



Kauno technologijos universitetas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Mados pramonės tvarumo didinimas panaudojant pramonines tekstilės atliekas originalaus dizaino mados kolekcijoje

Baigiamasis magistro projektas

Urtė Marija Česonienė

Projekto autorė

Prof. Virginija Daukantienė

Vadovė

Kaunas, 2026



Kauno technologijos universitetas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Mados pramonės tvarumo didinimas panaudojant pramonines tekstilės atliekas originalaus dizaino mados kolekcijoje

Baigiamasis magistro projektas

Mados inovacijų technologijos (6211FX023)

Urtė Marija Čeosnienė

Projekto autorė

Prof. Virginija Daukantiene

Vadovė

Doc. Kristina Ancutienė

Recenzentė

Kaunas, 2026



Kauno technologijos universitetas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Urtė Marija Česonienė

Mados pramonės tvarumo didinimas panaudojant pramonines tekstilės atliekas originalaus dizaino mados kolekcijoje

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

1. baigiamąjį projektą parengiau savarankiškai ir sąžiningai, nepažeisdama(s) kitų asmenų autoriaus ar kitų teisių, laikydamasi(s) Lietuvos Respublikos autorių teisių ir gretutinių teisių įstatymo nuostatų, Kauno technologijos universiteto (toliau – Universitetas) intelektinės nuosavybės valdymo ir perdavimo nuostatų bei Universiteto akademinės etikos kodekse nustatytų etikos reikalavimų;
2. baigiamajame projekte visi pateikti duomenys ir tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti teisėtai, nei viena šio projekto dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar elektroninių šaltinių, visos baigiamojo projekto tekste pateiktos citatos ir nuorodos yra nurodytos literatūros sąrašė;
3. įstatymų nenumatytų piniginių sumų už baigiamąjį projektą ar jo dalis niekam nesu mokėjęs (-usi);
4. suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo ar kitų asmenų teisių pažeidimo faktui, man bus taikomos akademinės nuobaudos pagal Universitete galiojančią tvarką ir būsiu pašalinta(s) iš Universiteto, o baigiamasis projektas gali būti pateiktas Akademinės etikos ir procedūrų kontrolieriaus tarnybai nagrinėjant galimą akademinės etikos pažeidimą.

Urtė Marija Česonienė

Patvirtinta elektroniniu būdu



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

Studijų programa: Mados inovacijų technologijos 6211FX023

MAGISTRO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Studentui (-ei)

Urtei Marijai Česonienei

(Vardas, Pavardė)

1. Baigiamojo Projekto tema –

Mados pramonės tvarumo didinimas panaudojant pramonines tekstilės atliekas originalaus dizaino mados kolekcijoje

(Lietuvių kalba)

Increasing Sustainability in the Fashion Industry by Using Industrial Textile Waste in an Original Design Fashion Collection

(Anglų kalba)

2. Darbo tikslas ir uždaviniai –

Tikslas: išanalizuoti mados gaminių dizaino ir gamybos technologijas bei parinkti vieną iš jų, kuri galėtų būti pritaikyta pramoninių tekstilės atliekų panaudojimui tvarių ir gerų eksploatacinių savybių mados produktų gamyboje.

Uždaviniai:

1. išanalizuoti aprangos gamybos technologijas, tinkamas drabužių dekoravimui, ir veiksnius, darančius įtaką mados gaminių kokybei ir tvarumui;
2. įvertinti suknelėms gaminti tinkamų audinių mechanines savybes;
3. įvertinti audinių klijuotinių siūlių išluksniavimo stiprį ir jo pokytį po skalbimo;
4. sukurti suknelių mini kolekciją, kurios dizaino techniniam įgyvendinimui būtų panaudotos pramoninės gamybos atliekos ir pritaikyta klijavimo technologija.

Studentas

Urtė Marija Česonienė

2025.09.23

(Vardas, Pavardė)

(Parašas)

(Data)

Baigiamojo projekto vadovė

Virginija Daukantienė

2025.09.23

(Vardas, Pavardė)

(Parašas)

(Data)

Studijų programos vadovė

Jurgita Domskienė

2025.10.16

(Vardas, Pavardė)

(Parašas)

(Data)

Česonienė, Urtė Marija. Mados pramonės tvarumo didinimas panaudojant pramonines tekstilės atliekas originalaus dizaino mados kolekcijoje. Magistro baigiamasis projektas / vadovė prof. dr. Virginija Daukantienė; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Technologijų mokslai (F), Polimerų ir tekstilės technologijos (F02).

Reikšminiai žodžiai: tvari mada, tekstilė, klijuotinė siūlė, stiprumas, tūsumas, lenkiamasis standumas, išsluoksniavimo stipris.

Kaunas, 2026. 50 p.

Santrauka

Vienas iš tvarumo užtikrinimo būdų – individualizuotų mados gaminių kūrimas, taikant originalius dizaino sprendimus ir naudojant pramonines tekstilės atliekas.

Projekto tikslas – išanalizuoti mados gaminių dizaino ir gamybos technologijas bei parinkti vieną iš jų, kuri galėtų būti pritaikyta pramoninių tekstilės atliekų panaudojimui tvarių ir gerų eksploatacinių savybių mados produktų gamyboje.

Šiame projekte buvo kuriama suknelių mini kolekcija, paremta klijavimo technologijos taikymu suknelių dizaine. Atlikta literatūros analizė, kurioje apžvelgiami mados pramonės tvarumo aspektai, aprangos gamybos technologijos bei įvairių veiksmų įtaka klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipriui. Tiriamojoje darbo dalyje buvo įvertintos pagrindinio audinio (A) ir dekoravimui skirtų audiniu (D1-D7) mechaninės savybės (stiprumas, tūsumas ir lenkiamasis standumas), taip pat analizuotas klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris prieš ir po skalbimo, siekiant nustatyti audinio krypties, adhezinės plėvelės storio ir skalbimo įtaką klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipriui.

Remiantis tyrimo rezultatais sukurta suknelių mini kolekcija, pritaikant klijavimo technologiją suknelių dizaine, atsižvelgiant į 2026 metų mados ir interjero dizaino tendencijas bei XX a. modernizmo menininko Piet Mondrian kūrybos principus.

Česonienė, Urtė Marija. Increasing Sustainability in the Fashion Industry by Using Industrial Textile Waste in an Original Design Fashion Collection. Master's Final Degree Project / supervisor prof. dr. Virginija Daukantienė; Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Polymers and Textiles Technologies (F02), Technological Sciences (F).

Keywords: sustainable fashion, textile, adhesive bond, strength, elasticity, bending stiffness, peeling strength.

Kaunas, 2026. 50 p.

Summary

One way to ensure sustainability is through the creation of individualized fashion products by applying original design solutions and utilizing industrial textile waste.

The aim of this project is to analyze fashion design and manufacturing technologies and select one that can be adapted for the use of industrial textile waste in the production of sustainable, high-performance fashion products.

In this project, a mini-collection of dresses was developed, based on the application of bonding technology in dress design. A literature review was conducted, covering sustainability aspects of the fashion industry, garment production technologies, and the influence of various factors on the peel strength of bonded seams. In the experimental part of the work, the mechanical properties (strength, elongation, and bending stiffness) of the main fabric (A) and decorative fabrics (D1-D7) were evaluated. Additionally, the peel strength of bonded seams was analyzed before and after washing to determine the impact of fabric direction, adhesive film thickness, and washing on the peeling strength.

Based on the research results, a mini-collection of dresses was created by integrating bonding technology into the design, while incorporating 2026 fashion and interior trends and the artistic principles of the 20th-century modernist artist Piet Mondrian.

Turinys

Lentelių sąrašas	8
Paveikslų sąrašas	9
Įvadas.....	11
1. Teorinė dalis. Literatūros analizė	13
1.1. Mados pramonės tvarumas	13
1.2. Aprangos gamybos technologijos	14
1.3. Literatūros apžvalgos apibendrinimas.....	18
2. Tiriamoji dalis.....	20
2.1. Tyrimo objektai ir jų charakteristikos	20
2.2. Vienašio tempimo bandymo metodika ir rezultatai.....	22
2.2.1. Vienašio tempimo bandymo metodika	22
2.2.2. Audinių stiprumo ir tūsumo vertinimo rezultatai ir jų analizė	23
2.3. Lenkiamojo standumo vertinimo metodika ir rezultatai	25
2.3.1. Lenkiamojo standumo vertinimo metodika.....	25
2.3.2. Lenkiamojo standumo vertinimo rezultatai ir jų analizė.....	25
2.4. Klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio tyrimo prieš ir po skalbimo metodika ir rezultatai. 26	
2.4.1. Klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio tyrimo metodika.....	27
2.4.2. Klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio tyrimo rezultatai.....	29
2.4.2.1. Audinio krypties ir struktūros įtaka klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipriui	36
2.4.2.2. Klijų plėvelės storio įtaka klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipriui.....	38
2.4.2.3 Skalbimo įtaka klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipriui	39
3. Taikomoji dalis. Klijavimo technologijos taikymas mini suknelių kolekcijos dizaino praktiniame įgyvendinime panaudojant pramoninės gamybos atliekas.....	41
Išvados	46
Literatūros sąrašas	47
Priedai.....	51
1 priedas. Žodinis pranešimas konferencijoje „INDUSTRIAL ENGINEERING 2025“.....	51
2 priedas. Klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio F , N/mm rezultatų suvestinė.	52
3 priedas. Klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio rezultatai po skalbimo (D7).....	54
4 priedas. Klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio rezultatai po skalbimo (D3).....	55
5 priedas. Pagrindinio audinio (A) ir dekoravimui skirtų audinių (D1–D7) vienašio tempimo bandymų rezultatai	56
6 priedas. Klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio F , N/mm rezultatai	60

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Tekstilėje naudojamų klijų pagrindiniai tipai, savybės ir taikymo sritys	14
2 lentelė. Tirtų audinių charakteristikos	20
3 lentelė. Tirtų klijuotinių siūlių, suformuotų iš pagrindinio audinio (A) ir dekoravimui skirtų audinių (D1-D7) su skirtingo storio (P1, P2, P3) klijų plėvelėmis, kodai.....	21
4 lentelė. Audinio minkštumo indeksai	22
5 lentelė. Pagrindinio audinio (A) ir dekoravimui skirtų audinių (D1-D7) vienašio tempimo tyrimo rezultatai	23
6 lentelė. Pagrindinio audinio (A) ir dekoravimui skirtų audinių (D1–D7) lenkiamojo standumo B (μNm) rezultatai	25

Paveikslų sąrašas

1 pav. Kompiuterizuota tempimo mašina H10KT (<i>Tinius Olsen Ltd., JK</i>)	23
2 pav. Buitinė skalbimo mašina „MieleWWD320 WCS PWash“	27
3 pav. Svarstyklės „GENOMSNITT“ ir parinktas skalbinių balastas	27
4 pav. Pagrindinis audinys (A) + plėvelė (P1-P3) + dekoravimui (D1-D7) skirtas audinys	28
5 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P1-D1M, b - AA-P1-D1A, c - AI-P1-D1I	29
6 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P1-D2M, b - AA-P1-D2A, c - AI-P1-D2I	29
7 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P1-D3M, b - AA-P1-D3A, c - AI-P1-D3I	30
8 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P1-D4M, b - AA-P1-D4A, c - AI-P1-D4I	30
9 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P1-D5M, b - AA-P1-D5A, c - AI-P1-D5I	30
10 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P1-D6M, b - AA-P1-D6A, c - AI-P1-D6I	31
11 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P1-D7M, b - AA-P1-D7A, c - AI-P1-D7I	31
12 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P2-D1M, b - AA-P2-D1A, c - AI-P2-D1I	31
13 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P2-D2M, b - AA-P2-D2A, c - AI-P2-D2I	32
14 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P2-D3M, b - AA-P2-D3A, c - AI-P2-D3I	32
15 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P2-D4M, b - AA-P2-D4A, c - AI-P2-D4I	32
16 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P2-D5M, b - AA-P2-D5A, c - AI-P2-D5I	33
17 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P2-D6M, b - AA-P2-D6A, c - AI-P2-D6I	33
18 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P2-D7M, b - AA-P2-D7A, c - AI-P2-D7I	33
19 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P3-D1M, b - AA-P3-D1A, c - AI-P3-D1I	34
20 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P3-D2M, b - AA-P3-D2A, c - AI-P3-D2I	34
21 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P3-D3M, b - AA-P3-D3A, c - AI-P3-D3I	34
22 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P3-D4M, b - AA-P3-D4A, c - AI-P3-D4I	35
23 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P3-D5M, b - AA-P3-D5A, c - AI-P3-D5I	35
24 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P3-D6M, b - AA-P3-D6A, c - AI-P3-D6I	35

25 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuvuose, vaizdai: a - AM-P3-D7M, b - AA-P3-D7A, c - AI-P3-D7I	36
26 pav. Audinio krypties ir struktūros įtaka klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipriui	36
27 pav. Klijų plėvelės storio įtaka klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipriui	38
28 pav. Klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris prieš ir po skalbimo (D7).....	39
29 pav. Klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris prieš ir po skalbimo (D3).....	40
30 pav. Pasiūtos suknelių mini kolekcijos vaizdai	41
31 pav. Pantone 2026 metų spalvą „Cloud Dancer“	42
32 pav. Piet Mondriano paveikslas „Kompozicija II raudona, mėlyna ir geltona“	42
33 pav. Suknelės techninis eskizas nr.1	43
34 pav. Suknelės techninis eskizas nr.2.....	43
35 pav. Suknelės techninis eskizas nr.3.....	44
36 pav. Naudoti dygsniai ir siūlė: a - 301 dygsnio tipas, b - 1.01.01 tipo siūlė, c - 504 dygsnio tipas	44
37 pav. Naudoti dygsniai ir siūlė: a - 6.02.01 tipo siūlė, b - 103 tipo dygsnį.....	45
38 pav. 2.02.03 tipo siūlė.....	45

Ivadas

Tvari mada – tai mados industrijos praktikos ir metodai, kuriais siekiama didinti socialinę atsakomybę mažinant tekstilės atliekas ir taupant išteklius, mažinant neigiamą poveikį aplinkai ir keičiant linijinės ekonomikos modelį į žiedinės ekonomikos modelį. Tačiau interjero tekstilės pramoninių atliekų dideli kiekiai vis dar nėra efektyviai panaudojami ir tampa taršos šaltiniu, užuot virtę naujais gaminiais. Vienas iš būdų užtikrinti tvarumą – individualizuoti gaminius taikant įvairias originalaus dizaino techninio įgyvendinimo technologijas: skaitmeninį marginimą, netiesioginį terminį marginimą, sublimaciją, siuvinėjimą ar dekoravimą prikljuojamomis ar prisiuвамomis aplikacijomis. Šiame projekte išsamiai analizuojamas individualizuoto suknelės dizaino kūrimas, panaudojant pramonines tekstilės atliekas, susidarančias gaminant interjero tekstilės gaminius, pavyzdžiui, užuolaidas ir kt. Iš pramoninių tekstilės medžiagų atliekų išpjaunamos aplikacijos, kurios prie drabužio tvirtinamos taikant klijavimo technologiją.

Klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris yra svarbus vertinant jų stiprumą ir ilgaamžiškumą, ypač mados pramonėje. Presavimo temperatūra, slėgis, trukmė, tekstilės medžiagos struktūra ir kryptis klijuotinėje siūlėje yra pagrindiniai veiksniai, darantys įtaką klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipriui [1–5]. Yra nustatyta, kad didėjant presavimo temperatūrai, išsluoksniavimo stipris iki tam tikros ribos didėja, tačiau per aukšta temperatūra gali sumažinti klijuotinės siūlės išsluoksniavimo stiprį dėl per gilaus klijų įsiskverbimo į tekstilės medžiagos struktūrą [1]. Presavimo temperatūra ir trukmė turi įtakos ne tik klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipriui, bet ir jų senėjimo procesams: per ilgą presavimo trukmę arba per aukštą presavimo temperatūrą gali sukelti adhezivo polimero destruktiją [2]. Tyrimais patvirtinta, kad geriausia presavimo temperatūra yra apie 140–160°C [3-4], o didžiausias klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris užtikrinamas medžiagos įstriža kryptimi [1].

Siekiant užtikrinti klijuotinių siūlių kokybę ir gaminių eksploatacinę elgseną, būtina įvertinti audinio mechanines savybes – stiprumą, tasmą ir lenkiamąjį standumą. Audinio ištįsa įstriža kryptimi yra didesnė nei metmenų ir ataudų kryptimis, o tai patvirtina, kad įstrižai orientuoti audiniai yra lankstesni ir todėl linkę labiau deformuotis veikiant apkrovai [6]. Ši mechaninė elgsena taip pat gali turėti įtakos klijuotinių siūlių mechaninėms savybėms ir išsluoksniavimo stipriui.

Remiantis literatūros analize, klijavimo technologija pasirinkta kaip tinkamas būdas panaudoti pramonines tekstilės atliekas drabužių gamyboje. Projekto naujumas – interjero tekstilės gaminių gamybos atliekų panaudojimas kuriant originalaus dizaino suknelių mini kolekciją, taikant klijavimo technologiją. Klijavimo technologijos pagalba prie suknelių pagrindinio audinio prikljuojamos iš pramoninių tekstilės atliekų (dekoravimui skirtų audinių) išpjautos aplikacijos, taip išvengiant papildomų siuvimo siūlių ir sumažinant atliekų kiekį.

Taigi, šio magistro baigiamojo projekto tikslas – išanalizuoti mados gaminių dizaino ir gamybos technologijas bei parinkti vieną iš jų, kuri galėtų būti pritaikyta pramoninių tekstilės atliekų panaudojimui, gaminant tvarius ir gerų eksploatacinių savybių mados produktus.

Tikslui pasiekti iškelti tokie uždaviniai:

1. išanalizuoti aprangos gamybos technologijas, tinkamas drabužių dekoravimui, ir veiksnius, darančius įtaką mados gaminių kokybei ir tvarumui;
2. įvertinti suknelėms gaminti tinkamų audinių mechanines savybes;
3. įvertinti audinių klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprį ir jo pokytį po skalbimo;

4. sukurti suknelių mini kolekciją, kurios dizaino techniniam įgyvendinimui būtų panaudotos pramoninės gamybos atliekos ir pritaikyta klijavimo technologija.

1. Teorinė dalis. Literatūros analizė

Aprangos pramonėje vis dažniau taikomi aplinkai draugiški sprendimai. Siekiama sumažinti medžiagų atliekas, taupyti energiją ir didinti gamybos efektyvumą. Šiems tikslams pasiekti ieškoma alternatyvių drabužių detalių jungimo būdų.

Vienas iš būdų drabužių detalių jungimui yra klijavimo technologija, kuri tampa alternatyva siuvimo technologijai. Klijavimas leidžia sujungti detales be siūlų, pagerina gaminio estetiką, komfortą, užtikrina gaminio sandarumą (hermetizavimą) bei suteikia galimybes suformuoti plonesnes siūles. Analizuojant šią sritį plačiau, literatūroje išskiriamos trys pagrindinės drabužių jungimo technologijos: siuvimas, klijavimas ir suvirinimas. Klijavimui dažniausiai naudojamos termoplastinės medžiagos, tokios kaip poliuretanai, poliamidas, poliesteris, etileno-vinilacetatas ir akrilas. Šios medžiagos pasižymi skirtingomis savybėmis – elastingumu, atsparumu vandeniui, temperatūrai. Tyrimai rodo, kad klijuotinių siūlių stipris didelę įtaką daro presavimo temperatūra, slėgis, presavimo trukmė, klijų sluoksnio storis ir audinio struktūra [1-5]. Nustatyta, kad klijuotinės siūlės gali būti 1,5–2 kartus stipresnės už siūtas siūles, parinkus tinkamus parametrus [7]. Taip pat pastebėta, kad medžiagos pluoštinė sudėtis, pynimo tipas bei paviršiaus savybės turi įtakos klijų įsiskverbimui į medžiagos struktūrą. Klijuotinė siūlės plačiai taikomos sportinės ir funkcinės aprangos gamyboje. Klijavimo procesas gali pagerinti drabužio savybes, nes klijuotinių siūlių sukeliamas trintis yra mažesnė. Tai ypač svarbu sportinei, medicininei ir specialios paskirties aprangai, kuriai svarbus laisvumas ir patogumas.

1.1 Mados pramonės tvarumas

Šiomis dienomis tekstilės pramonėje taikomi įvairūs aplinkai draugiški sprendimai: vietoj cheminių dažų naudojami natūralūs, taikomi fermentų biokatalizatoriai, biopolimerai bei biomasė tekstilės paviršiui padengti [8]. Tvarumą didina ir lazerinės technologijos, kurios taikomos džinsinio audinio apdailai. Beatliekė (angl. *zero-waste*) mada siekia sumažinti ir panaikinti medžiagų supjovimo atliekas, tačiau drabužių gamyboje tekstilės atliekos vis tiek atsiranda dėl medžiagų defektų, kirpimo ar siuvimo broko nustatymo [8].

Viena iš pažangių tekstilės sujungimo technologijų, galinčių prisidėti prie atliekų mažinimo ir mados pramonės tvarumo didinimo, yra klijavimo technologija. Yra patvirtinta [8], kad taikant klijavimo ar suvirinimo technologijas drabužių detalėms jungti, nenaudojami siuvimo siūlai, o siūlių užlaidos yra siauresnės. Tai sumažina tekstilės medžiagų sąnaudas, o naudotų tekstilės gaminių perdirbimas tampa paprastesnis. Taip pat paminima, kad klijavimo ir suvirinimo procesai yra greitesni ir lankstesni nei tradicinis siuvimas, todėl padidėja gamybos efektyvumas ir sutaupoma laiko. Šie aspektai rodo, kad klijavimo technologija ne tik pagerina gamybos efektyvumą, bet ir prisideda prie medžiagų taupymo bei žiedinės ekonomikos principų įgyvendinimo mados pramonėje.

Žiedinė ekonomika suteikia galimybę kurti naują, tvaresnę gamybos formą [9]. Transformacija į žiedinę ekonomiką reikalauja technologinės pažangos (pvz., tekstilės atliekų perdirbimo srityje), pasiūlant naujų dizaino ir perdirbimo strategijų bei naujo požiūrio į verslo modelius.

Tvarumo kontekste, ypač žiedinėje ekonomikoje, svarbus yra tekstilės ir drabužių gyvavimo ciklo pratęsimas. Tai apima pakartotinį produktų naudojimą ir jų perdirbimą į žaliavas.

1.2. Aprangos gamybos technologijos

Mados pramonėje drabužių detalių jungimui gali būti taikoma siuvimo, klijavimo ar suvirinimo technologijos. Dažniausiai taikoma iš jų yra siuvimo technologija, rečiausiai taikoma technologija – suvirinimo, nes ji tinkamiausia funkcinės aprangos gamybai. Detalių jungimas klijuojant yra pastaruoju metu labai sparčiai populiarėjanti technologija.

Pagal technologinę paskirtį klijavimo technologija gali būti suskirstyta į tris grupes: 1) drabužių detalių dvejinimas klijiniais įdėklais; 2) drabužių detalių jungimas klijuojant; 3) siūtų siūlių sandarinimas (hermetizavimas) nelaidžiomis vandeniui juostelėmis.

Taikant klijavimą yra naudojamos skirtingos žaliavos klijai / kljinės medžiagos / adhezyvai (žr. 1 lentelę).

1 lentelė. Tekstilėje naudojamų klijų pagrindiniai tipai, savybės ir taikymo sritys [10]

Klijų tipas (pagrindas)	Savybės	Taikymas
Poliuretanai (PU)	Didelis išsluoksniavimo stipris, lankstumas, nelaidumas vandeniui	Siūlių sandarinimo plėvelės, laminatai
Poliamidai (PA)	Atsparus šilumai ir chemikalams	Klijiniai įdėklai, audiniai
Poliesteris (PES)	Didelis atsparumas tirpikliams ir nelaidumas vandeniui	Laminavimo klijai, tarpiniai sluoksniai
Etileno-vinilacetatas (EVA)	Didelis elastingumas ir lipnumas, mažesnė kaina	Avalynė, odos ir tekstilės sujungimai
Akrilas	Skaidrus, atsparus oksidacijai ir šviesai	Klijai, laminavimas

Drabužių detalių dvejinimas klijiniais įdėklais taikomas siekiant stabilizuoti drabužiams suteiktas formas. Kljinių įdėklų tipas parenkamas pagal audinio ar megztinės medžiagos, kuri dvejinama kljiniu įdėklu, pluoštinę sudėtį, nes nuo to priklauso dvejintos sistemos išsluoksniavimo stipris [11]. Kljinių įdėklų klijų lydimosi temperatūra svyruoja nuo 130 °C iki 160 °C [12]. Esant per žemai presavimo temperatūrai, išsilydę klijai (adhezyvas) jungiamų medžiagų paviršiuje pasiskirsto netolygiai, o per aukštą temperatūrą lemia per didelį klijų suskystėjimą, dėl kurio klijai gali prasiskverbti pro tekstilės medžiagos struktūrą.

Dvejintų kljinių įdėklais tekstilės sistemų kokybė priklauso nuo proceso technologinių parametrų: presavimo slėgio, trukmės ir temperatūros bei klijų (adhezyvo) žaliavos. Seyidzade su bendraautorais [13] ištyrė 100 % medvilninio audinio, dvejinto kljinių įdėklais, padengtais skirtingos žaliavos (HDPE, PLA ir PCL) klijais, išsluoksniavimo stiprį. Dvejinimas atliktas plokščiu presu, esant pastoviam 400 kPa slėgiui. Tačiau presavimo temperatūra buvo keičiama nuo 115 °C iki 200 °C, o presavimo trukmė – nuo 10 s iki 20 s. Dvejintų tekstilės medžiagų sistemų išsluoksniavimo stipris buvo nustatytas pagal ASTM D 2724-19 standartą, naudojant „Shimadzu“ tempimo mašiną. Tyrimo rezultatai parodė, kad dvejintų sistemų išsluoksniavimo stipris didėja, didėjant presavimo temperatūrai ir ilgėjant presavimo trukmei. Geriausi rezultatai gauti, esant 200 °C temperatūrai ir 20 s presavimo trukmei. Nustatyta, kad kuo labiau išsilydo klijų sluoksnis, tuo giliau jis įsiskverbia į audinio struktūrą ir padidina išsluoksniavimo stiprį. Didžiausias išsluoksniavimo stipris nustatytas HDPE kljinių įdėklo atveju, o mažiausias – PCL atveju. Taip pat nustatyta, kad didesnis polimero kristališkumo laipsnis lemia didesnį išsluoksniavimo stiprį.

