	200,0	6,5	10
2.3	1367	20,0	10,0	200,0	6,8	0
2.4	1793	20,0	10,0	200,0	9,0	10
2.5	1709	20,0	10,0	200,0	8,5	10
3.1	1294	20,0	10,0	200,0	6,5	0
3.2	1376	20,0	10,0	200,0	6,9	0
3.3	nedapjauta	20,0	10,0	200,0	atmesta	
3.4	nedapjauta	20,0	10,0	200,0	atmesta	
3.5	nedapjauta	20,0	10,0	200,0	atmesta	
4.1	995	20,0	10,0	200,0	5,0	0
4.2	1043	20,0	10,0	200,0	5,2	0
4.3	755	20,0	10,0	200,0	3,8	0
4.4	912	20,0	10,0	200,0	4,6	0
4.5	nedapjauta	20,0	10,0	200,0	atmesta	
Viso bandinių $n =$					15	
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{min} =$					3,8 Mpa	
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{max} =$					9,0 Mpa	
Suirties per medieną vidurkis =					16,0 %	
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{vid} =$					6,3 Mpa	
Vid. kvadrat.nuokrypis $S =$					1,54	
Variacijos koefic. $V =$					24,6 %	



6 lentelė. MKF-8.5 dervos bandymo duomenų statistiniai rodikliai(LST EN 12765 standarto seka Nr. 4)

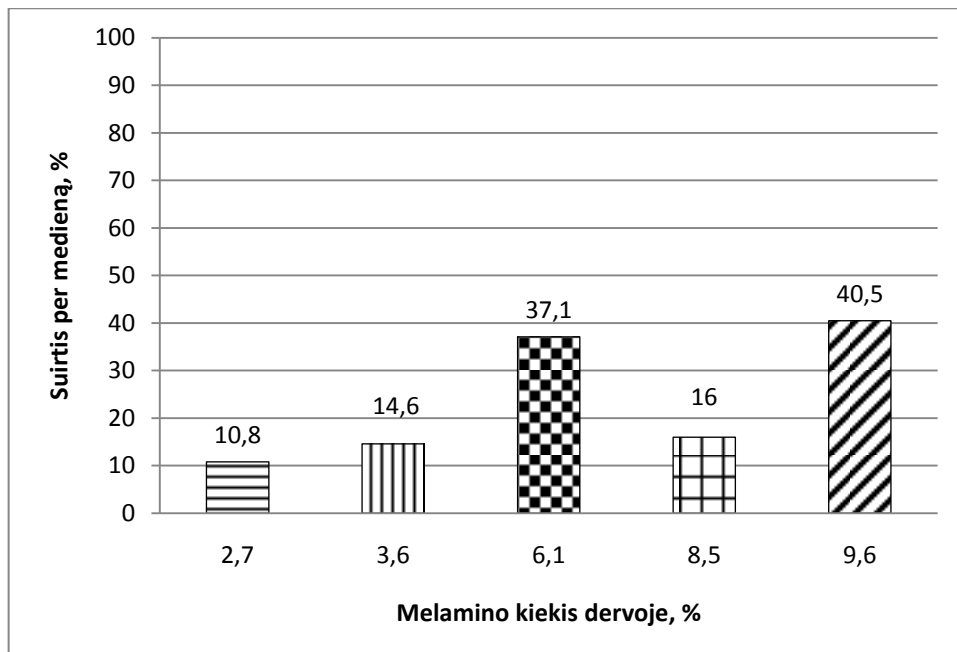
Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, Fmax, N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, mm <sup>2</sup>	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.6	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		
1.7	194	20,0	10,0	200,0	1,0	0
1.8	126	20,0	10,0	200,0	0,6	0
1.9	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		
1.10	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		
2.6	332	20,0	10,0	200,0	atmesta	0
2.7	184	20,0	10,0	200,0	0,9	0
2.8	181	20,0	10,0	200,0	0,9	0
2.9	228	20,0	10,0	200,0	1,1	0
2.10	463	20,0	10,0	200,0	atmesta	0
3.6	43	20,0	10,0	200,0	0,2	0
3.7	123	20,0	10,0	200,0	0,6	0
3.8	129	20,0	10,0	200,0	0,6	0
3.9	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		
3.10	53	20,0	10,0	200,0	0,3	0
4.6	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		
4.7	135	20,0	10,0	200,0	0,7	0
4.8	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		
4.9	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		
4.10	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		
Viso bandinių n =					10	
Mažiausias suklijavimo stipris Tmin =					0,2 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris Tmax =					1,1 MPa	
Suirties per medieną vidurkis =					0,0 %	
Vidutinis suklijavimo stipris Tvid =					0,7 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis S =					0,30	
Variacijos koefic. V =					42,6 %	

7 lentelė. MKF-9.6 dervos bandymo duomenys (LST EN 12765 standarto seka Nr. 3)

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $mm^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	1299	20,0	10,0	200,0	6,5	20
1.2	1811	20,0	10,0	200,0	9,1	20
1.3	1688	20,0	10,0	200,0	8,4	50
1.4	1334	20,0	10,0	200,0	6,7	50
1.5	1662	20,0	10,0	200,0	8,3	50
2.1	1236	20,0	10,0	200,0	6,2	20
2.2	1904	20,0	10,0	200,0	9,5	20
2.3	2071	20,0	10,0	200,0	10,4	30
2.4	1957	20,0	10,0	200,0	9,8	50
2.5	1270	20,0	10,0	200,0	6,4	20
3.1	2009	20,0	10,0	200,0	10,0	60
3.2	1872	20,0	10,0	200,0	9,4	40
3.3	2105	20,0	10,0	200,0	10,5	90
3.4	1870	20,0	10,0	200,0	9,4	80
3.5	1858	20,0	10,0	200,0	9,3	70
4.1	1115	20,0	10,0	200,0	5,6	80
4.2	1307	20,0	10,0	200,0	6,5	30
4.3	1381	20,0	10,0	200,0	6,9	10
4.4	1065	20,0	10,0	200,0	5,3	20
4.5	1241	20,0	10,0	200,0	6,2	0
Viso bandinių $n =$					20	
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{min} =$					5,3 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{max} =$					10,5 MPa	
Suirtis per medieną =					40,5 %	
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{vid} =$					8,0 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis $S =$					1,75	
Variacijos koefic. $V =$					21,8 %	

8 lentelė. MKF-9.6 dervos bandymo duomenų statistiniai rodikliai(LST EN 12765 standarto seka Nr. 4)

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, Fmax, N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, mm <sup>2</sup>	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.6	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		0
1.7	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		0
1.8	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		0
1.9	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		0
1.10	441	20,0	10,0	200,0	atmesta	0
2.6	177	20,0	10,0	200,0	0,9	0
2.7	205	20,0	10,0	200,0	1,0	0
2.8	63	20,0	10,0	200,0	0,3	0
2.9	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		
2.10	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		
3.6	76	20,0	10,0	200,0	0,4	0
3.7	167	20,0	10,0	200,0	0,8	0
3.8	47	20,0	10,0	200,0	atmesta	
3.9	239	20,0	10,0	200,0	1,2	0
3.10	218	20,0	10,0	200,0	1,1	0
4.6	365	20,0	10,0	200,0	atmesta	
4.7	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		0
4.8	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		0
4.9	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		0
4.10	Iširo virinant	20,0	10,0	200,0		0
Viso bandinių, n =					7	
Mažiausias suklijavimo stipris, Tmin =					0,3 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris, Tmax =					1,2 MPa	
Suirtis per medieną =					0,0 %	
Vidutinis suklijavimo stipris Tvid =					0,8 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis S =					0,34	
Variacijos koefic. V =					42,0%	



*1 pav. Procentinės bandinių suirties per Medieną priklausomybė nuo modifikuojančio priedo (melamino) kiekio dervoje pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 3*

## 2 PRIEDAS

### Dervų kietėjimo trukmės nustatymo duomenys

1 lentelė. Klijų kietėjimo priklausomybė nuo temperatūros

Temperatūra, °C	Klijų kietėjimo trukmė, s		
	KF	MKF-3.6	MKF-9.6
75	603	505,2	497,4
100	208,2	193,2	186
125	127,8	125,4	120,6
150	81	78,6	77,4

### 3 PRIEDAS

#### Vilgumo kampo nustatymo rezultatai

1 lentelė. MKF-9.6 dervos vilgumo kampai, išreikšti laipsniais, naudojant skirtingų biologinių rūšių medienos tamgentinius paviršius

Trukmė, s	Vilgumo kampas laipsniais, kai naudojama mediena		
	BERŽO	PUŠIES	BUKO
1	91,2	104,4	109,6
2	89,4	90,4	84,8
3	83,9	88,3	79,1
4	83,7	86,2	70,3
5	81,8	71,1	66,9
10	78,9	66	58,4
20	67,3	57,1	56,5
30	63,7	54,9	49,9
40	61,8	52,2	45,8
50	60,2	48,2	43,4
60	59,6	47,9	41,6
200	54,9	47,5	33,7
400	49,9	43,2	33,4
600	45,6	39,3	32,6

2 lentelė. MKF-3.6 dervos vilgumo kampai, išreikšti laipsniais, naudojant skirtingų biologinių rūšių medienos tamgentinius paviršius

Trukmė, s	Vilgumo kampas laipsniais, kai naudojama mediena		
	BERŽO	PUŠIES	BUKO
1	114,4	103,2	104
2	99,7	93,1	94,8
3	99,1	92,6	78,5
4	83,6	82,4	78,1
5	79,6	77,1	75
10	71,7	67,2	69,6
20	70	63,2	65,7
30	69,9	59,4	65,2
40	64	54	58,2
50	59,7	51,9	58
60	58,2	49,8	58,8
200	51,3	48,7	50,9
400	47,5	46,2	45,6
600	43,8	42,5	43,6

3 lentelė. KF dervos vilgumo kampai, išreikšti laipsniais, naudojant skirtingų biologinių rūšių medienos tamgentinius paviršius

Trukmė, s	Vilgumo kampas laipsniais, kai naudojama mediena		
	BERŽO	PUŠIES	BUKO
1	104,9	117,5	87,1
2	97,2	93,9	76,8
3	96,7	92,8	73,9
4	85,9	85,1	72,2
5	76,2	76,7	71,8
10	71,9	72,5	69,4
20	70,3	61,4	66,6
30	68,9	59,4	64,2
40	66,7	52,1	60,1
50	61,1	50,5	57,2
60	59,6	49,1	55,8
200	56,7	47,6	46,6
400	54	40,3	44,4
600	52,4	39	43,5

## 4 PRIEDAS

### Skirtingais režimais klijuotų beržo medienos bandinių sanklijos stiprio tyrimo duomenys

Bandymas atliktas remiantis LST EN 12765 standarto seka Nr. 1 ir Nr. 3

Bandymui naudotos medienos rūšis – beržas.

Bandymas atliktas taikant du klijavimo režimus: T =8 min, t=12 5°C ir T =13 min, t=75 °C

*l lentelė. MKF-9.6 dervos bandymo duomenys ( LST EN 12765 standarto seka Nr.1;*

*T =8 min, t=125 °C)*

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, Fmax, N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, mm <sup>2</sup>	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	1857	20,0	10,0	200,0	9,3	50
1.2	1828	20,0	10,0	200,0	9,1	40
1.3	1984	20,0	10,0	200,0	9,9	60
1.4	2534	20,0	10,0	200,0	12,7	70
1.5	2299	20,0	10,0	200,0	11,5	60
1.6	2289	20,0	10,0	200,0	11,4	60
Viso bandinių n =					6	
Mažiausias suklijavimo stipris Tmin =					9,1 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris Tmax =					12,7 MPa	
Vidutinis suklijavimo stipris Tvid =					10,7 MPa	
Suirties per medieną vidurkis=					56,7 %	
Vid. kvadrat.nuokrypis S =					1,42	
Variacijos koefic. V =					13,3 %	



2 lentelė. MKF-9.6 dervos bandymo duomenys ( LST EN 12765 standarto seka Nr. 3;

$T = 8 \text{ min}$ ,  $t = 125 \text{ }^\circ\text{C}$ )

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{\max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $\text{mm}^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.7	598	20,0	10,0	200,0	3,0	40
1.8	atmesta	20,0	10,0	200,0	atmesta	
1.9	635	20,0	10,0	200,0	3,2	50
1.10	759	20,0	10,0	200,0	3,8	70
1.11	993	20,0	10,0	200,0	5,0	80
1.12	1043	20,0	10,0	200,0	5,2	80
Viso bandinių $n =$					6	
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{\min} =$					3,0 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{\max} =$					5,2 MPa	
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{\text{vid}} =$					4,1 MPa	
Suirties per medieną vidurkis =					64,0 %	
Vid. kvadrat.nuokrypis S =					1,57	
Variacijos koefic. V =					38,4%	

3 lentelė. MKF-9.6 dervos bandymo duomenys ( LST EN 12765 standarto seka Nr 1.;  $T = 13 \text{ min}$ ,

$t = 75^\circ\text{C}$ )

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{\max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $\text{mm}^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	1606	20,0	10,0	200,0	8,0	50
1.2	2299	20,0	10,0	200,0	11,5	50
1.3	1251	20,0	10,0	200,0	6,3	60
1.4	2254	20,0	10,0	200,0	11,3	40
1.5	1596	20,0	10,0	200,0	8,0	70
1.6	1583	20,0	10,0	200,0	7,9	50
Viso bandinių $n =$					6	
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{\min} =$					6,3 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{\max} =$					11,5 MPa	
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{\text{vid}} =$					8,8 MPa	
Suirties per medieną vidurkis =					53,3 %	
Vid. kvadrat.nuokrypis S =					2,09	
Variacijos koefic. V =					23,7 %	

4 lentelė. MKF-9.6 dervos bandymo duomenys ( LST EN 12765 standarto seka Nr. 3.;  $T = 13 \text{ min}$ ,  $t = 75^\circ \text{C}$ )

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{\max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $\text{mm}^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.7	627	20,0	10,0	200,0	3,1	50
1.8	808	20,0	10,0	200,0	4,0	60
1.9	828	20,0	10,0	200,0	4,1	70
1.10	815	20,0	10,0	200,0	4,1	80
1.11	1003	20,0	10,0	200,0	5,0	80
1.12	791	20,0	10,0	200,0	4,0	40
Viso bandinių $n =$					6	
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{\min} =$					3,1 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{\max} =$					5,0 MPa	
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{\text{vid}} =$					4,1 MPa	
Suirties per medieną vidurkis =					63,3 %	
Vid. kvadrat.nuokrypis $S =$					0,60	
Variacijos koefic. $V =$					14,7 %	

## 5 PRIEDAS

### Sanklijos stiprio priklausomybės nuo klijavimo temperatūros tyrimo duomenys

Bandymas atliktas remiantis LST EN 12765 standarto seka Nr. 1 ir Nr. 3

Bandymui naudotos medienos rūšis – beržas.

Bandymas atliktas taikant 75,100,125,150 °C klijavimo temperatūras

*l lentelė. KF dervos bandymo duomenys (LST EN 12765 standarto seka Nr.1; T=8 min, t=75 °C)*

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, Fmax, N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, mm <sup>2</sup>	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	943	20,0	10,0	200,0	4,7	100
1.2	1285	20,0	10,0	200,0	atmesta	
1.3	682	20,0	10,0	200,0	3,4	100
1.4	994	20,0	10,0	200,0	5,0	100
1.5	884	20,0	10,0	200,0	4,4	100
1.6	563	20,0	10,0	200,0	2,8	90
1.7	623	20,0	10,0	200,0	3,1	100
1.8	456	20,0	10,0	200,0	2,3	100
1.9	750	20,0	10,0	200,0	3,8	100
1.10	986	20,0	10,0	200,0	4,9	100
Viso bandinių n =					9	
Mažiausias suklijavimo stipris Tmin =					2,3 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris Tmax =					5,0 MPa	
Suirties per medieną vidurkis=					98,9 %	
Vidutinis suklijavimo stipris Tvid =					3,8 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis S =					0,99	
Variacijos koefic. V =					25,8 %	

2 lentelė. KF dervos bandymo duomenys (LST EN 12765 standarto seka Nr.1; T = 8 min, t = 100 °C)

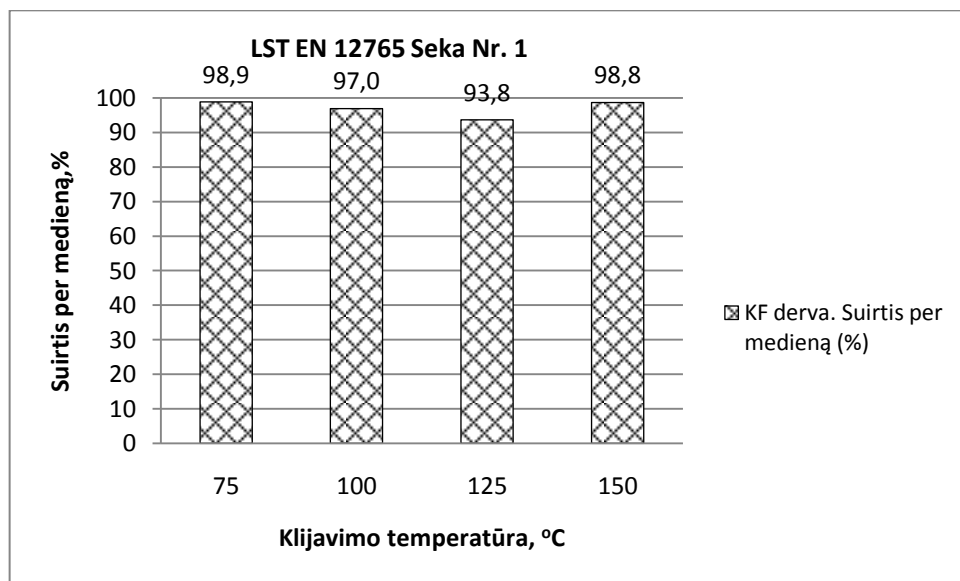
Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, Fmax, N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, mm <sup>2</sup>	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	1005	20,0	10,0	200,0	5,0	100
1.2	794	20,0	10,0	200,0	4,0	80
1.3	899	20,0	10,0	200,0	4,5	100
1.4	972	20,0	10,0	200,0	4,9	90
1.5	954	20,0	10,0	200,0	4,8	100
1.6	695	20,0	10,0	200,0	3,5	100
1.7	607	20,0	10,0	200,0	3,0	100
1.8	903	20,0	10,0	200,0	4,5	100
1.9	936	20,0	10,0	200,0	4,7	100
1.10	902	20,0	10,0	200,0	4,5	100
Viso bandinių n =					10	
Mažiausias suklijavimo stipris Tmin =					3,0 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris Tmax =					5,0 MPa	
Suirties per medieną vidurkis =					97,0 %	
Vidutinis suklijavimo stipris Tvid =					4,3 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis S =					0,64	
Variacijos koefic. V =					14,8 %	

3 lentelė. KF dervos bandymo duomenų statistiniai rodikliai (LST EN 12765 standarto seka Nr1.;  
 $T = 8 \text{ min}$ ,  $t = 125 \text{ }^\circ\text{C}$ )

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{\max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $\text{mm}^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	751	20,0	10,0	200,0	3,8	100,0
1.2	819	20,0	10,0	200,0	4,1	100,0
1.3	717	20,0	10,0	200,0	3,6	100,0
1.4	1171	20,0	10,0	200,0	atmesta	
1.5	726	20,0	10,0	200,0	3,6	100,0
1.6	1097	20,0	10,0	200,0	atmesta	
1.7	943	20,0	10,0	200,0	4,7	100,0
1.8	1071	20,0	10,0	200,0	5,4	100,0
1.9	1146	20,0	10,0	200,0	5,7	50,0
1.10	1061	20,0	10,0	200,0	5,3	100,0
Viso bandinių n =					8	
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{\min}$ =					3,6 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{\max}$ =					5,7 MPa	
Suirties per medieną vidurkis =					93,8 %	
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{\text{vid}}$ =					4,5 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis S =					0,87	
Variacijos koefic. V =					19,2 %	

4 lentelė. KF dervos bandymo duomenų statistiniai rodikliai (LST EN 12765 standarto seka Nr.1.;  
 $T = 8 \text{ min}$ ,  $t = 150 \text{ }^\circ\text{C}$ )

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{\max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $\text{mm}^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	769	20,0	10,0	200,0	3,8	100
1.2	963	20,0	10,0	200,0	4,8	100
1.3	921	20,0	10,0	200,0	4,6	100
1.4	370	20,0	10,0	200,0	atmesta	
1.5	263	20,0	10,0	200,0	atmesta	
1.6	838	20,0	10,0	200,0	4,2	100
1.7	906	20,0	10,0	200,0	4,5	100
1.8	1035	20,0	10,0	200,0	5,2	90
1.9	972	20,0	10,0	200,0	4,9	100
1.10	944	20,0	10,0	200,0	4,7	100
Viso bandinių $n =$					8	
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{\min} =$					3,8 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{\max} =$					5,2 MPa	
Suirties per medieną vidurkis =					98,8 %	
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{\text{vid}} =$					4,6 MPa	
Vid. kvadrat. nuokrypis $S =$					0,41	
Variacijos koefic. $V =$					9,0 %	