Kitame tyrime [14] ištirtos klajinių įdėklų taikymo vilninių audinių, kurių pluoštinė sudėtis: 100 % vilna, 98 % vilna ir 2 % elastanas, 96 % vilna ir 4 % elastana bei 59 % vilna, 39 % poliesteris ir 2 % elastanas, dvejinimui galimybės. Kiekvienas iš tirtų audinių buvo dvejinamas dviemis skirtingais klajiniais įdėklais. Pirmojo klajinio įdėklo pagrindas sudarytas iš 80 % viskozės ir 20 % poliesterio pluoštų, o antrojo – iš 100 % poliesterio. Klajiniai įdėklai prie audinių buvo pritvirtinami presuojant, esant 121–127°C temperatūrai, 200 – 400 kPa slėgiui ir 12–15 s presavimo trukmei. Išsluoksniavimo stipris buvo išmatuojamas naudojant Instron tempimo mašiną, esant 100 mm/min išsluoksniavimo greičiui. Tyrimo rezultatai parodė, kad išsluoksniavimo stipriui didžiausią įtaką turėjo klajinio įdėklo tipas ir presavimo sąlygos. Ruoželinio pynimo atveju nustatytas didesnis išsluoksniavimo stipris, o drobinio pynimo – mažesnis. Didžiausias išsluoksniavimo stipris buvo gautas audinio, kurio pluoštinė sudėtis buvo 59 % vilnos, 39 % poliesterio ir 2 % elastano pluoštai, klajuotinei sistemai, o mažiausias – 98 % vilnos ir 2 % elastano pluoštinės sudėties audinio klajuotinei sistemai. 100 % vilnos ir 96 % vilnos su 4 % elastano pluoštais audinių klajuotinių sistemų išsluoksniavimo stipris buvo panašus tiek ruoželinio pynimo, tiek drobinio pynimo klajinių įdėklų atvejais.

Ayca Gurarda su bendraautoriais [15] ištyrė trijų tipų klajinių įdėklų: medvilninio audinio pagrindo klajinio įdėklo, poliesterinio ruoželinio pynimo audinio pagrindo klajinio įdėklo ir poliamidinio neaustinio klajinio įdėklų bei pagrindinio audinio, kurio sudėtis 80 % poliesterio ir 20 % medvilnės pluoštai, klajuotines sistemas. Sudarant audinio klajuotines sistemas su medvilniu klajiniu įdėklu, presavimo temperatūros buvo: 150 °C, 155 °C, 160 °C, 165 °C, 170 °C, ir poliesteriniam bei poliamidiniams klajiniams įdėklams – 130 °C, 135 °C, 140 °C, 145 °C, 150 °C. Presavimo trukmės 5 s, 10 s ir 15 s, o presavimo slėgis – esant 588,4 Pa. Klajuotinių sistemų išsluoksniavimo stiprio bandymas atliktas pagal ASTM D1876 ir ISO 13934-1 standartus. Vertinta presavimo temperatūros ir trukmės įtaka išsluoksniavimo stipriui. Tyrimo rezultatai parodė, kad ir medvilninio, ir poliesterinio ruoželinio pynimo klajinio įdėklo, sudvejinto su audiniu, klajuotinių sistemų išsluoksniavimo stipris didėjo, didėjant presavimo temperatūrai ir trukmei. Didžiausias išsluoksniavimo stipris gautas, kai medvilniniu klajiniu įdėklu audinys buvo dvejinamas, esant 165 °C temperatūrai. Medvilninio audinio ir klajinio įdėklo sudvejintos sistemos didžiausias išsluoksniavimo stipris gautas, esant 160 °C presavimo temperatūrai ir 10 s presavimo trukmei, o poliesterinio klajinio įdėklo atveju didžiausias išsluoksniavimo stipris gautas, esant 150°C temperatūrai. Visų taikytų presavimo temperatūrų (nuo 140°C iki 165°C) atvejais poliamidinis neaustinis klajinis įdėklas nuo medvilninio audinio neatsiluoksniavo. Nustatyta, kad poliesterinio klajinio įdėklo ir audinio klajuotinės sistemos išsluoksniavimo stipris buvo didesnis už klajuotinės sistemos, sudarytos iš audinio ir medvilninio klajinio įdėklo, esant toms pačioms presavimo sąlygoms.

Drabužių detalių jungimas klajuojant yra detalių jungimo alternatyva, sparčiai keičianti tradicinį siuvimą. Drabužių detalių jungimo klajavimo būdu esmė yra dviejų tekstilės medžiagų sujungimas klajuojamąja medžiaga (adhezyvu), esančia tarp jų, suformuojant klajuotines siūles. Adhezija tarp jungiamų tekstilės medžiagų atsiranda dėl cheminių arba mechaninių ryšių susidarymo [10]. Klajavimo technologija dažnai taikoma gaminant laisvalaikio ar sporto aprangą [16]. Ši technologija pradėta taikyti ir avalynės, medicinos priemonių ar specialiosios aprangos gamybai. Klajuotinės siūlės taikomos jungiant sintetinių, natūralių pluoštų bei mišrios pluoštinės sudėties tekstilės medžiagas, dažniausiai – megztines medžiagas. Skirtingos pluoštinės sudėties tekstilės medžiagoms sujungti naudojami įvairūs termoplastiniai kljai. Pavyzdžiui, modifikuoti poliamidai tinka nailonui, o poliesteriniai kljai – poliesteriniams audiniams ar megztinėms medžiagoms jungti. Veikiant nustatytai presavimo temperatūrai termoplastiniai kljai (adhezyvas) išsilydo, o atvėsus sukietėja, taip

sudarydami stiprų ryšį tarp sujungiamų tekstilės medžiagų sluoksnių. Mados pramonėje dažniausiai naudojami plėvelės pavidalo klijai. Jų taikymas tokiu pavidalu nereikalauja atlikti papildomos dengimo klijais operacijos, tai leidžia sumažinti energijos sąnaudas ir atliekų kiekį. Klijuotinių siūlių kokybė priklauso nuo jų gebėjimo išlaikyti pradinį tekstilės medžiagos lankstumą, kartu užtikrinant reikiamą stiprumą bei atsparumą dilimui [10].

Moksliniais tyrimais patvirtinta, kad klijuotinių siūlių kokybę lemia presavimo temperatūra, presavimo slėgis ir presavimo trukmė bei klijų savybės.

Moksliniame tyrime [16] buvo tiriamas klijuotinių siūlių, sudarytų iš audinio (W1) ir šešių poliesterio ir poliesterio ir elastano pluoštų mišinių megztinių medžiagų (K1, Ks1, Ks2, Ks3, Ks4 ir Ks5), sujungtų su poliuretano (PU) klijinėmis plėvelėmis, išsluoksniavimo stipris. Klijuotinių siūlių bandiniai buvo suklijuoti presu *GTK DEA 25R*, esant 5,6 kPa slėgiui, 150 °C temperatūrai ir skirtingoms presavimo trukmėms: 10 s, 20 s, 30 s ir 40 s. Klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris buvo vertintas, atsižvelgiant į medžiagos struktūrą ir presavimo trukmę. Tyrimo rezultatai parodė, kad didžiausias išsluoksniavimo stipris (6,12 N/mm) buvo poliesterinės megztinės medžiagos klijuotinių siūlių K1, esant 10 s presavimo trukmei. Mažiausias išsluoksniavimo stipris (4,12 N/mm) buvo gautas, esant 40 s presavimo trukmei. Taip pat pastebėta, ilginant presavimo trukmę nuo 10 s iki 40 s, išsluoksniavimo stipris didėja, ypač megztinių medžiagų su elastano pluoštu atvejais.

Medžiagos kryptis klijuotinėje siūlėje, medžiagų struktūra bei klijų plėvelės storis taip pat daro didelę įtaką klijuotinių siūlių stiprumui. Busilienė su bendraautorais [17] ištyrė megztinių medžiagų klijuotines siūles, sujungtas naudojant termoplastinio poliuretano (PU) klijų plėveles, ir įvertino medžiagos krypties, plėvelės storio ir presavimo temperatūros poveikį klijuotinių siūlių stiprumui. Klijuotinės siūlės buvo jungiamos, keičiant megztinių medžiagų juostelių kryptį siūlėje: lygiagrečiai stulpelių kryptčiai / lygiagrečiai stulpelių kryptčiai, lygiagrečiai stulpelių kryptčiai / įstrižai stulpelių kryptčiai, lygiagrečiai stulpelių kryptčiai / statmenai stulpelių kryptčiai, įstrižai stulpelių kryptčiai / įstrižai stulpelių kryptčiai ir įstrižai stulpelių kryptčiai / statmenai stulpelių kryptčiai, kiekvienam klijuotinės siūlės atvejui naudojant po dvi skirtingo storio (75 μm ir 150 μm) termoplastinio poliuretano (PU) klijų plėveles su presu *GTK DEA 25R*, esant 110 °C presavimo temperatūrai ir 5 s trukmei bei 140 °C presavimo temperatūrai ir 30 s trukmei. Klijuotinių siūlių stiprumas, tūsumas ir deformacijos anisotropijos lygis buvo įvertinti, taikant vienašį tempimo bandymą pagal EN ISO 13934-1 standartą, prieš ir po 50 varginimo ciklų, naudojant *Tinius Olsen H10K* tempimo mašiną. Tyrimo rezultatai parodė, kad klijuotinių siūlių stiprumas mažai priklauso nuo PU plėvelės storio. Lygiojo skersinio pynimo megztinės medžiagos (P) atveju stipriausios buvo klijuotinės siūlės, sudarytos iš lygiagrečiai kilpoms (vertikaliai) iškirptų medžiagos juostelių, o silpniausios – kai medžiagos juostelės buvo sujungtos statmenai kilpoms (horizontaliai) arba horizontaliai ir 45° kampu. Ruoželinio (1×1 rib) pynimo mezginių grupėje stipriausios klijuotinės siūlės taip pat buvo suformuotos, kai abi medžiagos juostelės buvo orientuotos ta pačia kryptimi, o silpniausios – statmenai orientuotos siūlės. Cikliniai nuovargio tyrimo bandymai parodė, kad pakartotinės apkrovos (50 ciklų) neturėjo reikšmingos įtakos klijuotinių siūlių stiprumui.

Busilienė su bendraautorais [18] ištyrė lygiojo skersinio ir 1×1 ruoželinio pynimo poliesterinės megztinės medžiagos su elastanu (93 % PES, 7 % EL) klijuotines siūles, sudarytas naudojant dvi skirtingo storio PU adhezines plėveles – 75 μm ir 150 μm bei keičiant medžiagų juostelių orientaciją siūlėje: lygiagrečiai stulpelių kryptčiai, statmenai stulpelių kryptčiai ir įstrižai stulpelių kryptčiai. Klijavimas atliktas dviem etapais – 1 etape, esant 300 kPa slėgiui, 110 °C presavimo temperatūrai ir

5 s trukmei bei 2 etape, esant 140 °C presavimo temperatūrai ir 30 s trukmei. Tyrimo rezultatai parodė, kad medžiagų, pasižyminčių nedidele savybių anizotropija, klijuotinės siūlės, sufomuotos naudojant plonesnę termoplastinę adhezinę plėvelę, buvo 40–59 %, stipresnės nei megztinės medžiagos be siūlių, o naudojant storesnę plėvelę – 21–68 %. Pastebėta, kad ciklinės apkrovos turėjo mažai įtakos klijuotinių siūlių stiprumui – didžiausią poveikį turėjo naudotos plėvelės tipas, o ne megztinės medžiagos kryptis klijuotinėje siūlėje.

Apie klijavimo technologijos taikymą sportinių drabužių gamyboje akcentuojama ir kitame moksliniame darbe [19]. Minimame tyrime analizuotos 100 % poliesterinės megztinės medžiagos, sujungtos naudojant termoplastinę poliuretano (TPU) adhezinę plėvelę, klijuotinių siūlių savybės. Klijavimas atliktas naudojant *H&H CS-330* presą, esant 120 °C temperatūrai ir 20 s trukmei bei 413,6 kPa slėgiui. Buvo nustatyta, kad klijuotinės siūlės pasižymėjo mažesniu storiu (1,067 mm) ir mažesniu paviršiniu tankiu (264,20 g/m²) nei siūtos siūlės. Dėl šio rezultato drabužio masė gali sumažėti iki 15 %. Taip pat, klijuotinės siūlės išlaikė didelį laidumą orui.

Mokslininkė Sukran Kara su bendraautore [7] ištyrė penkių tipų siūles: siūtas (S), suvirintas ultragarsiniu būdu (U), klijuotas siūles (T), užsandarintas juostelėmis siūtas siūles (ST), užsandarintas ultragarsiniu būdu suvirintas siūles (UT). Tyrimo metu buvo vertinamas siūlių stiprumas, storis ir laidumas orui. Klijuotinės siūlės buvo formuojamos tarp dviejų poliesterinio (PET) audinio sluoksnių, naudojant dvipusę *Bemis 3415* adhezinę plėvelę, kurios plotis – 1 cm. Siūlių stiprumas buvo nustatytas pagal TS EN ISO 13935-2:2014 standartą, naudojant *Instron 4411* tempimo mašiną. Tyrimo rezultatai parodė, kad klijuotinės siūlės (T) buvo stipriausios –725–753 N metmenų ir 370–490 N ataudų kryptimis. Šių siūlių stiprumas buvo 1,5–2 kartus didesnis už siūtų siūlių (S) stiprumą. Ultragarsiniu būdu suvirintos siūlės (U) pasižymėjo mažiausiu stiprumu – mažiau nei 60 N. Klijuotinių siūlių storis buvo tik 0,4 mm, t. y. 67 % mažesnis nei siūtų siūlių. Tai rodo, kad suklijuojant galima suformuoti plonesnes siūles.

Wanigasundara su bendraautorais [20] ištyrė paviršiaus apdorojimo plazma įtaką klijuotinių siūlių, suformuotų iš lygiojo skersinio pynimo medvilnės (95 %) ir elastano (5 %) megztinės medžiagos ir termoplastinės poliuretano (TPU, *Bemis 3412*) klijų plėvelės, išsluoksniavimo stipriui. Klijavimas atliktas dviem etapais: 1) esant 120 °C presavimo temperatūrai ir 10 s presavimo trukmei bei 2) esant 170°C presavimo temperatūrai ir 15 s presavimo trukmei ir 500 kPa slėgiui. Klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris nustatytas pagal ASTM D1876 standartą naudojant *Instron* tempimo mašiną. Tyrimo rezultatai parodė [20], kad didžiausias klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris buvo nustatytas, esant 170 °C presavimo temperatūrai ir 15 s presavimo trukmei. Plazma apdoroto balto audinio klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris buvo 58 % didesnis už plazma neapdoroto audinio, o juodo audinio – net 69 % didesnis, lyginant su neapdorotu plazma tuo pačiu audiniu.

Niromi Seram su bendraautorais [21] įvertino klijuotinių siūlių, kuriomis buvo sujungtos skirtingos pluoštinės sudėties (100 % medvilnės, 100 % poliesterio ir 88 % poliesterio su 12 % spandekso pluoštų mišinio) megztinės medžiagos, ir siūtų siūlių stiprumą. Tyrimo rezultatai parodė, kad klijuotinės siūlės pasižymėjo gerokai didesniu stiprumu nei siūtos. Poliesterio/ spandekso megztinių medžiagų klijuotinės siūlės buvo stipriausios (iki 510,9 N), o silpniausios – 100 % medvilninės megztinės medžiagos (apie 193,19– 251,05 N). Visų pluoštinių sudėčių megztinių medžiagų klijuotinės užkeistinės siūlės taip pat pasižymėjo dideliu stiprumu. Iš visų tirtų megztinių medžiagų 100 % medvilninės medžiaga pasižymėjo mažiausiu siūlės stiprumu, o poliesterio bei poliesterio su spandeksu medžiagos buvo įvardytos kaip tinkamiausios klijuotinėms siūlėms formuoti.

Medžiagų paviršiaus įtaka klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipriui buvo vertinama [22] tiriant klijuotines siūles, sudarytas tris skirtingos struktūros medžiagas: audinį, megztinę medžiagą ir laminuotą medžiagą, sujungiant su termoplastine poliuretano (PU) klijų plėvele *BEMIS*. Bandiniai buvo paruošti dviem etapais: pirmajame etape klijų plėvelė buvo jungta su medžiaga, esant 160 °C temperatūrai 10 s, antrajame etape, esant 180 °C temperatūrai ir 30 s trukmei, naudojant *Stirovap* presą. Klijuotinių siūlių kokybę įvertinta pagal vidutinį išsluoksniavimo stiprį (N/mm), naudojant *Tinius Olsen H10KT* tempimo mašiną. Nustatyta, kad klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris priklauso nuo medžiagos struktūros. Laminuotų medžiagų klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris yra didžiausias, o megztinių medžiagų klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris yra mažesnis, nes išsluoksniavimo metu jos daugiau deformavosi. Klijuotinių siūlių stiprumas svyravo nuo 0,42 iki 4,76 N/mm, o išsluoksniavimo ilgis – nuo 11,2 iki 35,5 mm. Didesni išsluoksniavimo ilgiai gauti megztinėms medžiagoms dėl jų didesnio tūsumo. Tyrimas parodė [22], kad megztinės medžiagos paviršiaus struktūra ir kontaktinis plotas su klijų plėvele turi didelę įtaką išsluoksniavimo stipriui.

Kitame moksliniame tyrime [23] buvo ištirtas ultragarsiniu būdu suvirintų, siūtų ir klijuotinių siūlių, jungiančių poliuretanine (PU) plėvele dengtų poliesterinių megztinių medžiagų stulpelių krypties juostes, nelaidumas vandeniui. Klijuotinės siūlės buvo formuojamos naudojant *Teksmak 7705* siūlių sandarinimo mašiną, taikant 2 cm pločio PU klijų juostelę. Medžiagų su siūlėmis bandiniai buvo išskalbti skalbimo mašinoje pagal standartą TS EN ISO 6330:2012, esant 30 °C temperatūrai ir nustatant sintetinėms medžiagoms skalbti skirtą programą. Skalbimo procesas pakartotas penkis kartus. Siūlių stiprumo duobiant bandymai atlikti prieš ir po skalbimo pagal TS 393 EN ISO 13938-1:2002 standartą. Siūlių nelaidumas vandeniui tirtas pagal TS 257 EN 20811:1996 standartą. Tyrimo rezultatai parodė [23], kad po skalbimo tiek ultragarsiniu būdu suvirintų, tiek klijuotinių siūlių stipris sumažėjo, tačiau klijuotinės siūlės išlaikė didesnį stiprumą nei ultragarsiniu būdu suvirintos siūlės. Taip pat nustatyta, kad po skalbimo siūlių laidumas vandeniui sumažėjo, o tai rodo, kad klijų juosta gerai užsandarina siūlės zoną. Tyrimas patvirtino, kad, parinkus tinkamus parametrus, klijuotinės siūlės gali būti panašaus stiprumo kaip ir ultragarsiniu būdu suvirintos siūlės, o poliesterinės megztinės medžiagos, padengtos PU danga, yra tinkamos sportinės aprangos, kuriai aktualus nelaidumas vandeniui ir lankstymui, gamybai.

Heekyoung Oh su bendraautoriais [24] analizavo 1,5 mm ir 3 mm storio neopreno medžiagų, sujungtų 100 % poliesteriniais gijiniais siūlais, sujungimus užsandarintus 0,09–0,10 mm storio PU sandarinimo juosta. Ši juosta atspari 450–480 °C karšto oro srautui ir 78453,2 Pa slėgiui. Siūlių sandarinimo įtakai įvertinti buvo atliktas *Wilcoxon*’o bandymas. Nustatyta, užsandarintų siūlių nelaidumas vandeniui buvo didesnis už 150 cm H₂O stulpelio. Siūlės stiprumas vertintas pagal KSK 0530 metodą, o nelaidumas vandeniui – pagal KSK ISO 811 metodą. Didžiausias 1,5 mm storio neopreno bandinių nelaidumas vandeniui siekė 414,4 cm H₂O stulpelio, o 3 mm storio – 987,6 cm H₂O stulpelio. Tyrimais patvirtinta, kad užsandarintų siūlių nelaidumas vandeniui buvo didesnis už neužsandarintų siūlių. Taip pat nustatyta, kad siūlės stiprumas didėjo, didėjant neopreno storiui.

1.3. Literatūros apžvalgos apibendrinimas

Atlikus mokslinės literatūros analizę galima teigti, kad klijavimo technologija yra efektyvi ir perspektyvi drabužių detalių jungimo technologija. Klijuotinių siūlių kokybę lemia ne tik naudojamos klijinės medžiagos tipas, bet ir technologiniai parametrai. Nustatyta, kad tinkamai parinkus klijavimo sąlygas, galima pasiekti didelį siūlių stiprumą, tūsumą ir nelaidumą vandeniui. Medžiagos pluoštinė sudėtis ir struktūra turi reikšmingą poveikį klijų įsiskverbimui bei sukibimo kokybei, todėl

skirtingoms tekstilės medžiagoms būtina taikyti individualius kljavimo režimus. Literatūros analizė patvirtina, kad klijuotinės siūlės ypač tinkamos sportinei, funkicinei ir apsauginei aprangai, kuriai svarbus dėvėjimo komfortas, o kljavimo technologija prisideda prie tvarios gamybos principų įgyvendinimo, nes mažina medžiagų sąnaudas ir gamybos atliekas. Kljavimo technologija leidžia panaudoti pramonines tekstilės atliekas kaip dekoratyvinius elementus mados gaminių dizainui, taip sumažinant gamybos atliekų kiekį. Kljavimo būdu sujungtos siūlės yra mažiau matomos, nenaudojami papildomi siuvimo siūlai, todėl pagerina gaminio estetinį vaizdą bei suteikia galimybes suformuoti plonesnes siūles.

Apibendrinant literatūros analizę, galima teigti, kad kljavimo technologija gali ne tik pagerinti drabužių funkcines savybes, bet ir leidžia pritvirtinti prie pagrindinių drabužių detalių įvairias drabužių dekoravimo aplikacijas, pagamintas iš tekstilės gaminių pramoninių atliekų.

2. Tiriamoji dalis

Tiriamajoje dalyje siekiama įvertinti audinių tinkamumą mados gaminių dizaino kūrimui ir dekoratyviniams sprendimams, panaudojant pramonines tekstilės atliekas, susidarančias gaminant užuolaidas. Tyrimo rezultatai buvo pritaikyti kuriant suknelių mini kolekciją, kurios dizaino įgyvendinimui buvo taikoma klijavimo technologija.

Tyrimas apėmė pagrindinio audinio (A) ir dekoravimui skirtų audinių (D1–D7) struktūros analizę, audinių mechaninių savybių (stiprumo, tūsumo ir lenkiamojo standumo) ir klijuotinių siūlių išluoksniavimo stiprio vertinimą.

Vertinta audinio krypties (metmenų, ataudų ir įstrižos), adhezinės plėvelės storio (P1, P2, P3) ir skalbimo įtaka klijuotinių siūlių išluoksniavimo stipriui. Atliktų tyrimų rezultatai leido parinkti dekoravimui skirtus audinius ir reikiamo storio adhezinę plėvelę suknelių dekoravimui bei numatyti jų elgseną po skalbimo.

2.1. Tyrimo objektai ir jų charakteristikos

Pagrindiniu audiniu (A) pasirinktas UAB „Textilis“ (Lietuva) pagamintas audinys, tinkamas suknelių gamybai, o iš užuolaidoms siūti skirtų audinių gamybos atliekų, projekte panaudotų suknelių dekoravimui, atrinkti audiniai D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7.

Tekstilės medžiagų paviršinis tankis buvo išmatuotas pagal standartą LST ISO 3801:1998 [25]. Audinio storis h_1 išmatuotas naudojant J-40-T stormatį, esant 1 kPa slėgiui pagal standartą ISO 5084:1996 [26]. Audinio storis h_2 išmatuotas naudojant J-40-T stormatį, esant 1,6 kPa slėgiui. Audinio siūlų ilginis tankis buvo nustatytas pagal standartą ISO 7211-5:2020 [27].

2 lentelė. Tirtų audinių charakteristikos

Audinio paskirtis ir kodas	Pluoštinė sudėtis, %	Pynimo tipas	Storis, mm		Paviršinis tankis, g/m ²	Audinio tankumas, cm ⁻¹		Siūlų ilginis tankis, tex	
			h_1	h_2		M	A	M	A
Pagrindinis (A)	90 PES, 10 EL	Drobinis	0,69±0,01	0,66±0,01	210,0±11,0	62	31	11,0±0,0	11,2±0,0
Dekoravimo (D1)	100 PES	Žakardinis	0,76±0,11	0,63±0,05	242,0±4,0	87	41	8,7±0,0	36,0±0,0
Dekoravimo (D2)	100 PES	Atlasinis/ruoželinis	0,76±0,01	0,70±0,00	249,0±5,0	35	25	43,5±0,0	42,6±0,0
Dekoravimo (D3)	100 PES	Atlasinis	0,64±0,01	0,61±0,01	204,0±4,0	61	26	18,1±0,0	33,3±0,0
Dekoravimo (D4)	100 PES	Žakardinis	0,37±0,03	0,31±0,01	82,0±4,0	31	25	11,8±0,0	12,4±0,0
Dekoravimo (D5)	100 PES	Panamos pynimas	0,56±0,01	0,54±0,00	192,0±1,0	69	27	11,9±0,0	34,6 ±0,0
Dekoravimo (D6)	100 PES	Atlasinis/ruoželinis	0,66±0,01	0,62±0,01	204,0±1,0	31	28	34,7±0,0	30,8±0,0
Dekoravimo (D7)	100 PES	Drobinis	0,09±0,01	0,08±0,00	24,0±0,1	58	49	2,5±0,0	2,9±0,0

Pastabos: PES – poliesteris. EL – elastanas. M – audinio metmenų kryptis. A – audinio ataudų kryptis.

Klijuotinės siūlės sudaromos toje pačioje siūlėje jungiant pagrindinį audinį (A) su vienu iš dekoravimui skirtų audinių (D1-D7) (žr. 3 lentelę). Minėtų audinių klijuotinės siūlės sudarytos taikant trijų skirtingų storių adhezinės plėvelės. Šiame projekte buvo naudojamos gamintojo „Adhesive Films, INC“ 100 % poliesterio (PES) pagrindo adhezinės (klijų) plėvelės, kurių storiai buvo: 0,04 mm (P1), 0,08 mm (P2) ir 0,13 mm (P3). Gamintojo nurodyta klijų plėvelių lydymosi temperatūra – 130-135 °C. Šios plėvelės tinkamos medvilninių ir poliesterinių tekstilės medžiagų klijavimui tokiose srityse kaip aplikacijos, etiketės ir pan. Tirtų klijuotinių siūlių kodai pateikti 3 lentelėje.