1 pav. KF derva klijuotų beržo lukšto bandinių procentinės suirties per medieną priklausomybė nuo klijavimo temperatūros po išlaikymo pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 1

5 lentelė. MKF-3. dervos bandymo duomenų statistiniai rodikliai (LST EN 12765 standarto seka Nr1.;  $T=8 \text{ min}$ ,  $t=75 \text{ }^\circ\text{C}$ )

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{\max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $\text{mm}^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	684	20,0	10,0	200,0	3,4	100
1.2	695	20,0	10,0	200,0	3,5	100
1.3	639	20,0	10,0	200,0	3,2	100
1.4	851	20,0	10,0	200,0	4,3	100
1.5	726	20,0	10,0	200,0	3,6	100
Viso bandinių $n =$					5	
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{\min} =$					3,2 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{\max} =$					4,3 MPa	
Suirties per medieną vidurkis= $$					100,0 %	
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{\text{vid}} =$					3,6 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis $S =$					0,40	
Variacijos koefic. $V =$					11,1 %	

6 lentelė. MKF-3. dervos bandymo duomenų statistiniai rodikliai (LST EN 12765 standarto seka Nr1.;  $T=8 \text{ min}$ ,  $t=100 \text{ }^\circ\text{C}$ )

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{\max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $\text{mm}^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	591	20,0	10,0	200,0	3,0	100
1.2	777	20,0	10,0	200,0	3,9	100
1.3	896	20,0	10,0	200,0	4,5	100
1.4	889	20,0	10,0	200,0	4,4	100
1.5	985	20,0	10,0	200,0	4,9	100
Viso bandinių $n =$					5	
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{\min} =$					3,0 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{\max} =$					4,9 MPa	
Suirties per medieną vidurkis= $$					100,0	
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{\text{vid}} =$					4,1 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis $S =$					0,76	
Variacijos koefic. $V =$					18,3%	

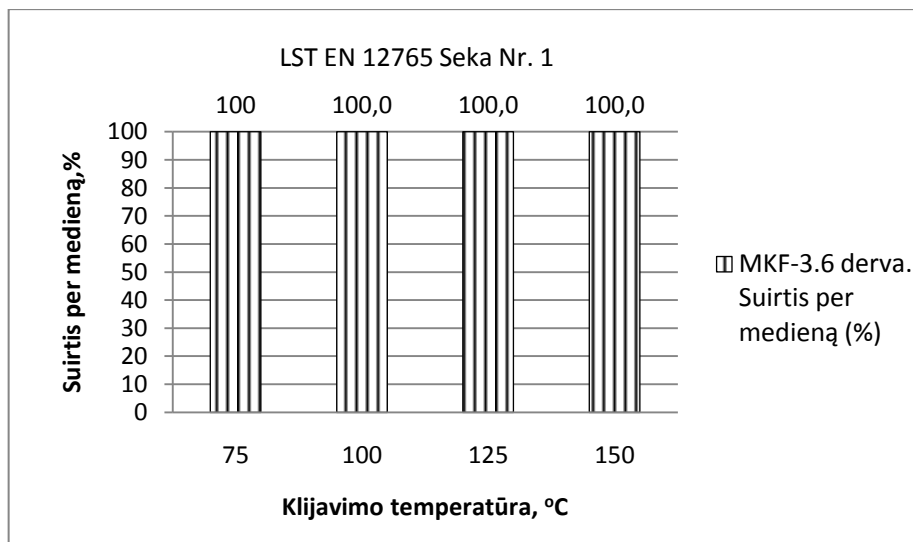
7 lentelė. MKF-3. dervos bandymo duomenų statistiniai rodikliai (LST EN 12765 standarto seka Nr1.;  $T=8 \text{ min}$ ,  $t=125 \text{ }^\circ\text{C}$ )

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{\max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $\text{mm}^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	838	20,0	10,0	200,0	4,2	100,0
1.2	732	20,0	10,0	200,0	3,7	100
1.3	851	20,0	10,0	200,0	4,3	100
1.4	761	20,0	10,0	200,0	3,8	100
1.5	790	20,0	10,0	200,0	4,0	100
Viso bandinių $n =$					5	
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{\min} =$					3,7 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{\max} =$					4,3 MPa	
Suirties per medieną vidurkis= $$					100,0	
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{\text{vid}} =$					4,0 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis $S =$					0,25	
Variacijos koefic. $V =$					6,3%	

8 lentelė. MKF-3. dervos bandymo duomenų statistiniai rodikliai (LST EN 12765 standarto seka Nr1.;  $T=8 \text{ min}$ ,  $t=150 \text{ }^\circ\text{C}$ )

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{\max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $\text{mm}^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	853	20,0	10,0	200,0	4,3	100
1.2	861	20,0	10,0	200,0	4,3	100
1.3	969	20,0	10,0	200,0	4,8	100
1.4	1212	20,0	10,0	200,0	6,1	100
1.5	1349	20,0	10,0	200,0	6,7	100
Viso bandinių $n =$					5	
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{\min} =$					4,3 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{\max} =$					6,7 MPa	
Suirties per medieną vidurkis= $$					100 %	
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{\text{vid}} =$					5,2 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis $S =$					1,11	
Variacijos koefic. $V =$					21,1%	





2 pav MKF-3.6 derva klijuotų beržo lukšto bandinių procentinės suirties per medieną priklausomybė nuo klijavimo temperatūros po išlaikymo pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 1.

9 lentelė. MKF-9.6 dervos bandymo duomenų statistiniai rodikliai (LST EN 12765 standarto seka Nr1.;  $T=8$  min,  $t=75$  °C )

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $mm^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	419	20,0	10,0	200,0	2,1	100
1.2	458	20,0	10,0	200,0	2,3	100
1.3	562	20,0	10,0	200,0	2,8	100
1.4	653	20,0	10,0	200,0	3,3	100
1.5	441	20,0	10,0	200,0	2,2	100
Viso bandinių n =					5	
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{min}$ =					2,1 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{max}$ =					3,3 MPa	
Suirties per medieną vidurkis=					100,0 %	
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{vid}$ =					2,5 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis S =					0,49	
Variacijos koefic. V =					19,5%	

10 lentelė. MKF-9.6 dervos bandymo duomenų statistiniai rodikliai (LST EN 12765 standarto seka Nr1.;  $T=8 \text{ min}$ ,  $t=100 \text{ }^\circ\text{C}$ )

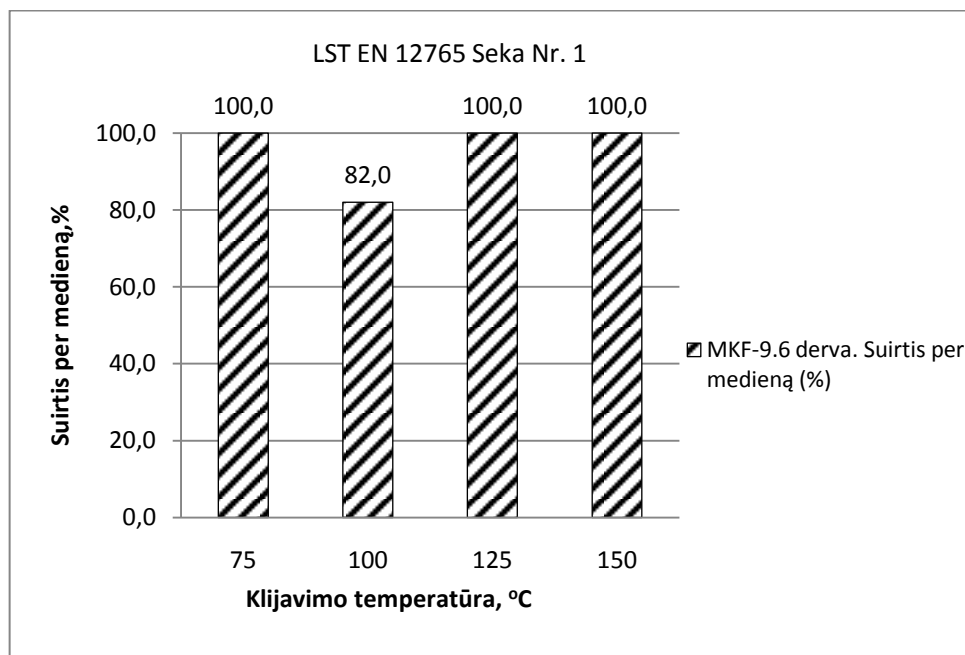
Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{\max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $\text{mm}^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	534	20,0	10,0	200,0	2,7	70
1.2	452	20,0	10,0	200,0	2,3	60
1.3	693	20,0	10,0	200,0	3,5	80
1.4	446	20,0	10,0	200,0	2,2	100
1.5	596	20,0	10,0	200,0	3,0	100
Viso bandinių $n =$					5	
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{\min} =$					2,2 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{\max} =$					3,5 MPa	
Suirties per medieną vidurkis= $=$					82,0	
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{\text{vid}} =$					2,7 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis $S =$					0,52	
Variacijos koefic. $V =$					19,1 %	

11 lentelė. MKF-9.6 dervos bandymo duomenų statistiniai rodikliai (LST EN 12765 standarto seka Nr1.;  $T=8 \text{ min}$ ,  $t=125 \text{ }^\circ\text{C}$ )

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{\max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $\text{mm}^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	775	20,0	10,0	200,0	3,9	100
1.2	505	20,0	10,0	200,0	2,5	100
1.3	616	20,0	10,0	200,0	3,1	100
1.4	591	20,0	10,0	200,0	3,0	100
1.5	510	20,0	10,0	200,0	2,6	100
Viso bandinių $n =$					5	
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{\min} =$					2,5 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{\max} =$					3,9 MPa	
Suirties per medieną vidurkis= $=$					100,0 %	
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{\text{vid}} =$					3,0 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis $S =$					0,55	
Variacijos koefic. $V =$					18,3 %	

12 lentelė. MKF-9.6 dervos bandymo duomenų statistiniai rodikliai (LST EN 12765 standarto seka Nr.1.;  $T = 8 \text{ min}$ ,  $t = 150 \text{ }^\circ\text{C}$ )