3 lentelė. Tirtų klijuotinių siūlių, suformuotų iš pagrindinio audinio (A) ir dekoravimui skirtų audinių (D1-D7) su skirtingo storio (P1, P2, P3) klijų plėvelėmis, kodai

Audinio kodas	P1 plėvelė		
	Metmenų kryptis	Ataudų kryptis	Istriža kryptis
D1	AM-P1-D1M	AA-P1-D1A	AI-P1-D1I
D2	AM-P1-D2M	AA-P1-D2A	AI-P1-D2I
D3	AM-P1-D3M	AA-P1-D3A	AI-P1-D3I
D4	AM-P1-D4M	AA-P1-D4A	AI-P1-D4I
D5	AM-P1-D5M	AA-P1-D5A	AI-P1-D5I
D6	AM-P1-D6M	AA-P1-D6A	AI-P1-D6I
D7	AM-P1-D7M	AA-P1-D7A	AI-P1-D7I
P2 plėvelė			
D1	AM-P2-D1M	AA-P2-D1A	AI-P2-D1I
D2	AM-P2-D2M	AA-P2-D2A	AI-P2-D2I
D3	AM-P2-D3M	AA-P2-D3A	AI-P2-D3I
D4	AM-P2-D4M	AA-P2-D4A	AI-P2-D4I
D5	AM-P2-D5M	AA-P2-D5A	AI-P2-D5I
D6	AM-P2-D6M	AA-P2-D6A	AI-P2-D6I
D7	AM-P2-D7M	AA-P2-D7A	AI-P2-D7I
P3 plėvelė			
D1	AM-P3-D1M	AA-P3-D1A	AI-P3-D1I
D2	AM-P3-D2M	AA-P3-D2A	AI-P3-D2I
D3	AM-P3-D3M	AA-P3-D3A	AI-P3-D3I
D4	AM-P3-D4M	AA-P3-D4A	AI-P3-D4I
D5	AM-P3-D5M	AA-P3-D5A	AI-P3-D5I
D6	AM-P3-D6M	AA-P3-D6A	AI-P3-D6I
D7	AM-P3-D7M	AA-P3-D7A	AI-P3-D7I

Yra žinoma, kad išsilydžiusių klijų įsiskverbimas į medžiagos struktūrą labai priklauso nuo medžiagos akytumo, kuris netiesiogiai gali būti apibūdinamas pagal minkštumo indeksą, kuris apskaičiuotas naudojant storio vertes h_1 ir h_2 , išmatuotas esant skirtingam slėgiui, pagal formulę:

$$\Delta h = \frac{h_1 - h_2}{h_1} \cdot 100\%. \quad (1)$$

Audinio minkštumo indeksai Δh pateikti 4 lentelėje.

4 lentelė. Audinio minkštumo indeksai

Parametras	Audinys							
	A	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Minkštumas Δh , %	4,35	17,11	7,89	4,69	16,22	3,57	6,06	11,11

Iš pateiktų 4 lentelėje tyrimo rezultatų matyti, kad audinių minkštumo indeksas priklauso nuo audinio struktūros, pynimo tipo ir paviršinio tankio.

Didžiausiu minkštumu pasižymėjo audiniai D1 (17,11 %) ir D4 (16,22 %), D7 (11,11 %), tuo tarpu mažiausi minkštumo indeksai nustatyti D5 (3,57 %) ir D3 (4,69 %) audiniams. Tikėtina, kad kuo didesnis audinio minkštumas (akytumas), tuo klajai giliau įsiskverbia į audinį.

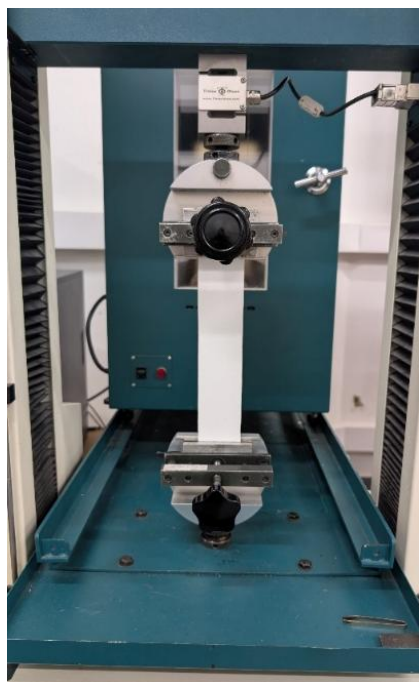
2.2 Vienašio tempimo bandymo metodika ir rezultatai

Atlikus vienašio tempimo bandymą, nustatytas tirtų audinių stiprumas ir tūsumas skirtingomis audinių kryptimis.

2.2.1 Vienašio tempimo bandymo metodika

Pagrindinio audinio (A) bei dekoravimui skirtų audinių (D1-D7) stiprumas ir tūsumas vertintas pagal LST EN ISO 13934-1:2013 [28] standartą. Nors audinys (A) šiame projekte naudojamas suknelės pagrindui, o iš dekoravimui skirtų audinių (D1-D7) bus iškerpamos suknelių apdailos detalės ir priklijuojamos prie pagrindinio audinio (A) suknelės detalių, tačiau analizuojamos ir pagrindinio audinio, ir dekoravimui skirtų audinių mechaninės savybės, nes esant pakankamam kiekiui dekoravimui skirtų audinio (pramoninių atliekų) ir esant tinkamoms jo mechaninėms savybėms, iš jo galima pagaminti ir visą suknelę arba didesnę jos dalį. Tarplekalinės atliekos, liekančios nuo suknelių gamybos iš pagrindinio audinio (A), taip pat gali būti efektyviai panaudotos kaip dekoravimo elementai.

Vienašio tempimo bandymas atliktas naudojant kompiuterizuotą tempimo mašiną H10KT (*Tinius Olsen Ltd.*, JK) (žr. 1 paveikslą). Bandiniai buvo tempiami 100 mm/min greičiu, pridėjus pradinę 5 N apkrovą. Metmenų, ataudų ir įstriža kryptimis buvo paruošta po penkis 50 mm pločio ir 300 mm ilgio audinio bandinius (200 mm – bandinio darbo zonos ilgis).



1 pav. Kompiuterizuota tempimo mašina H10KT (Tinius Olsen Ltd., JK)

2.2.2 Audinių stiprumo ir tūsumo vertinimo rezultatai ir jų analizė

Vienaašio tempimo tyrimo rezultatų suvestinė, pateikta 5 lentelėje, rodo, kad audinio tempiamasis stiprumas ir tūsumas priklauso nuo audinio krypties.

5 lentelė. Pagrindinio audinio (A) ir dekoravimui skirtų audinių (D1-D7) vienaašio tempimo tyrimo rezultatai

Audinio kodas	Maksimali jėga, $F_{\max}$, N	Pailgėjimas, $\varepsilon_{\max}$, %	Maksimali jėga, $F_{\max}$, N	Pailgėjimas, $\varepsilon_{\max}$, %	Maksimali jėga, $F_{\max}$, N	Pailgėjimas, $\varepsilon_{\max}$, %
	Metmenų kryptimi		Ataudų kryptimi		Įstriža kryptimi	
A	1028,2±104,8	51,63±8,60	411,60±71,65	37,33±4,07	412,96±80,94	75,90±12,12
D1	1109,20±152,01	39,00±5,35	1228,40±66,49	32,11±3,28	695,60±93,60	85,96±8,72
D2	1344,00±20,02	48,91±1,68	952,20±32,84	36,18±1,35	472,80±77,29	36,20±5,78
D3	1487,80±97,38	37,33±3,61	928,00±93,83	16,55±2,24	563,40±87,15	43,75±4,50
D4	396,12±16,52	45,59±3,16	301,60±13,44	39,67±9,32	218,12±26,11	40,53±4,18
D5	1134,60±16,85	46,50±1,45	1287,60±69,55	30,96±1,83	812,20±12,82	66,90±5,02
D6	981,40±35,18	45,91±0,65	873,80±25,33	24,86±1,81	581,60±22,29	52,85±4,79
D7	188,08±6,28	29,17±1,95	99,48±8,42	17,97±2,36	87,32±17,29	23,24±4,72

Pagrindinis audinys (A) yra stipriausias metmenų kryptimi (1028,20 N) ir tūšiausias (75,90 %) įstriža kryptimi. Tai ypač naudinga gaminant drabužius, kuriems reikalingas geras kritimas ar prigludimas. Ataudų kryptimi (A) audinys pasižymi mažiausiu tūsumu (37,33 %) ir mažiausiu stiprumu (411,60 N), kuris yra 60 % mažesnis nei metmenų kryptimi. Įstriža kryptimi (A) audinys yra 2 kartus (103 %) tūsesnis nei ataudų kryptimi.

Dekoravimui skirtas audinys (D1), turintis didelį paviršinį tankį ($242,0 \pm 4,0 \text{ g/m}^2$), pasižymėjo dideliu stiprumu ir dideliu tūsumu. Didžiausia maksimali tempimo jėga gauta ataudų kryptimi (1228,40 N),

o įstriža kryptimi mažiausia tempimo jėga (695,60 N), tačiau pasiektas 85,96 % pailgėjimas – tai yra didžiausias tūsumas tarp visų tirtų audinių.

Audinys (D2), turintis didžiausią paviršinį tankį iš visų audinių ($249,0 \pm 5,0 \text{ g/m}^2$), buvo antroje vietoje po stipriausio ir tasiausio audinio, t.y. maksimali jėga buvo lygi 1344,00 N, ir tūsumas – 48,91 % (metmenų kryptimi). Mažiausia maksimalios tempimo jėgos vertė šiam audiniui buvo nustatyta įstriža kryptimi (472,80 N), kas yra 65 % mažiau nei metmenų kryptimi.

Dekoravimui skirtas audinys (D3), kurio paviršinis tankis – $204,0 \pm 4,0 \text{ g/m}^2$, metmenų kryptimi yra stipriausias (1487,80 N) iš visų tirtų audinių, o mažiausias šio audinio stiprumas (563,40 N) ir didžiausias pailgėjimas (43,75 %) buvo nustatytas įstriža kryptimi. Šis audinys metmenų kryptimi yra 17 kartų stipresnis už silpniausią dekoravimui skirtą audinį (D7), kurio maksimali tempimo jėga įstriža audinio kryptimi buvo tik 87,32 N.

Mažu stiprumu ir vienu iš mažiausių paviršiniu tankiu ($82,0 \pm 4,0 \text{ g/m}^2$) pasižymėjo dekoravimui skirtas (D4) audinys. Šis audinys buvo stipriausias (396,12 N) ir tasiausias (45,59 %) metmenų kryptimi. Mažiausias šio audinio pailgėjimas tempiant (39,67 %) nustatytas ataudų kryptimi, ir mažiausias stiprumas (218,12 N) – įstriža kryptimi.

Dekoravimui skirtas audinys (D5), kurio su paviršinis tankis – $192,0 \pm 1,0 \text{ g/m}^2$, yra stipriausias ataudų kryptimi (1287,60 N). Įstriža kryptimi audinys buvo tasiausias (66,90 %) ir silpniausias (812,20 N). Audinys ataudų kryptimi mažiausiai pailgėjo (30,96 %), bet buvo 2,2 karto mažiau tūsus lyginant su įstriža kryptimi, bei 58 % stipresnis nei įstriža kryptimi.

Dekoravimui skirtas (D6) audinys buvo stipriausias (981,40 N) metmenų kryptimi, o silpniausias – įstriža kryptimi. Didžiausias audinio pailgėjimas (52,85 %) buvo gautas įstriža kryptimi, kas yra 2,1 karto daugiau nei ataudų kryptimi (24,86 %).

Dekoravimui skirtas audinys (D7), kurio paviršinis tankis buvo mažiausias palyginti su kitais audiniais ($24,0 \pm 0,1 \text{ g/m}^2$), pasižymėjo mažiausiu tempiamuoju stiprumu ir pailgėjimu visomis kryptimis, lyginant su kitais dekoravimui skirtais audiniais. Didžiausios tempiamosios maksimalios jėgos (188,08 N) ir pailgėjimo (29,17 %) vertės nustatytos audinio metmenų kryptimi. D7 audinys įstriža kryptimi yra mažiausiai tūsus (23,24 %), kas yra 3,7 karto mažiau, lyginant su tasiausio D1 audinio pailgėjimu (85,96 %).

Kitų tyrėjų moksliniuose darbuose yra patvirtinta [29], kad didesnę paviršinį tankį turintys audiniai pasižymi didesniu stiprumu. Barbuski su bendraautoriais [29] nustatė, kad didesnio paviršinio tankio (610 g/m^2) laminuotos medžiagos yra apie 45–50 % stipresnės už mažesnio paviršinio tankio (210 g/m^2) medžiagas.

Daugumos tirtų audinių didžiausios maksimalios tempiamosios jėgos vertės buvo nustatytos metmenų kryptimi: (A) audinio – 1028,2 N, (D2) audinio – 1344,00 N, (D3) audinio – 1487,80 N. Tokios pat tendencijos buvo nustatytos ir kitų tyrėjų darbuose [30, 31]. Büyükbayraktar su bendraautoriais nustatė [30], kad visų tirtų audinių stiprumas metmenų kryptimi buvo didesnis negu ataudų ir įstriža kryptimis. Tik dviejų tirtų audinių stiprumas ataudų kryptimi buvo didesnis: (D1) audinio – 1228,40 N ir (D5) audinio – 1287,60 N.

Beveik visi šiame projekte analizuoti audiniai įstriža kryptimi buvo silpniausi, išskyrus (A) audinį, kuris buvo silpnesnis ataudų kryptimi, bei tąsiais. Kitų tyrėjų darbe [29] taip pat buvo nustatytas didžiausias pailgėjimas audinių įstriža kryptimi. Tik trijų šiame projekte tirtų audinių tąsumas įstriža kryptimi buvo mažesnis metmenų kryptimi: (D2) audinio – 48,91 %, (D4) audinio – 45,59 % ir (D7) audinio – 29,17 %.

2.3 Lenkiamojo standumo vertinimo metodika ir rezultatai

Lenkiamasis standumas – tai savybė, apibūdinanti medžiagos pasipriešinimą lenkimui, tai yra, kaip sunkiai ji linksta veikiamą savojo svorio. Tai yra svarbus rodiklis, nusakantis audinio lankstumą ir jo gebėjimą išlaikyti pradinę formą. Nuo šios savybės priklauso, kaip audinys krinta (drapiruoja). Audiniai su didesniu lenkiamuoju standumu yra standesni ir geriau išlaiko formą, o mažesnio lenkiamojo standumo - lankstesni, elastingesni ir geriau prisitaikantys prie dėvinčiojo kūno linijų. Todėl šiame projekte buvo įvertinta audinių struktūros, krypties bei pusės įtaka pagrindinio suknelės audinio (A) ir dekoravimui skirtų audinių (D1-D7) lenkiamajam standumui.

2.3.1 Lenkiamojo standumo vertinimo metodika

Pagrindinio audinio (A) ir dekoravimui skirtų audinių (D1-D7) lenkiamasis standumas metmenų, ataudų ir įstriža kryptimis buvo ištirtas, taikant *FAST-2* lenkimo matuoklį. Kiekvienai audinio kryptčiai buvo paruošta po tris 50 mm × 150 mm dydžio juostelės formos bandinius. Kiekvieno bandinio abiemis galams buvo išmatuotas nulinkusios dalies ilgis (2c). Audinių lenkiamasis standumas *B* apskaičiuotas pagal formulę:

$$B = w \times c^3 \times 9,81 \times 10^{-6} \text{ (}\mu\text{Nm)}, \quad (2)$$

čia *w* – paviršinis tankis, g/m², *c* – pusė nulinkusios bandinio dalies ilgio, mm.

2.3.2 Lenkiamojo standumo vertinimo rezultatai ir jų analizė

Pagrindinio audinio (A) ir dekoravimui skirtų audinių (D1–D7) lenkiamojo standumo vertinimo rezultatai pateikti 6 lentelėje. Tyrimo rezultatai parodė, kad tirtų audinių lenkiamasis standumas priklauso nuo audinio struktūros, pusės ir krypties.

6 lentelė. Pagrindinio audinio (A) ir dekoravimui skirtų audinių (D1–D7) lenkiamojo standumo *B* (μNm) rezultatai

Kryptis	Audinio pusė	Audinio kodas							
		A	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Metmenų	Geroji	8,12±0,42	38,90±19,49	13,09±0,00	21,31±3,71	4,42±1,28	6,36±0,64	7,74±0,41	0,96±0,35
	Blogoji	10,30±0,60	13,39±2,32	10,58±1,13	16,01±1,67	3,58±0,56	5,06±0,58	7,82±1,25	0,93±0,59
Ataudų	Geroji	10,21±1,57	15,03±8,58	17,87±1,53	26,29±6,88	6,58±2,53	18,33±1,54	17,75±1,06	4,53±0,23
	Blogoji	10,03±0,56	118,31±10,87	14,23±3,05	42,99±10,65	7,88±1,51	16,23±3,24	19,48±1,63	3,42±0,75
Įstriža	Geroji	4,80±0,64	10,86±2,70	7,84±1,94	15,77±2,25	3,17±0,90	8,01±0,85	6,55±0,56	0,67±0,08
	Blogoji	4,58±0,28	31,60± 5,27	9,27± 2,42	13,04± 1,40	4,06± 0,52	5,450± 0,56	7,89± 0,98	2,03± 0,37

Pagrindinis audinys (A) gerąja (10,21 μNm) ir blogąja (10,03 μNm) pusėmis ataudų kryptimi yra vienas standžiausių lyginant su jo metmenų ir įstriža kryptimis, t.y. ataudų krypties lenkiamasis

standumas yra 1,3 karto (geroji pusė) didesnis už metmenų krypties (geroji pusė) bei 2,2 karto didesnis už įstrižos krypties (blogoji pusė) audinio lenkiamąjį standumą.

Dekoravimui skirtas audinys (D1) blogąja puse (118,312 μNm) ataudų kryptimi yra standžiausias lyginant su kitomis kryptimis. Šis rezultatas yra 3,0 karto didesnis už metmenų krypties (geroji pusė), 8,8 karto didesnis už metmenų krypties (blogoji pusė) ir 3,7 karto didesnis už įstrižos krypties (blogoji pusė) lenkiamąjį standumą. Mažiausiu lenkiamuoju standumu pasižymėjo įstriža kryptis (geroji pusė), t.y. 10,9 karto mažesniu negu ataudų kryptis (blogoji pusė).

Dekoravimui skirtas audinys (D2) didžiausiu lenkiamuoju standumu pasižymi ataudų kryptimi (17,83 μNm) gerąja puse. Šios krypties standumas yra 1,3 karto didesnis už metmenų krypties (geroji pusė) ir 2,3 karto didesnis už mažiausią rezultatą turinčią įstrižą kryptį (geroji pusė).

Dekoravimui skirtas audinys (D3) gerąja (26,29 μNm) ir blogąja (42,99 μNm) pusėmis ataudų kryptimi yra standžiausias lyginant su jo metmenų ir įstriža kryptimis. Ataudų krypties blogosios pusės lenkiamasis standumas yra 2,0 karto didesnis už metmenų krypties (geroji pusė) ir 3,3 karto didesnis už įstrižos krypties (blogoji pusė) lenkiamąjį standumą.

Dekoravimui skirtas audinys (D4) didžiausiu lenkiamuoju standumu pasižymi gerąja (6,58 μNm) ir blogąja (7,88 μNm) pusėmis ataudų kryptimi ir yra standžiausias lyginant su jo metmenų ir įstriža kryptimis. Ataudų krypties (blogoji pusė) lenkiamasis standumas yra 1,8 karto didesnis už metmenų krypties (geroji pusė) ir 2,5 karto didesnis už įstrižos krypties (geroji pusė) lenkiamąjį standumą.

Dekoravimui skirto audinio (D5) visomis kryptimis geroji pusė yra standesnė nei blogoji pusė. Didžiausiu lenkiamuoju standumu pasižymi ataudų kryptis (geroji pusė) lyginant su kitomis kryptimis (18,33 μNm). Šios krypties lenkiamasis standumas yra 3,4 karto didesnis už mažiausią įstrižos krypties (blogoji pusė) lenkiamąjį standumą.

Dekoravimui skirto audinio (D6) visomis kryptimis blogoji pusė standesnė negu geroji. Taip pat, ataudų kryptimi audinys pasižymi didžiausiu lenkiamuoju standumu, lyginant su metmenų ir įstriža kryptimis. Didžiausiu lenkiamuoju standumu pasižymėjo ataudų kryptis (blogoji pusė), t.y. 3,0 kartus didesnis už įstrižą kryptį (geroji pusė).

Dekoravimui skirtas audinys (D7) didžiausiu lenkiamuoju standumu pasižymi gerąja (4,53 μNm) ir blogąja (3,42 μNm) pusėmis ataudų kryptimi ir yra standžiausias šia kryptimi, lyginant su jo metmenų ir įstriža kryptimis. Didžiausiu lenkiamuoju standumu pasižymi ataudų kryptis (geroji pusė), kuri yra 6,8 karto standesnė už įstrižos krypties (geroji pusė) lenkiamąjį standumą.

Įvertinus pagrindinio ir dekoravimui skirtų audinių lenkiamojo standumo rezultatus nustatyta, kad dauguma audinių (išskyrus D1) standžiausi yra ataudų kryptimi, ir ši tendencija išlieka tiek gerojoje, tiek blogojoje pusėje.

Pastebėta, kad didesnio storio audiniai, t.y. D1 (0,76 mm), D2 (0,76 mm), D3 (0,64 mm) ir D6 (0,66 mm), pasižymi didesniu lenkiamuoju standumu. Tuo tarpu ploniausi audiniai, kurių storis: D4 (0,37 mm) ir D7 (0,09 mm), pasižymi mažiausiu lenkiamuoju standumu, todėl yra lanksčiausi.

2.4 Klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio tyrimo prieš ir po skalbimo metodika ir rezultatai

Klijavimo technologija yra efektyvus būdas sujungti du tekstilės medžiagų sluoksnius, naudojant termoplastines adhezines poliuretano (PU) arba poliesterio (PES) pagrindo klijų plėveles [3].

2.4.1 Klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio tyrimo metodika

Šiame skyriuje aprašoma klijuotinių siūlių (žr. 3 lentelę) išsluoksniavimo stiprio vertinimo metodika. Tirtos klijuotinės siūlės buvo sudarytos, naudojant pagrindinį audinį (A) ir dekoravimui skirtus audinius (D1-D7) bei skirtingo storio adhezinės plėvelės (P1-P3).

Paruošti bandiniai buvo skirstomi į dvi grupes: prieš skalbimą ir po skalbimo, siekiant nustatyti skalbimo poveikį klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipriui. Tik didžiausią išsluoksniavimo stiprį parodę klijuotinių siūlių variantai buvo atrinkti skalbimo bandymams, kurie atlikti pagal ISO 6330:2012 standartą [32]. Standartas nurodo, kad skalbimo mašina turi būti švari. Todėl prieš bandymus rekomenduojama praplauti tuščią skalbimo mašiną. Šis žingsnis nėra privalomas kiekvienam ciklui. Skalbimas buvo atliktas buitine skalbimo mašina „MieleWWD320 WCS PWash“ (žr. 2 paveikslą), į kurią užkraunamų skalbinių maksimali masė yra 8 kg. Skalbimo mašinos apkrova buvo sudaryta iki $(2,0 \pm 0,2)$ kg, naudojant bandinius ir papildomai įdėjus skalbinių balastą (žr. 3 paveikslą), sudarytą iš 14 valymui skirtų šluosčių, kurių pluoštinė sudėtis yra 100 % PES, 2 skalbimo maišelių, kurių pluoštinė sudėtis yra 100 % PES, ir 3 užuodaidų atraižų, kurių pluoštinė sudėtis yra 100 % PES, kad būtų užtikrintas reikiamas skalbimo mašinos užkrovimas. Skalbinių balasto masė nustatyta svarstyklėmis „GENOMSNIITT“, kuriomis maksimali sveriamą masę yra 3000 g (žr. 3 paveikslą).



2 pav. Buitinė skalbimo mašina „MieleWWD320 WCS PWash“



3 pav. Svarstyklės „GENOMSNIITT“ ir parinktas skalbinių balastas

Klijuotinių siūlių bandiniai skalbti su buitiniu skystu skalbikliu „Ariel Colour“, kurio sudėtyje yra: 5-15 % anjoninių aktyviųjų paviršiaus medžiagų (APM); <5 % nejoninių APM, fosfanatų, muilo,

fermentų, konservantų, kvapiųjų medžiagų, kt. [33]. Skalbiklio „Ariel Colour“ gamintojo nurodyta norma 4–5 kg skalbinių masei yra 30 ml. Kadangi eksperimento metu skalbtos tekstilės masė buvo $(2,0 \pm 0,2)$ kg, skalbiklio kiekis buvo sumažintas iki 15 ml kiekvienam skalbimui.

Pasirinktas skalbimo režimas „Delicates“ ir 30 °C skalbimo temperatūra, kurie yra rekomenduojami sintetiniams audiniams skalbti. Skalbinių gręžimo intensyvumas – apie 900 aps./min [34]. Skalbimo trukmė yra 54 min. Baigus skalbimą, bandiniai buvo džiovinami padėti ant horizontalios plokštumos.

Pagal ISO 6330:2012 standartą [32] užtenka vieno skalbimo ciklo norint įvertinti audinio atsparumą skalbimui. Tačiau literatūroje nurodoma, kad reikšmingi tekstilės medžiagų ir jų struktūros bei savybių pokyčiai gali pasireikšti jau po penkių skalbimo ciklų [12, 31]. Izabela Jasińska nustatė [31], kad didžioji dalis audinių tempiamojo stiprio sumažėjimo atsirado po pirmųjų penkių skalbimo ciklų, tačiau vizualiai matomi audinio paviršiaus pokyčiai po penkių skalbimo ciklų buvo minimalūs [31]. Todėl remiantis ankstesnių tyrėjų pastebėjimais, šiame projekte buvo tiriami klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio pokyčiai tik po 5 skalbimo ciklų.

Pagrindinio audinio (A) ir dekoravimui skirtų audinių (D1–D7) bandinių matmenys buvo 20 mm plotis ir 80 mm ilgis. Klijų plėvelės, skirtos audinių bandiniams suklijuoti presavimo įrenginiu, buvo 10 mm plotis ir 50 mm ilgis. Klijų plėvele buvo jungiama pagrindinio audinio (A) geroji pusė su dekoravimui skirtų audinių (D1–D7) blogąja puse (žr. 4 paveikslą).



4 pav. Pagrindinis audinys (A) + plėvelė (P1-P3) + dekoravimui (D1-D7) skirtas audinys

Kiekvienam klijuotinės siūlės variantui (žr. 3 lentelę) buvo paruošta po 5 bandinius visomis audinio kryptimis. Klijuotinės siūlės buvo formuojamos dviem etapais. Dviem etapais atliekamo klijavimo metu buvo kontroliuojami technologiniai parametrai, tokie kaip presavimo slėgis, presavimo temperatūra ir presavimo trukmė. Slėgis ir trukmė buvo pasirinkti remiantis ankstesnių tyrimų rezultatais [1, 3–5, 16], iš kurių matyti, kad net ir esant žemiausiai analizuotuose tyrimuose taikytai 140 °C temperatūrai, galima užtikrinti tinkamas klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio vertes. Todėl, atsižvelgiant į tvarumo klausimus, susijusius su energijos išteklių taupymu, ji buvo pasirinkta antrajam klijavimo etapui. Pirmojo klijavimo etapo parametrai buvo 110°C presavimo temperatūra ir 15 s trukmė. Po pirmajame etape pritaikyto išankstinio klijavimo silikoninis popierius buvo nuluptas per 5 s. Antrojo klijavimo etapo parametrai buvo 140°C presavimo temperatūra, 5,6 kPa presavimo slėgis ir 20 s presavimo trukmė.