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{\max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $\text{mm}^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per Medieną %
1.1	886	20,0	10,0	200,0	4,4	100
1.2	867	20,0	10,0	200,0	4,3	100
1.3	769	20,0	10,0	200,0	3,8	100
1.4	841	20,0	10,0	200,0	4,2	100
1.5	815	20,0	10,0	200,0	4,1	100
Viso bandinių $n =$					5	
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{\min} =$					3,8 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{\max} =$					4,4 MPa	
Suirties per Medieną vidurkis= $$					100 %	
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{\text{vid}} =$					4,2 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis $S =$					0,23	
Variacijos koefic. $V =$					5,5 %	



3 pav. MKF-9.6 derva klijuotų beržo lukšto bandinių procentinės suirties per Medieną priklausomybė nuo klijavimo temperatūros po išlaikymo pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 1

13 lentelė. MKF-3.6 dervos bandymo duomenys (LST EN 12765 standarto seka Nr3.;  $T = 8 \text{ min}$ ,  $t = 75 \text{ }^\circ\text{C}$ )

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{\max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $\text{mm}^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	551	20,0	10,0	200,0	2,8	100
1.2	546	20,0	10,0	200,0	2,7	100
1.3	632	20,0	10,0	200,0	3,2	100
1.4	709	20,0	10,0	200,0	3,5	100
1.5	645	20,0	10,0	200,0	3,2	100
Viso bandinių $n =$					5	
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{\min} =$					2,7 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{\max} =$					3,5MPa	
Suirties per medieną vidurkis= $=$					100,0 %	
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{\text{vid}} =$					3,1MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis $S =$					0,34	
Variacijos koefic. $V =$					11,1 %	

14 lentelė. MKF-3.6 dervos bandymo duomenys (LST EN 12765 standarto seka Nr3.;  $T = 8 \text{ min}$ ,  $t = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ )

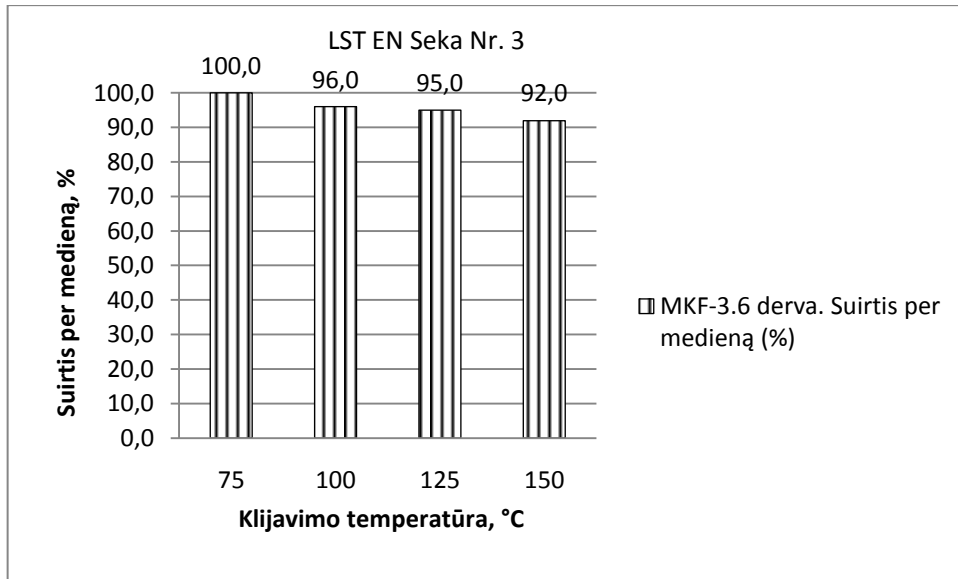
Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{\max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $\text{mm}^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	658	20,0	10,0	200,0	3,3	100
1.2	785	20,0	10,0	200,0	3,9	100
1.3	724	20,0	10,0	200,0	3,6	100
1.4	531	20,0	10,0	200,0	2,7	100
1.5	562	20,0	10,0	200,0	2,8	80
Viso bandinių $n =$					5	
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{\min} =$					2,7 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{\max} =$					3,9 MPa	
Suirties per medieną vidurkis= $=$					96,0 %	
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{\text{vid}} =$					3,3 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis $S =$					0,53	
Variacijos koefic. $V =$					16,4 %	

15 lentelė. MKF-3.6 dervos bandymo duomenys (LST EN 12765 standarto seka Nr3.;  $T = 8 \text{ min}$ ,  $t = 125 \text{ }^\circ\text{C}$ )

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{\max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $\text{mm}^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	639	20,0	10,0	200,0	3,2	100
1.2	597	20,0	10,0	200,0	3,0	100
1.3	760	20,0	10,0	200,0	3,8	100
1.4	607	20,0	10,0	200,0	3,0	80
1.5	441	20,0	10,0	200,0	2,2	100
Viso bandinių $n =$					5	
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{\min} =$					2,2 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{\max} =$					3,8 MPa	
Suirties per medieną vidurkis= $=$					95,0 %	
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{\text{vid}} =$					3,0 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis $S =$					0,57	
Variacijos koefic. $V =$					18,7 %	

16 lentelė. MKF-3.6 dervos bandymo duomenys (LST EN 12765 standarto seka Nr3.;  $T = 8 \text{ min}$ ,  $t = 150 \text{ }^\circ\text{C}$ )

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{\max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $\text{mm}^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	734	20,0	10,0	200,0	3,7	100
1.2	684	20,0	10,0	200,0	3,4	100
1.3	566	20,0	10,0	200,0	2,8	60
1.4	665	20,0	10,0	200,0	3,3	100
1.5	611	20,0	10,0	200,0	3,1	100
Viso bandinių $n =$					5	
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{\min} =$					2,8 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{\max} =$					3,7 MPa	
Suirties per medieną vidurkis= $=$					92 %	
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{\text{vid}} =$					3,3 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis $S =$					0,33	
Variacijos koefic. $V =$					10,0 %	



4 pav. MKF-3.6 derva klijuotų beržo lukšto bandinių procentinės suirties per medieną priklausomybė nuo klijavimo temperatūros po išlaikymo pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 3

17 lentelė. MKF-9.6 dervos bandymo duomenys (LST EN 12765 standarto seka Nr3.;  $T = 8 \text{ min}$ ,  $t = 75 \text{ °C}$ )

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas $A$ , $\text{mm}^2$	Suklijavimo stipris $T$ , MPa	Suirimas per medieną %
1.1	686	20,0	10,0	200,0	3,4	100
1.2	614	20,0	10,0	200,0	3,1	100
1.3	507	20,0	10,0	200,0	2,5	100
1.4	777	20,0	10,0	200,0	3,9	70
1.5	619	20,0	10,0	200,0	3,1	100
Viso bandinių $n =$					5	
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{min} =$					2,5 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{max} =$					3,9 MPa	
Suirties per medieną vidurkis =					94,0 %	
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{vid} =$					3,2 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis $S =$					0,50	
Variacijos koefic. $V =$					15,5 %	

18 lentelė. MKF-9.6 dervos bandymo duomenys (LST EN 12765 standarto seka Nr3.;  $T = 8 \text{ min}$ ,  $t = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ )

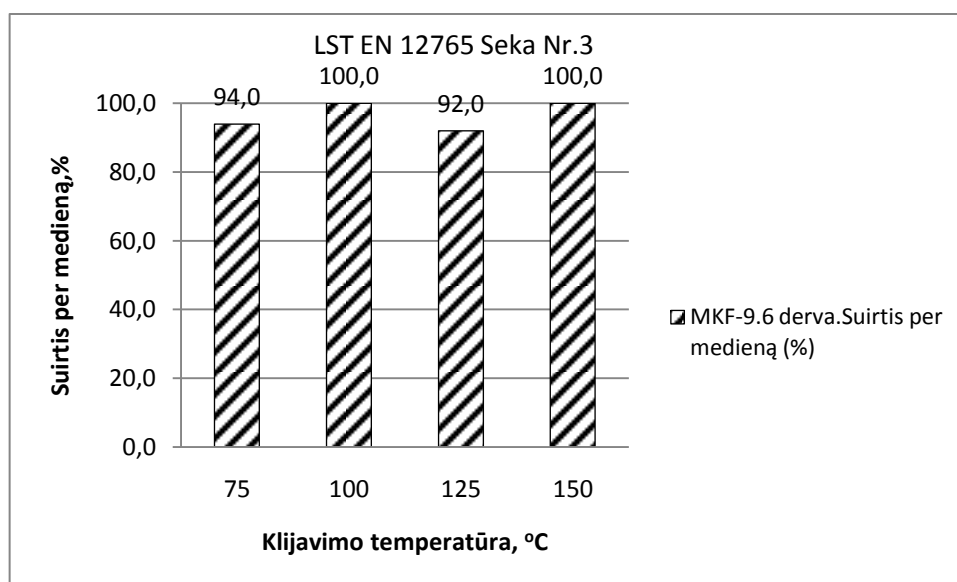
Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{\max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $\text{mm}^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	706	20,0	10,0	200,0	3,5	100
1.2	665	20,0	10,0	200,0	3,3	100
1.3	597	20,0	10,0	200,0	3,0	100
1.4	799	20,0	10,0	200,0	4,0	100
1.5	487	20,0	10,0	200,0	2,4	100
Viso bandinių $n =$					5	
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{\min} =$					2,4 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{\max} =$					4,0 MPa	
Suirties per medieną vidurkis= $=$					100,0 %	
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{\text{vid}} =$					3,3 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis $S =$					0,59	
Variacijos koefic. $V =$					18,0 %	

19 lentelė. MKF-9.6 dervos bandymo duomenys (LST EN 12765 standarto seka Nr3.;  $T = 8 \text{ min}$ ,  $t = 125 \text{ }^\circ\text{C}$ )

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{\max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $\text{mm}^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	794	20,0	10,0	200,0	4,0	90
1.2	761	20,0	10,0	200,0	3,8	100
1.3	654	20,0	10,0	200,0	3,3	100
1.4	642	20,0	10,0	200,0	3,2	80
1.5	729	20,0	10,0	200,0	3,6	90
Viso bandinių $n =$					5	
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{\min} =$					3,2 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{\max} =$					4,0 MPa	
Suirties per medieną vidurkis= $=$					92,0 %	
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{\text{vid}} =$					3,6 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis $S =$					0,33	
Variacijos koefic. $V =$					9,3 %	

20 lentelė. MKF-9.6 dervos bandymo duomenys (LST EN 12765 standarto seka Nr3.;  $T = 8 \text{ min}$ ,  $t = 150 \text{ }^\circ\text{C}$ )

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{\max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $\text{mm}^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	688	20,0	10,0	200,0	3,4	100
1.2	702	20,0	10,0	200,0	3,5	100
1.3	725	20,0	10,0	200,0	3,6	100
1.4	795	20,0	10,0	200,0	4,0	100
1.5	687	20,0	10,0	200,0	3,4	100
Viso bandinių $n =$						5
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{\min} =$						3,4 MPa
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{\max} =$						4,0 MPa
Suirties per medieną vidurkis= $$						100 %
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{\text{vid}} =$						3,6 MPa
Vid. kvadrat.nuokrypis $S =$						0,22
Variacijos koefic. $V =$						6,2 %



5 pav. MKF-9.6 derva klijuotų beržo lukšto bandinių procentinės suirties per medieną priklausomybė nuo klijavimo temperatūros po išlaikymo pagal LST EN 12765 standarto seką Nr. 3



## 6 PRIEDAS

### Sanklijos stiprio priklausomybės nuo klijavimo trukmės nustatymas

Bandymas atliktas remiantis LST EN 12765 standarto seka Nr. 1 ir Nr. 3

Bandymui naudotos medienos rūšis – beržas.