Paruoštų klijuotinių siūlių išsluoksniavimo bandymas buvo atliktas H10KT (*Tinius Olsen Ltd.*, JK) tempimo mašina (žr. 1 paveikslą) 50 mm/min greičiu. Išsluoksniavimo stipris F (N/mm) buvo apskaičiuotas kaip aritmetinis 5 bandinių išsluoksniavimo stiprio rezultato, nustatyto programinės įrangos pagalba, vidurkis.

Šiame projekte vertinta audinio krypties, adhezinės plėvelės storio, audinio struktūros įtaka klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipriui F (N/mm).

2.4.2 Klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio tyrimo rezultatai

Šiame skyriuje analizuojama audinio krypties, adhezinės plėvelės storio ir skalbimo įtaka klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipriui.

5-25 paveiksluose pateikti išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai, iliustruojantys skirtingą klijų plėvelės įsiskverbimą į audinio struktūrą. Matyti, kad kai kuriuose bandiniuose klijai visiškai susigėrė į audinius (žr. 7 paveikslą, b), o kituose išliko matomi kaip atskiras sluoksnis (žr. 24 paveikslą, a) – tai galėjo lemti mažesnes klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio vertes. Bandinių kodų paaiškinimai pateikti 3 lentelėje.



a

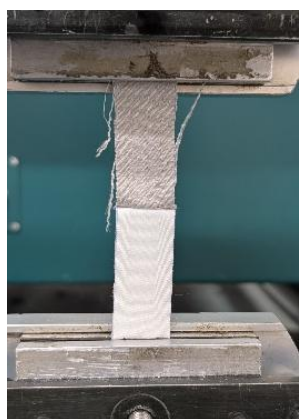


b



c

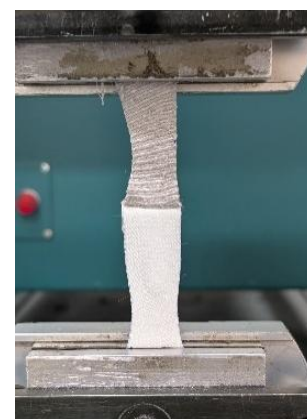
5 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P1-D1M, b - AA-P1-D1A, c - AI-P1-D1I



a



b

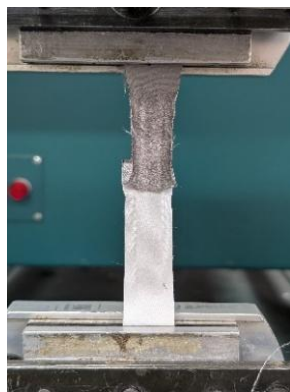


c

6 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P1-D2M, b - AA-P1-D2A, c - AI-P1-D2I



a

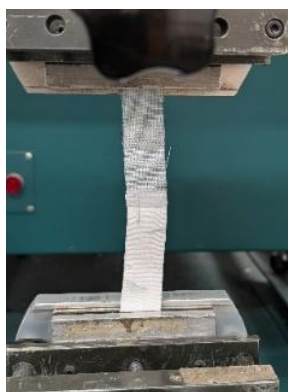


b



c

7 pav. Išsluoksniuotų klijutinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P1-D3M, b - AA-P1-D3A, c - AI-P1-D3I



a



b



c

8 pav. Išsluoksniuotų klijutinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P1-D4M, b - AA-P1-D4A, c - AI-P1-D4I



a

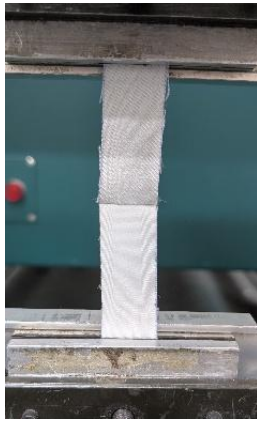


b

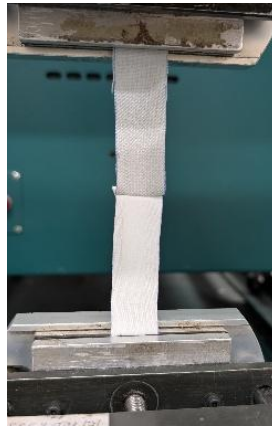


c

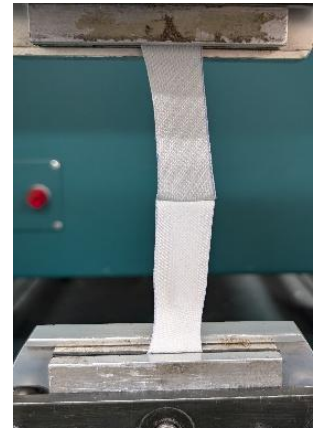
9 pav. Išsluoksniuotų klijutinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P1-D5M, b - AA-P1-D5A, c - AI-P1-D5I



a

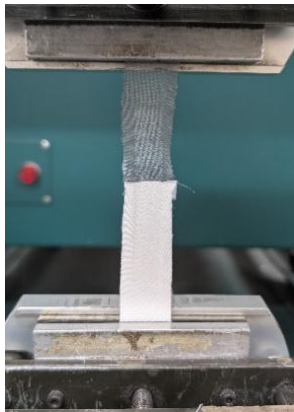


b

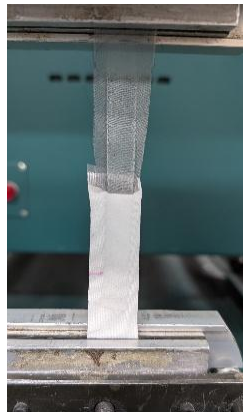


c

10 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P1-D6M, b - AA-P1-D6A, c - AI-P1-D6I



a



b



c

11 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P1-D7M, b - AA-P1-D7A, c - AI-P1-D7I



a



b



c

12 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P2-D1M, b - AA-P2-D1A, c - AI-P2-D1I



a



b



c

13 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P2-D2M, b - AA-P2-D2A, c - AI-P2-D2I



a



b



c

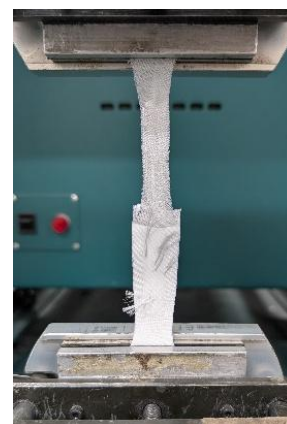
14 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P2-D3M, b - AA-P2-D3A, c - AI-P2-D3I



a



b



c

15 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P2-D4M, b - AA-P2-D4A, c - AI-P2-D4I



a



b



c

16 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P2-D5M, b - AA-P2-D5A, c - AI-P2-D5I



a

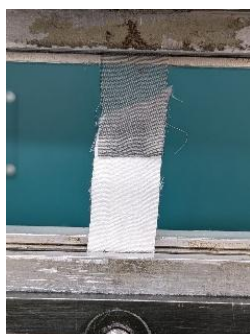


b

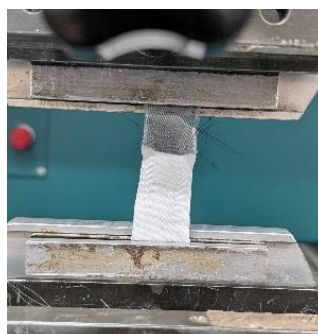


c

17 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P2-D6M, b - AA-P2-D6A, c - AI-P2-D6I



a



b

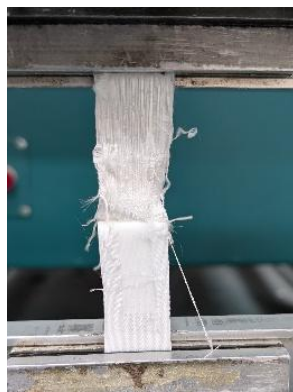


c

18 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P2-D7M, b - AA-P2-D7A, c - AI-P2-D7I



a



b



c

19 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P3-D1M, b - AA-P3-D1A, c - AI-P3-D1I



a



b

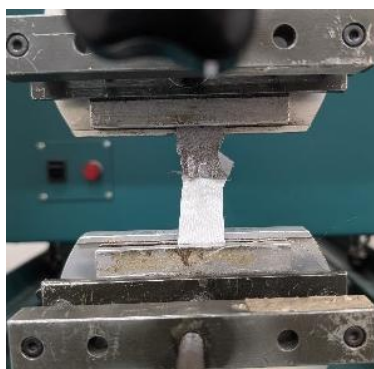


c

20 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P3-D2M, b - AA-P3-D2A, c - AI-P3-D2I



a



b



c

21 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P3-D3M, b - AA-P3-D3A, c - AI-P3-D3I



a

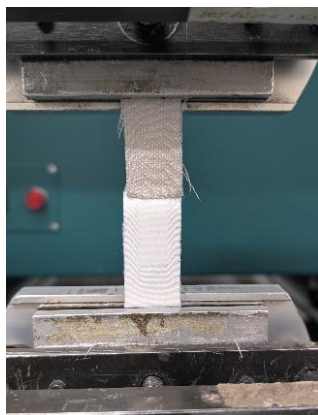


b



c

22 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P3-D4M, b - AA-P3-D4A, c - AI-P3-D4I



a



b

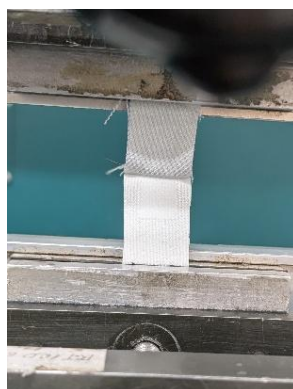


c

23 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P3-D5M, b - AA-P3-D5A, c - AI-P3-D5I



a

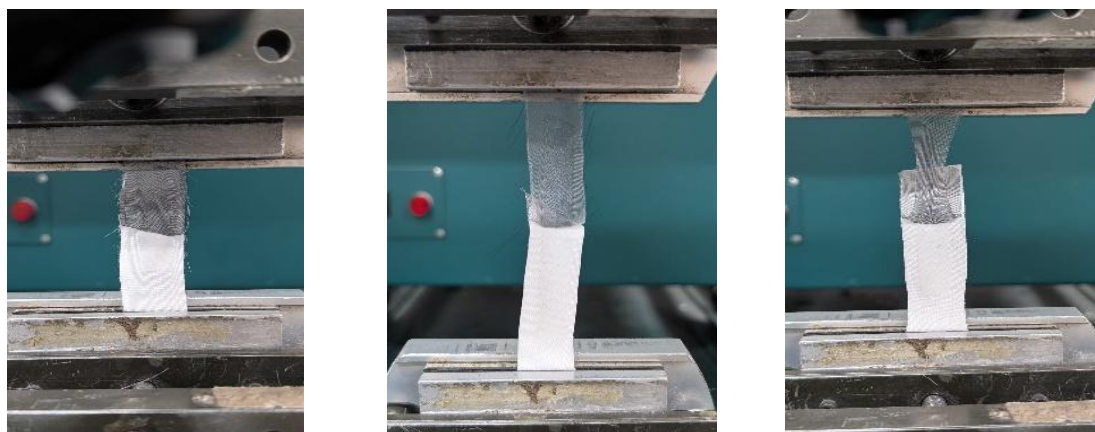


b



c

24 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P3-D6M, b - AA-P3-D6A, c - AI-P3-D6I



a

b

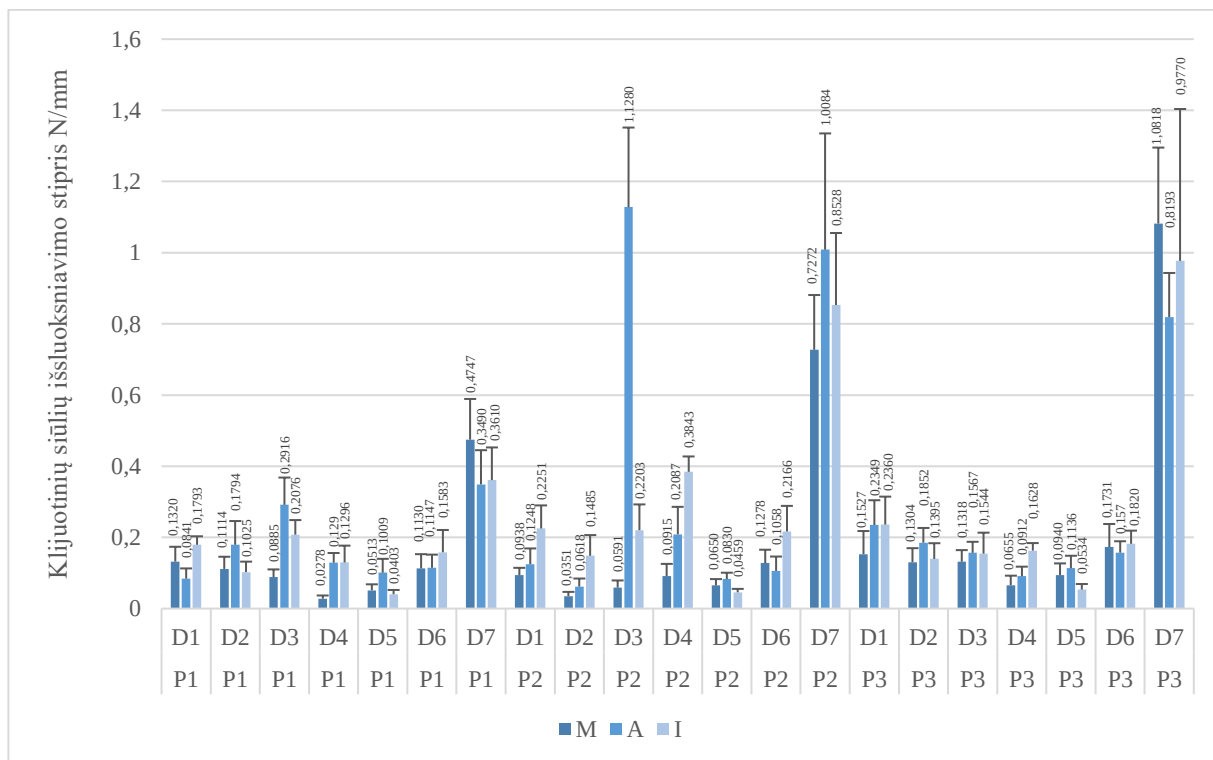
c

25 pav. Išsluoksniuotų klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizdai: a - AM-P3-D7M, b - AA-P3-D7A, c - AI-P3-D7I

26-27 paveiksluose pateikti klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio rezultatai, gauti naudojant skirtingas klijų plėveles (P1, P2, P3) bei vertinant skirtingas audinio kryptis (metmenų, ataudų ir įstrižą). Bandinių kodų paaiškinimai pateikti 3 lentelėje.