Bandymas atliktas taikant du klijavimo režimus:  $T = 8 \text{ min}$ ,  $t = 125^\circ\text{C}$  ir  $T = 3 \text{ min}$ ,  $t = 125^\circ\text{C}$

1 lentelė. KF dervos bandymo duomenys ( LST EN 12765 standarto seka Nr.1;

$T = 3 \text{ min}$ ,  $t = 125^\circ\text{C}$ )

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{\max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $\text{mm}^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	654	20,0	10,0	200,0	3,3	100
1.2	758	20,0	10,0	200,0	3,8	100
1.3	723	20,0	10,0	200,0	3,6	100
1.4	740	20,0	10,0	200,0	3,7	100
1.5	710	20,0	10,0	200,0	3,6	100
1.6	1112	20,0	10,0	200,0	5,6	40
1.7	1230	20,0	10,0	200,0	6,2	100
1.8	1451	20,0	10,0	200,0	atmesta	
1.9	1112	20,0	10,0	200,0	5,6	100
1.10	1187	20,0	10,0	200,0	5,9	100
Viso bandinių $n =$					9	
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{\min} =$					3,3 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{\max} =$					6,2 MPa	
Suirties per medieną vidurkis =					93,3 %	
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{\text{vid}} =$					4,6 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis $S =$					1,19	
Variacijos koefic. $V =$					26,0 %	

2 lentelė. KF dervos bandymo duomenys (LST EN 12765 standarto seka Nr.1;

$T = 8 \text{ min}$ ,  $t = 125 \text{ }^\circ\text{C}$ )

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{\max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $\text{mm}^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	751	20,0	10,0	200,0	3,8	100,0
1.2	819	20,0	10,0	200,0	4,1	100,0
1.3	717	20,0	10,0	200,0	3,6	100,0
1.4	1171	20,0	10,0	200,0	atmesta	
1.5	726	20,0	10,0	200,0	3,6	100,0
1.6	1097	20,0	10,0	200,0	atmesta	
1.7	943	20,0	10,0	200,0	4,7	100,0
1.8	1071	20,0	10,0	200,0	5,4	100,0
1.9	1146	20,0	10,0	200,0	5,7	50,0
1.10	1061	20,0	10,0	200,0	5,3	100,0
Viso bandinių $n =$					8	
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{\min} =$					3,6 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{\max} =$					5,7 MPa	
Suirties per medieną vidurkis= $=$					93,8 %	
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{\text{vid}} =$					4,5 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis $S =$					0,87	
Variacijos koefic. $V =$					19,2%	

3 lentelė. MKF-3.6 dervos bandymo duomenys (LST EN 12765 standarto seka Nr..1;

$T = 3 \text{ min}$ ,  $t = 125 \text{ }^\circ\text{C}$ )

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{\max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $\text{mm}^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	649	20,0	10,0	200,0	3,2	100
1.2	749	20,0	10,0	200,0	3,7	100
1.3	765	20,0	10,0	200,0	3,8	100
1.4	725	20,0	10,0	200,0	3,6	100
1.5	588	20,0	10,0	200,0	2,9	100
Viso bandinių $n =$					5	
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{\min} =$					2,9 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{\max} =$					3,8 MPa	
Suirties per medieną vidurkis= $=$					100,0 %	
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{\text{vid}} =$					3,5 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis $S =$					0,37	
Variacijos koefic. $V =$					10,7%	

4 lentelė MKF-3.6 dervos bandymo duomenys ( LST EN 12765 standarto seka Nr.3;

$T = 3 \text{ min}$ ,  $t = 125 \text{ }^\circ\text{C}$ )

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{\max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $\text{mm}^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	513	20,0	10,0	200,0	2,6	0
1.2	366	20,0	10,0	200,0	1,8	0
1.3	449	20,0	10,0	200,0	2,2	0
1.4	406	20,0	10,0	200,0	2,0	0
1.5	597	20,0	10,0	200,0	3,0	0
Viso bandinių $n =$					5	
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{\min} =$					1,8 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{\max} =$					3,0 MPa	
Suirties per medieną vidurkis= $=$					0,0 %	
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{\text{vid}} =$					2,3 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis $S =$					0,46	
Variacijos koefic. $V =$					19,6%	

5 lentelė MKF-3.6 dervos bandymo duomenys ( LST EN 12765 standarto seka Nr.1;

$T = 8 \text{ min}$ ,  $t = 125 \text{ }^\circ\text{C}$ )

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{\max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $\text{mm}^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	838	20,0	10,0	200,0	4,2	100
1.2	732	20,0	10,0	200,0	3,7	100
1.3	851	20,0	10,0	200,0	4,3	100
1.4	761	20,0	10,0	200,0	3,8	100
1.5	790	20,0	10,0	200,0	4,0	100
Viso bandinių $n =$					5	
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{\min} =$					3,7 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{\max} =$					4,3 MPa	
Suirties per medieną vidurkis= $=$					100,0 %	
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{\text{vid}} =$					4,0 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis $S =$					0,25	
Variacijos koefic. $V =$					6,3%	

6 lentelė MKF-3.6 dervos bandymo duomenys ( LST EN 12765 standarto seka Nr.3;

$T = 8 \text{ min}$ ,  $t = 125 \text{ }^\circ\text{C}$

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{\max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $\text{mm}^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	639	20,0	10,0	200,0	3,2	100
1.2	597	20,0	10,0	200,0	3,0	100
1.3	760	20,0	10,0	200,0	3,8	100
1.4	607	20,0	10,0	200,0	3,0	80
1.5	441	20,0	10,0	200,0	2,2	100
Viso bandinių $n =$					5	
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{\min} =$					3,2 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{\max} =$					4,0 MPa	
Suirties per medieną vidurkis= $=$					92,0 %	
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{\text{vid}} =$					3,6 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis $S =$					0,33	
Variacijos koefic. $V =$					9,3%	

7 lentelė MKF-9.6 dervos bandymo duomenys ( LST EN 12765 standarto seka Nr.1;

$T = 3 \text{ min}$ ,  $t = 125 \text{ }^\circ\text{C}$

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{\max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $\text{mm}^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	802	20,0	10,0	200,0	4,0	100
1.2	660	20,0	10,0	200,0	3,3	100
1.3	553	20,0	10,0	200,0	2,8	100
1.4	651	20,0	10,0	200,0	3,3	100
1.5	682	20,0	10,0	200,0	3,4	100
Viso bandinių $n =$					5	
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{\min} =$					2,8 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{\max} =$					4,0 MPa	
Suirties per medieną vidurkis= $=$					100,0 %	
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{\text{vid}} =$					3,3 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis $S =$					0,45	
Variacijos koefic. $V =$					13,3%	

8 lentelė MKF-9.6 dervos bandymo duomenys ( LST EN 12765 standarto seka Nr.3;

$T = 3 \text{ min}$ ,  $t = 125 \text{ }^\circ\text{C}$

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{\max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $\text{mm}^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	774	20,0	10,0	200,0	3,9	100
1.2	639	20,0	10,0	200,0	3,2	100
1.3	619	20,0	10,0	200,0	3,1	100
1.4	608	20,0	10,0	200,0	3,0	80
1.5	694	20,0	10,0	200,0	3,5	100
Viso bandinių $n =$					5	
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{\min} =$					3,0 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{\max} =$					3,9 MPa	
Suirties per medieną vidurkis= $=$					96,0 %	
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{\text{vid}} =$					3,3 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis $S =$					0,34	
Variacijos koefic. $V =$					10,3%	

9 lentelė MKF-9.6 dervos bandymo duomenys ( LST EN 12765 standarto seka Nr.1;

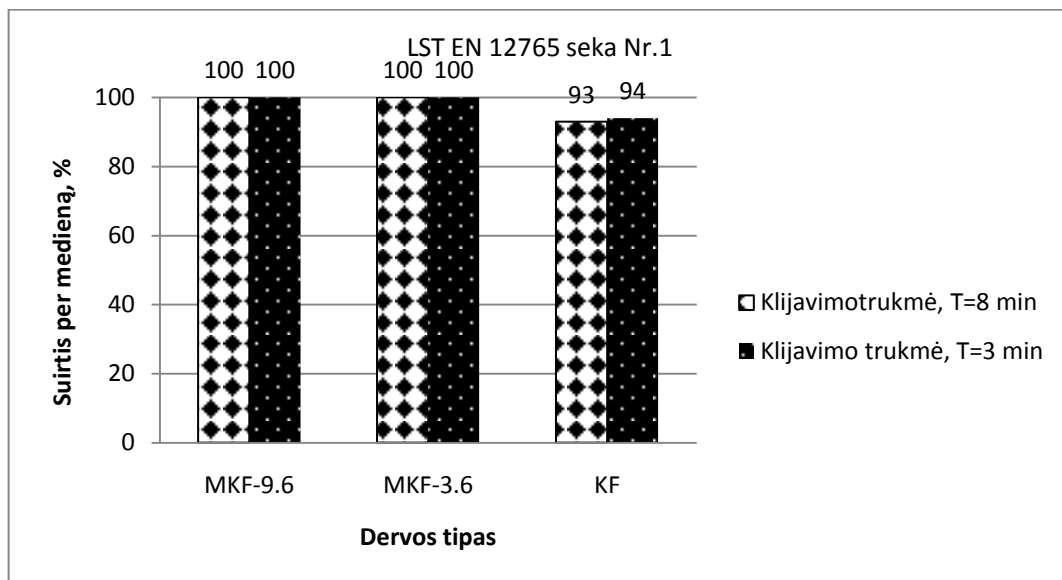
$T = 8 \text{ min}$ ,  $t = 125 \text{ }^\circ\text{C}$

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{\max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $\text{mm}^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	775	20,0	10,0	200,0	3,9	100
1.2	505	20,0	10,0	200,0	2,5	100
1.3	616	20,0	10,0	200,0	3,1	100
1.4	591	20,0	10,0	200,0	3,0	100
1.5	510	20,0	10,0	200,0	2,6	100
Viso bandinių $n =$					5	
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{\min} =$					2,5 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{\max} =$					3,9 MPa	
Suirties per medieną vidurkis= $=$					100,0 %	
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{\text{vid}} =$					3,0 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis $S =$					0,55	
Variacijos koefic. $V =$					18,3%	

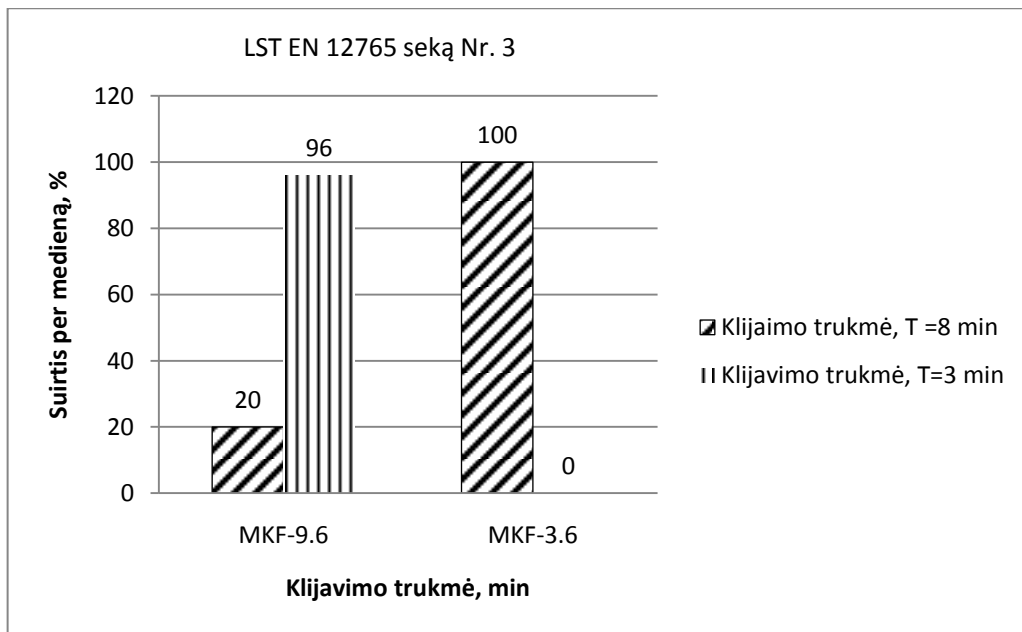
10 lentelė MKF-9.6 dervos bandymo duomenys ( LST EN 12765 standarto seka Nr.3;

$T = 8 \text{ min}$ ,  $t = 125 \text{ }^\circ\text{C}$

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, $F_{\max}$ , N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, $\text{mm}^2$	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	794	20,0	10,0	200,0	4,0	90
1.2	761	20,0	10,0	200,0	3,8	100
1.3	654	20,0	10,0	200,0	3,3	100
1.4	642	20,0	10,0	200,0	3,2	80
1.5	729	20,0	10,0	200,0	3,6	90
Viso bandinių $n =$					5	
Mažiausias suklijavimo stipris $T_{\min} =$					3,2 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris $T_{\max} =$					4,0 MPa	
Suirties per medieną vidurkis =					92,0 %	
Vidutinis suklijavimo stipris $T_{\text{vid}} =$					3,6 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis $S =$					0,33	
Variacijos koefic. $V =$					9,3%	



1 pav. Skirtingomis trukmėmis klijuotų bandinių pagal LST EN12765 standarto seka Nr. 1 suirties per medieną procentinės reikšmės



*2 pav. Skirtingomis trukmėmis klijuotų bandinių pagal LST EN12765 standarto seka Nr. 1 suirties per Medieną procentinės reikšmės*

## 7 PRIEDAS

### Sanklijos stiprio priklausomybės nuo aplinkos temperatūros tyrimo duomenys

Bandymas atliktas remiantis LST EN 14257 (WATT;91) standartu

Bandymui naudotos medienos rūšis – beržas.

Bandymai atlikti taikant 20, 50,70, 80, 110 bei 150 °C kaitinimo temperatūras.

*l lentelė. KF dervos bandymo duomenys LST EN14527 standartas; kaitinimo temperatūra =20 °C)*

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, Fmax, N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, mm <sup>2</sup>	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	506	20,0	10,0	200,0	atmesta	
1.2	defektas	20,0	10,0	200,0	defektas	defektas
1.3	1501	20,0	10,0	200,0	7,5	100
1.4	defektas	20,0	10,0	200,0	defektas	defektas
1.5	defektas	20,0	10,0	200,0	defektas	defektas
1.6	1660	20,0	10,0	200,0	8,3	60
1.7	1308	20,0	10,0	200,0	6,5	100
1.8	1686	20,0	10,0	200,0	8,4	30
1.9	1245	20,0	10,0	200,0	6,2	70
1.10	1523	20,0	10,0	200,0	7,6	40
Viso bandinių n =					6	
Mažiausias suklijavimo stipris Tmin =					6,2 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris Tmax =					8,4 MPa	
Suirties per medieną vidurkis=					66,7 %	
Vidutinis suklijavimo stipris Tvid =					7,4 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis S =					0,90	
Variacijos koefic. V =					12,1%	



2 lentelė. KF dervos bandymo duomenys LST EN14527 standartas; kaitinimo temperatūra =50 °C)

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, Fmax, N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, mm <sup>2</sup>	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	906	20,0	10,0	200,0	4,5	20
1.2	1359	20,0	10,0	200,0	6,8	10
1.3	1290	20,0	10,0	200,0	6,5	0
1.4	957	20,0	10,0	200,0	4,8	50
1.5	1207	20,0	10,0	200,0	6,0	10
1.6	897	20,0	10,0	200,0	4,5	100
1.7	1445	20,0	10,0	200,0	7,2	100
1.8	1729	20,0	10,0	200,0	8,6	60
1.9	1379	20,0	10,0	200,0	6,9	100
1.10	1528	20,0	10,0	200,0	7,6	100
Viso bandinių n =					10	
Mažiausias suklijavimo stipris Tmin =					4,5 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris Tmax =					8,6 MPa	
Suirties per medieną vidurkis=					55,0 %	
Vidutinis suklijavimo stipris Tvid =					6,3 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis S =					1,40	
Variacijos koefic. V =					22,0%	

3lentelė. KF dervos bandymo duomenys LST EN14527 standartas; kaitinimo temperatūra =70 °C)

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, Fmax, N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, mm <sup>2</sup>	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	696	20,0	10,0	200,0	3,5	100
1.2	663	20,0	10,0	200,0	3,3	100
1.3	703	20,0	10,0	200,0	3,5	30
1.4	758	20,0	10,0	200,0	3,8	10
1.5	854	20,0	10,0	200,0	4,3	10
1.6	421	20,0	10,0	200,0	atmesta	
1.7	679	20,0	10,0	200,0	3,4	100
1.8	699	20,0	10,0	200,0	3,5	100
1.9	751	20,0	10,0	200,0	3,8	100
1.10	921	20,0	10,0	200,0	4,6	90
Viso bandinių n =					9	
Mažiausias suklijavimo stipris Tmin =					3,3 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris Tmax =					4,6 MPa	
Suirties per medieną vidurkis=					71,1 %	
Vidutinis suklijavimo stipris Tvid =					3,7 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis S =					0,43	
Variacijos koefic. V =					11,6%	

4 lentelė. KF dervos bandymo duomenys LST EN14527 standartas; kaitinimo temperatūra =80 °C)

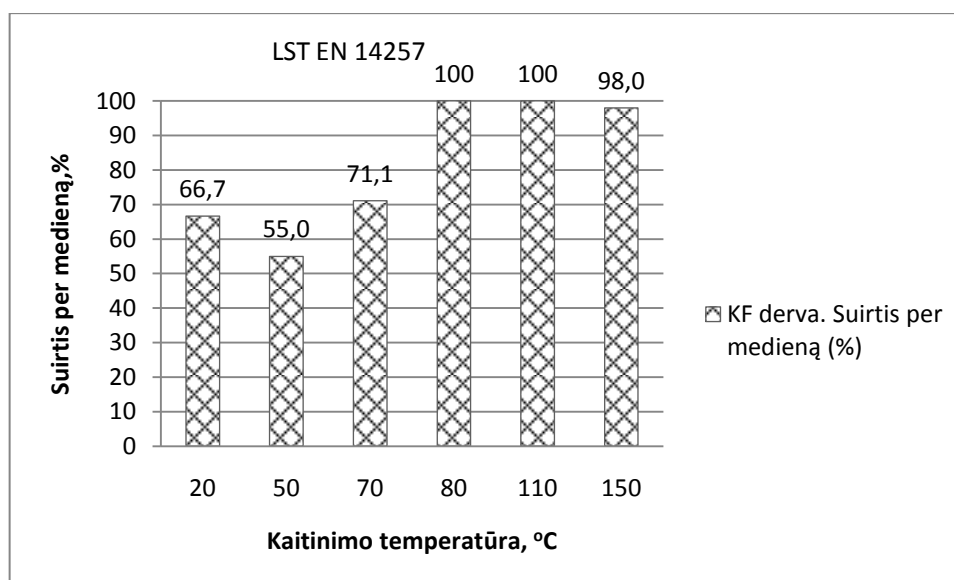
Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, Fmax, N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, mm <sup>2</sup>	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	1023	20,0	10,0	200,0	5,1	100
1.2	887	20,0	10,0	200,0	4,4	100
1.3	965	20,0	10,0	200,0	4,8	100
1.4	934	20,0	10,0	200,0	4,7	100
1.5	902	20,0	10,0	200,0	4,5	100
1.6	1061	20,0	10,0	200,0	5,3	100
1.7	846	20,0	10,0	200,0	4,2	100
1.8	758	20,0	10,0	200,0	3,8	100
1.9	719	20,0	10,0	200,0	3,6	100
1.10	718	20,0	10,0	200,0	3,6	100
Viso bandinių n =					10	
Mažiausias suklijavimo stipris Tmin =					3,6 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris Tmax =					5,3 MPa	
Suirties per medieną vidurkis=					100 %	
Vidutinis suklijavimo stipris Tvid =					4,4 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis S =					0,61	
Variacijos koefic. V =					13,7%	

5 lentelė. KF dervos bandymo duomenys LST EN14527 standartas; kaitinimo temperatūra =110 °C)

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, Fmax, N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, mm <sup>2</sup>	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	624	20,0	10,0	200,0	3,1	100
1.2	729	20,0	10,0	200,0	3,6	100
1.3	709	20,0	10,0	200,0	3,5	100
1.4	671	20,0	10,0	200,0	3,4	100
1.5	693	20,0	10,0	200,0	3,5	100
1.6	466	20,0	10,0	200,0	2,3	100
1.7	426	20,0	10,0	200,0	2,1	100
1.8	460	20,0	10,0	200,0	2,3	100
1.9	449	20,0	10,0	200,0	2,2	100
1.10	449	20,0	10,0	200,0	2,2	100
Viso bandinių n =					10	
Mažiausias suklijavimo stipris Tmin =					2,1 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris Tmax =					3,6 MPa	
Suirties per medieną vidurkis=					100,0 %	
Vidutinis suklijavimo stipris Tvid =					2,8 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis S =					0,64	
Variacijos koefic. V =					22,4 %	

6 lentelė. KF dervos bandymo duomenys LST EN14527 standartas; kaitinimo temperatūra =150 °C)

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, Fmax, N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, mm <sup>2</sup>	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per Medieną %
1.1	1109	20,0	10,0	200,0	5,5	100,0
1.2	867	20,0	10,0	200,0	4,3	100,0
1.3	1202	20,0	10,0	200,0	6,0	100,0
1.4	898	20,0	10,0	200,0	4,5	100,0
1.5	912	20,0	10,0	200,0	4,6	80,0
1.6	552	20,0	10,0	200,0	2,8	100
1.7	506	20,0	10,0	200,0	2,5	100
1.8	511	20,0	10,0	200,0	2,6	100
1.9	445	20,0	10,0	200,0	2,2	100
1.10	490	20,0	10,0	200,0	2,5	100
Viso bandinių n =					10	
Mažiausias suklijavimo stipris Tmin =					2,2 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris Tmax =					6,0 MPa	
Suirties per Medieną vidurkis=					98,0 %	
Vidutinis suklijavimo stipris Tvid =					3,7 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis S =					1,41	
Variacijos koefic. V =					37,5 %	



1 pav. KF derva klijuotų bandinių procentinės suirties per Medieną nuo aplinkos temperatūros poveikio po išlaikymo pagal LST EN 14257 standarto seką Nr. 1

7 lentelė. MKF-3 dervos bandymo duomenys LST EN14527 standartas; kaitinimo temperatūra =20 °C)

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, Fmax, N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, mm <sup>2</sup>	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	1100	20,0	10,0	200,0	5,5	10
1.2	709	20,0	10,0	200,0	atmesta	
1.3	907	20,0	10,0	200,0	4,5	40
1.4	932	20,0	10,0	200,0	4,7	100
1.5	916	20,0	10,0	200,0	4,6	90
1.6	1164	20,0	10,0	200,0	5,8	10
1.7	1021	20,0	10,0	200,0	5,1	100
1.8	1229	20,0	10,0	200,0	6,1	70
1.9	886	20,0	10,0	200,0	4,4	100
1.10	969	20,0	10,0	200,0	4,8	100
Viso bandinių n =					9	
Mažiausias suklijavimo stipris Tmin =					4,4 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris Tmax =					6,1 MPa	
Suirties per medieną vidurkis=					68,9 %	
Vidutinis suklijavimo stipris Tvid =					5,1 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis S =					0,62	
Variacijos koefic. V =					12,2%	

8 lentelė. MKF-3.6 dervos bandymo duomenys LST EN14527 standartas; kaitinimo temperatūra =50 °C)

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, Fmax, N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, mm <sup>2</sup>	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	559	20,0	10,0	200,0	atmesta	
1.2	390	20,0	10,0	200,0	atmesta	
1.3	686	20,0	10,0	200,0	3,4	30
1.4	683	20,0	10,0	200,0	3,4	0
1.5	457	20,0	10,0	200,0	atmesta	
1.6	1129	20,0	10,0	200,0	5,6	0
1.7	1134	20,0	10,0	200,0	5,7	40
1.8	913	20,0	10,0	200,0	4,6	40
1.9	1213	20,0	10,0	200,0	6,1	60
1.10	1055	20,0	10,0	200,0	5,3	100
Viso bandinių n =					7	
Mažiausias suklijavimo stipris Tmin =					3,4 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris Tmax =					6,1 MPa	
Suirties per medieną vidurkis=					38,6 %	
Vidutinis suklijavimo stipris Tvid =					4,9 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis S =					1,09	
Variacijos koefic. V =					22,4%	

9 lentelė. MKF-3.6 dervos bandymo duomenys LST EN14527 standartas; kaitinimo temperatūra =70 °C)

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, Fmax, N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, mm <sup>2</sup>	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	546	20,0	10,0	200,0	2,7	100
1.2	474	20,0	10,0	200,0	atmesta	
1.3	556	20,0	10,0	200,0	2,8	100
1.4	588	20,0	10,0	200,0	2,9	100
1.5	591	20,0	10,0	200,0	3,0	100
1.6	831	20,0	10,0	200,0	4,2	100
1.7	591	20,0	10,0	200,0	3,0	100
1.8	835	20,0	10,0	200,0	4,2	100
1.9	842	20,0	10,0	200,0	4,2	100
1.10	1034	20,0	10,0	200,0	atmesta	
Viso bandinių n =					8	
Mažiausias suklijavimo stipris Tmin =					2,7 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris Tmax =					4,2 MPa	
Suirties per medieną vidurkis=					100,0 %	
Vidutinis suklijavimo stipris Tvid =					3,4 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis S =					0,68	
Variacijos koefic. V =					20,3%	



10 lentelė. MKF-3.6 dervos bandymo duomenys LST EN14527 standartas; kaitinimo temperatūra =80 °C)

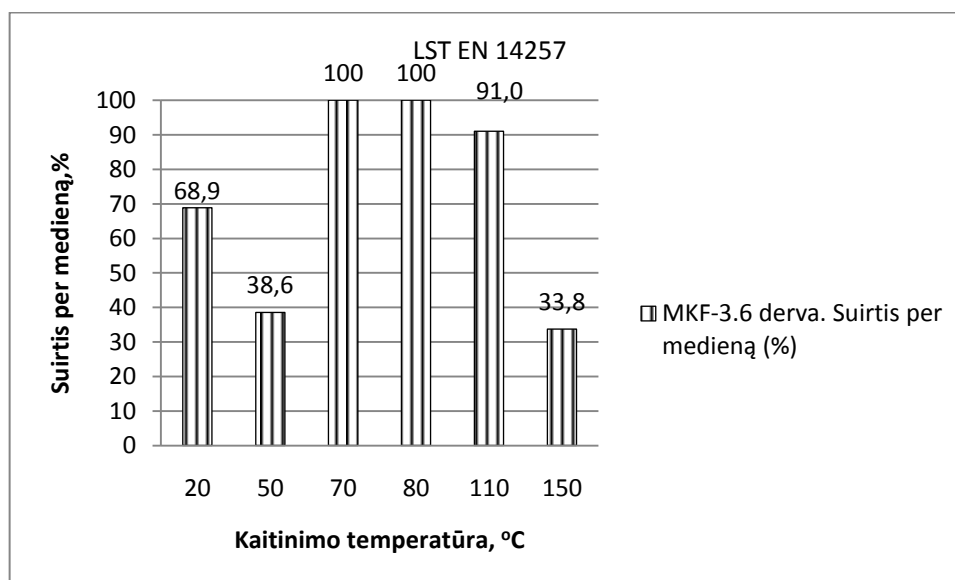
Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, Fmax, N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, mm <sup>2</sup>	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	785	20,0	10,0	200,0	3,9	100
1.2	741	20,0	10,0	200,0	3,7	100
1.3	843	20,0	10,0	200,0	4,2	100
1.4	711	20,0	10,0	200,0	3,6	100
1.5	673	20,0	10,0	200,0	3,4	100
1.6	846	20,0	10,0	200,0	4,2	100
1.7	809	20,0	10,0	200,0	4,0	100
1.8	1110	20,0	10,0	200,0	atmesta	
1.9	972	20,0	10,0	200,0	4,9	100
1.10	1023	20,0	10,0	200,0	atmesta	
Viso bandinių n =					8	
Mažiausias suklijavimo stipris Tmin =					3,4 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris Tmax =					4,9 MPa	
Suirties per medieną vidurkis=					100 %	
Vidutinis suklijavimo stipris Tvid =					4,0 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis S =					0,47	
Variacijos koefic. V =					11,7%	

11lentelė. MKF-3.6 dervos bandymo duomenys LST EN14527 standartas; kaitinimo temperatūra =110 °C)

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, Fmax, N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, mm <sup>2</sup>	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	796	20,0	10,0	200,0	4,0	50
1.2	588	20,0	10,0	200,0	2,9	100
1.3	643	20,0	10,0	200,0	3,2	100
1.4	611	20,0	10,0	200,0	3,1	100
1.5	619	20,0	10,0	200,0	3,1	100
1.6	889	20,0	10,0	200,0	4,4	60,0
1.7	906	20,0	10,0	200,0	4,5	100,0
1.8	869	20,0	10,0	200,0	4,3	100,0
1.9	813	20,0	10,0	200,0	4,1	100,0
1.10	810	20,0	10,0	200,0	4,1	100,0
Viso bandinių n =					10	
Mažiausias suklijavimo stipris Tmin =					2,9 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris Tmax =					4,5 MPa	
Suirties per medieną vidurkis=					91,0 %	
Vidutinis suklijavimo stipris Tvid =					3,8 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis S =					0,63	
Variacijos koefic. V =					16,6%	

12 lentelė. MKF-3.6 dervos bandymo duomenys LST EN14527 standartas; kaitinimo temperatūra =150 °C)

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, Fmax, N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, mm <sup>2</sup>	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	682	20,0	10,0	200,0	3,4	0
1.2	643	20,0	10,0	200,0	3,2	0
1.3	defektas	20,0	10,0	200,0	defektas	defektas
1.4	401	20,0	10,0	200,0	2,0	0
1.5	defektas	20,0	10,0	200,0	defektas	defektas
1.6	829	20,0	10,0	200,0	4,1	10
1.7	587	20,0	10,0	200,0	2,9	10
1.8	699	20,0	10,0	200,0	3,5	50,0
1.9	706	20,0	10,0	200,0	3,5	100,0
1.10	794	20,0	10,0	200,0	4,0	100,0
Viso bandinių n =					8	
Mažiausias suklijavimo stipris Tmin =					2 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris Tmax =					4,1 MPa	
Suirties per medieną vidurkis=					33,8 %	
Vidutinis suklijavimo stipris Tvid =					3,3 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis S =					0,66	
Variacijos koefic. V =					19,8 %	



2 pav. MKF-3.6 derva klijuotų bandinių procentinės suirties per medieną priklausomybė nuo aplinkos temperatūros poveikio po išlaikymo pagal LST EN 14257 standarto reikalavimus

13lentelė. MKF-9.6 dervos bandymo duomenys LST EN14527 standartas; kaitinimo temperatūra =20 °C)

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, Fmax, N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, mm <sup>2</sup>	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	1096	20,0	10,0	200,0	5,5	100
1.2	1061	20,0	10,0	200,0	5,3	100
1.3	979	20,0	10,0	200,0	4,9	100
1.4	801	20,0	10,0	200,0	4,0	100
1.5	1075	20,0	10,0	200,0	5,4	100
1.6	730	20,0	10,0	200,0	3,7	100
1.7	649	20,0	10,0	200,0	3,2	100
1.8	549	20,0	10,0	200,0	atmesta	
1.9	712	20,0	10,0	200,0	3,6	100
1.10	613	20,0	10,0	200,0	3,1	100
Viso bandinių n =					9	
Mažiausias suklijavimo stipris Tmin =					3,1 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris Tmax =					5,5 MPa	
Suirties per medieną vidurkis=					100,0 %	
Vidutinis suklijavimo stipris Tvid =					4,3 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis S =					0,98	
Variacijos koefic. V =					22,7%	

14 lentelė. MKF-9.6 dervos bandymo duomenys LST EN14527 standartas; kaitinimo temperatūra =50 °C)

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, Fmax, N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, mm <sup>2</sup>	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	968	20,0	10,0	200,0	4,8	100
1.2	1052	20,0	10,0	200,0	5,3	100
1.3	824	20,0	10,0	200,0	4,1	100
1.4	1029	20,0	10,0	200,0	5,1	100
1.5	776	20,0	10,0	200,0	3,9	100
1.6	676	20,0	10,0	200,0	3,4	100
1.7	700	20,0	10,0	200,0	3,5	100
1.8	591	20,0	10,0	200,0	3,0	100
1.9	462	20,0	10,0	200,0	atmesta	
1.10	defektas	20,0	10,0	200,0	defektas	defektas
Viso bandinių n =					8	
Mažiausias suklijavimo stipris Tmin =					3,0 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris Tmax =					5,3 MPa	
Suirties per medieną vidurkis=					100,0 %	
Vidutinis suklijavimo stipris Tvid =					4,1 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis S =					0,86	
Variacijos koefic. V =					20,9%	

15 lentelė. Pagrindiniai MKF-9.6 dervos bandymo duomenų statistiniai rodikliai (LST EN 14257 standartas; kaitinimo temperatūra =70 °C)

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, Fmax, N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, mm <sup>2</sup>	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per Medieną %
1.1	968	20,0	10,0	200,0	4,8	100
1.2	1052	20,0	10,0	200,0	5,3	100
1.3	824	20,0	10,0	200,0	4,1	100
1.4	1029	20,0	10,0	200,0	5,1	100
1.5	776	20,0	10,0	200,0	3,9	100
1.6	676	20,0	10,0	200,0	3,4	100
1.7	700	20,0	10,0	200,0	3,5	100
1.8	591	20,0	10,0	200,0	3,0	100
1.9	462	20,0	10,0	200,0	atmesta	
1.10	defektas	20,0	10,0	200,0	defektas	defektas
Viso bandinių n =					8	
Mažiausias suklijavimo stipris Tmin =					3,0 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris Tmax =					5,3 MPa	
Suirties per Medieną vidurkis=					100,0 %	
Vidutinis suklijavimo stipris Tvid =					4,1 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis S =					0,86	
Variacijos koefic. V =					20,9%	

16 lentelė. MKF-9.6 dervos bandymo duomenys LST EN14527 standartas; kaitinimo temperatūra =80 °C)

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, Fmax, N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, mm <sup>2</sup>	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	698	20,0	10,0	200,0	3,5	0
1.2	642	20,0	10,0	200,0	3,2	0
1.3	1148	20,0	10,0	200,0	atmesta	
1.4	770	20,0	10,0	200,0	3,9	20
1.5	708	20,0	10,0	200,0	3,5	0
1.6	580	20,0	10,0	200,0	2,9	10
1.7	916	20,0	10,0	200,0	4,6	0
1.8	1068	20,0	10,0	200,0	atmesta	
1.9	1043	20,0	10,0	200,0	5,2	10
1.10	576	20,0	10,0	200,0	2,9	10
Viso bandinių n =					8	
Mažiausias suklijavimo stipris Tmin =					2,9 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris Tmax =					5,2 MPa	
Suirties per medieną vidurkis=					6,25 %	
Vidutinis suklijavimo stipris Tvid =					3,7 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis S =					0,82	
Variacijos koefic. V =					22,1%	

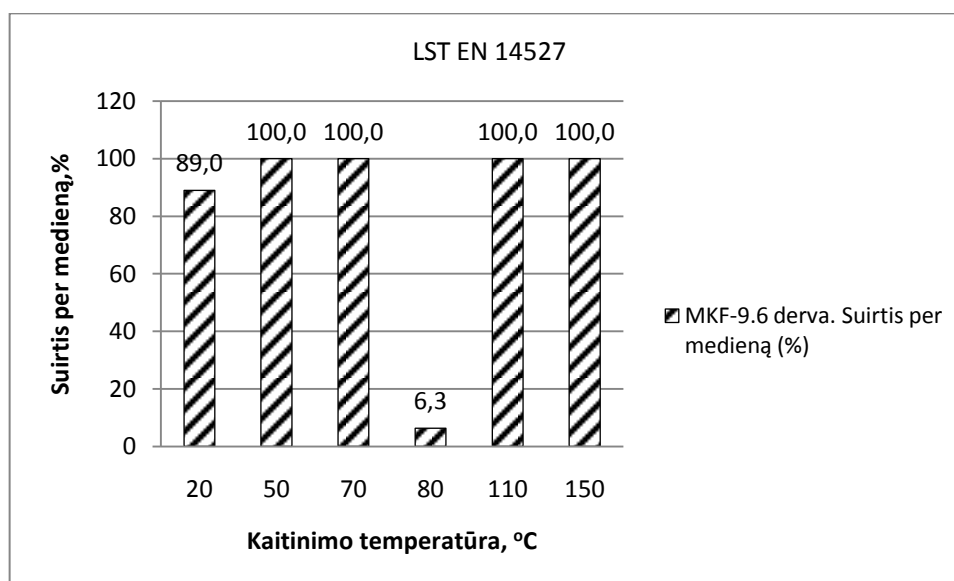
17 lentelė. MKF-9.6 dervos bandymo duomenys LST EN14527 standartas; kaitinimo temperatūra =110 °C)

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, Fmax, N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, mm <sup>2</sup>	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	995	20,0	10,0	200,0	5,0	100
1.2	757	20,0	10,0	200,0	3,8	100
1.3	569	20,0	10,0	200,0	2,8	100
1.4	575	20,0	10,0	200,0	2,9	100
1.5	564	20,0	10,0	200,0	2,8	100
1.6	592	20,0	10,0	200,0	3,0	100
1.7	119	20,0	10,0	200,0	atmesta	
1.8	599	20,0	10,0	200,0	3,0	100
1.9	139	20,0	10,0	200,0	atmesta	
1.10	defektas	20,0	10,0	200,0	defektas	defektas
Viso bandinių n =					7	
Mažiausias suklijavimo stipris Tmin =					2,8 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris Tmax =					5,0 MPa	
Suirties per medieną vidurkis=					100,0 %	
Vidutinis suklijavimo stipris Tvid =					3,3 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis S =					0,80	
Variacijos koefic. V =					24,2 %	



18 lentelė. MKF-9.6 dervos bandymo duomenys LST EN14527 standartas; kaitinimo temperatūra =150 °C)

Bandinio žymėjimas ir Nr.	Didžiausia jėga, Fmax, N	Suklijuotos dalies plotis, mm	Suklijuotos dalies ilgis, mm	Bandomo paviršiaus plotas A, mm <sup>2</sup>	Suklijavimo stipris T, MPa	Suirimas per medieną %
1.1	623	20,0	10,0	200,0	3,1	100
1.2	589	20,0	10,0	200,0	2,9	100
1.3	756	20,0	10,0	200,0	3,8	100
1.4	692	20,0	10,0	200,0	3,5	100
1.5	724	20,0	10,0	200,0	3,6	100
1.6	795	20,0	10,0	200,0	4,0	100
1.7	678	20,0	10,0	200,0	3,4	100
1.8	824	20,0	10,0	200,0	4,1	100
1.9	778	20,0	10,0	200,0	3,9	100
1.10	882	20,0	10,0	200,0	4,4	100
Viso bandinių n =					10	
Mažiausias suklijavimo stipris Tmin =					2,9 MPa	
Didžiausias suklijavimo stipris Tmax =					4,4 MPa	
Suirties per medieną vidurkis=					100,0 %	
Vidutinis suklijavimo stipris Tvid =					3,7 MPa	
Vid. kvadrat.nuokrypis S =					0,45	
Variacijos koefic. V =					12,4%	



3 pav. MKF-9.6 derva klijotų bandinių procentinės suirties per medieną priklausomybė nuo aplinkos temperatūros poveikio po išlaikymo pagal LST EN 14257 standarto reikalavimus

## 8 PRIEDAS

*1 lentelė. elektrinės krosnelės techninės charakteristikos*

Galia, kW	7
Įtampa, V	380
Fazių skaičius	3
Talpa, l	120
Maksimali temperatūra, °C	500
Aplinka kameroje	oras
<i>Kameros matmenys, mm</i>	plotis 350
	ilgis 480
	aukštis 610
<i>Gabaritiniai matmenys, mm</i>	plotis 850
	ilgis 750
	aukštis 1000
<i>Termoregulatorius E5CN</i>	