2.4.2.1 Audinio krypties ir struktūros įtaka klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipriui

Analizuojant 26 paveiksle pateiktus tyrimo rezultatus matyti, kad klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris priklauso nuo audinio krypties (metmenų (M), ataudų (A), įstrižos (I)) ir struktūros.



26 pav. Audinio krypties ir struktūros įtaka klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipriui

Didžiausias klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris visų plėvelių atvejais (P1, P2, P3) nustatytas naudojant dekoravimui skirtą audinį D7. Pastebėta, kad su dekoravimui skirtu audiniu D7, kuris turi

trečią didžiausią minkštumo indeksą (11,11 %) (žr. 4 lentelę), nustatyta viena didžiausių klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio verčių. Didžiausias klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris nustatytas naudojant P3 plėvelę ir siekė 1,0818 N/mm metmenų kryptimi (D7).

Dekoravimui skirto audinio D3 atveju pastebėta itin ryški krypties įtaka – naudojant P2 plėvelę, ataudų kryptimi nustatytas klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris (1,128 N/mm) buvo apie 19 kartų didesnis nei metmenų kryptimi (0,0591 N/mm). Tai didžiausias krypties poveikis, užfiksuotas visame tyrime. Krypties skirtumus galima pamatyti klijuotinių siūlių, įtvirtintų tempimo mašinos spraustuose, vaizduose (žr. 14 paveikslą – a ir b).

Analizuojant mažiausius klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio rezultatus visų plėvelių atvejais (P1, P2, P3) matyti, kad vienos tendencijos nėra.

Klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio pokytis, priklausomai nuo audinio krypties, pastebėtas naudojant klijų plėvelę P1. Didžiausios klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio vertės daugeliu atvejų buvo ataudų ir įstriža kryptimi, išskyrus dekoravimui skirtą audinį D7 (metmenų kryptis).

Klių plėvelės P2 atveju, didžiausias klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris visais atvejais buvo nustatytas ataudų ir įstriža kryptimi. Metmenų kryptimi daugumai bandinių, buvo nustatytos mažiausios klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio vertės, išskyrus dekoravimui skirtą audinį D5 (įstriža kryptis).

Klių plėvelės P3 atveju didžiausias klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris buvo pastebėtas įstriža ir ataudų kryptimi, išskyrus dekoravimui skirtą audinį D7 (metmenų kryptis). Vieni mažiausiu klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio rezultatai pastebėti metmenų kryptimi, išskyrus dekoravimui skirtus audinius - D5, D6 ir D7.

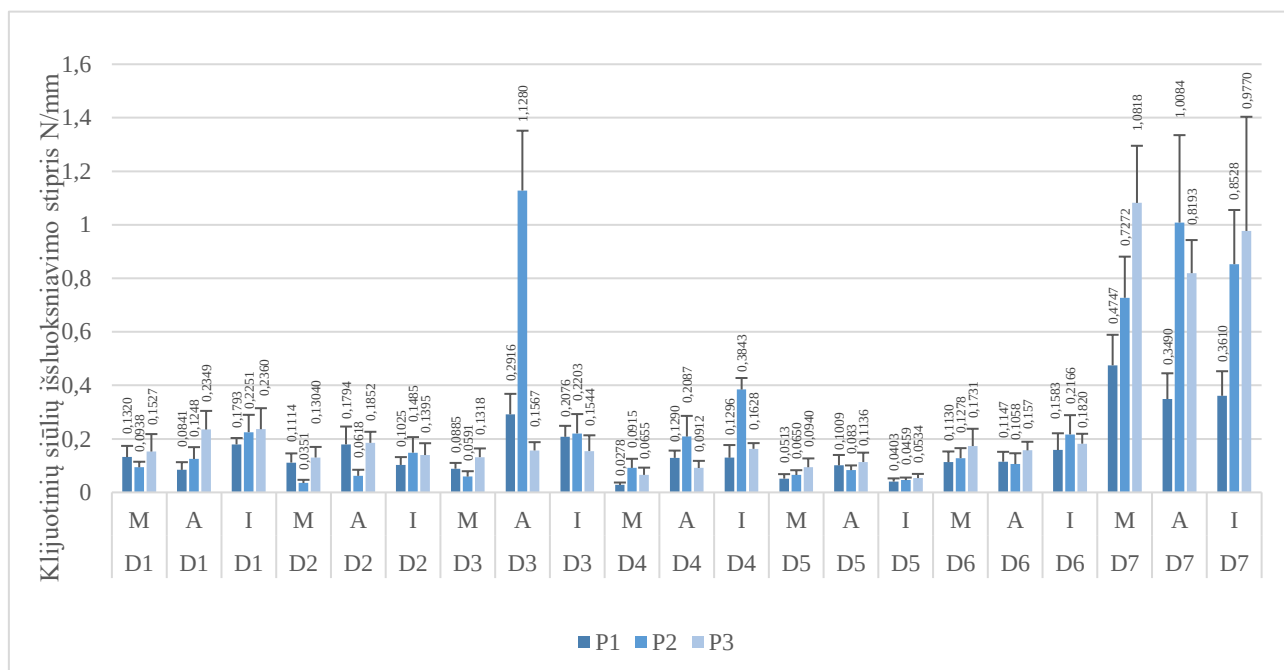
Ataudų kryptimi visų plėvelių (P1, P2 ir P3) atvejais didžiausi klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio rezultatai nuosekliai nustatyti su dekoravimui skirtais audiniais D3 ir D5, išlaikant tą pačią krypties tendenciją nepriklausomai nuo plėvelės storio. Tačiau pastebėta, kad dekoravimui skirto audinio D5 atveju, nustatyti vienos mažiausių klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio verčių (žr. 27 paveikslą). Mažesnės vertės nustatytos tik metmenų kryptimi su dekoravimui skirtais D4 (0,0278 N/mm) ir D2 (0,0351 N/mm) audiniais. Tokie žemi rezultatai galimai susiję su tuo, kad dekoravimui skirtingas audinys D5 pasižymi mažiausiu minkštumo indeksu (3,57 %) (žr. 4 lentelę).

Įstriža kryptimi visų plėvelių (P1, P2 ir P3) atvejais didžiausios klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio vertės buvo dekoravimui skirtų audinių D1 ir D6, atvejais, išlaikant tą pačią krypties tendenciją nepriklausomai nuo plėvelės storio.

Analizuojant audinio krypties įtaką klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipriui, pastebėta, kad metmenų kryptimi daugeliui audinių buvo nustatyta mažiausios išsluoksniavimo stiprio vertės, visų klijų plėvelių (P1, P2 ir P3) atvejais.

2.4.2.2 Klijų plėvelės storio įtaka klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipriui

Klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprį lemia ne tik audinio kryptis, bet ir naudojamos klijų plėvelės storis. Keičiantis plėvelės storiui, keičiasi ir gautos išsluoksniavimo stiprio vertės (žr. 27 paveikslą).



27 pav. Klijų plėvelės storio įtaka klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipriui

Pastebėta, kad klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio vertės kinta priklausomai nuo naudojamos klijų plėvelės storio. Tai matyti ir 5 paveiksle, kurame pateikti bandinių vaizdai, atspindintys skirtingą plėvelės įsiskverbimo į audinio struktūrą laipsnį.

Didžiausias klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris daugeliu atvejų buvo pastebėtas naudojant klijų plėvelę P3, išskyrus dekoravimui skirtus audinius D3, D4 ir D6, kur didžiausias išsluoksniavimo stipris buvo nustatytas naudojant klijų plėvelę P2.

Klijų plėvelės atveju P2 nustatytos išsluoksniavimo stiprio verčių ribos – nuo mažiausios (0,0351 N/mm) iki didžiausios (1,128 N/mm), kas rodo, kad ši plėvelė labiausiai priklauso nuo audinio tipo ir krypties. Didžiausias iš visų klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris (1,128 N/mm) nustatytas su dekoravimui skirtu audiniu D3, ataudų kryptimi, naudojant P2 plėvelę.

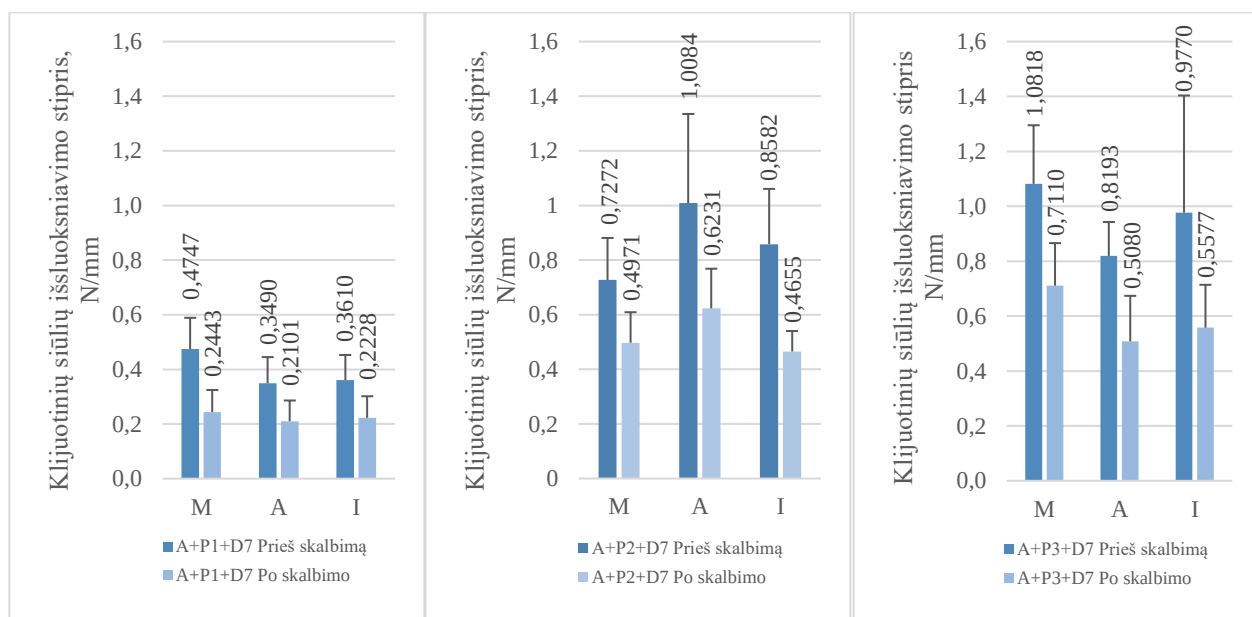
Naudojant klijų plėvelę P1, dažniausiai nustatytos mažiausios klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio vertės. Su šia plėvele nei vienu atveju nebuvo nustatytas didžiausias išsluoksniavimo stipris.

Metmenų kryptimi daugumai bandinių didžiausias klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris buvo nustatytas naudojant P3 klijų plėvelę, išskyrus klijuotines siūles su dekoravimui skirtu audiniu D4 kurio didžiausi rezultatai buvo nustatyti naudojant P2 klijų plėvelę.

Apibendrinant galima teigti, kad naudojant klijų plėveles P2 ir P3 dažniau nustatomas didesnis klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris negu naudojant klijų plėvelę P1.

2.4.2.3 Skalbimo įtaka klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipriui

Skalbimo įtakos tyrimui pasirinkti dekoravimui skirti audiniai D3 ir D7, nes jų klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris prieš skalbimą buvo didžiausias (žr. 27 paveikslą). Įvertinus klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprį po skalbimo su dekoravimui skirtais audiniais D3 ir D7, matyti, kad klijų plėvelės storis ir kryptis turi įtakos klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipriui. Analizuojant klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprį su dekoravimui skirtu audiniu D7 ir skirtingo storio klijų plėvelėmis, nustatyta, kad skalbimas visais atvejais paveikė klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprį. Užfiksuotas stiprio sumažėjimas buvo nuo 31,6 % iki 48,5 % (žr. 28 paveikslą).



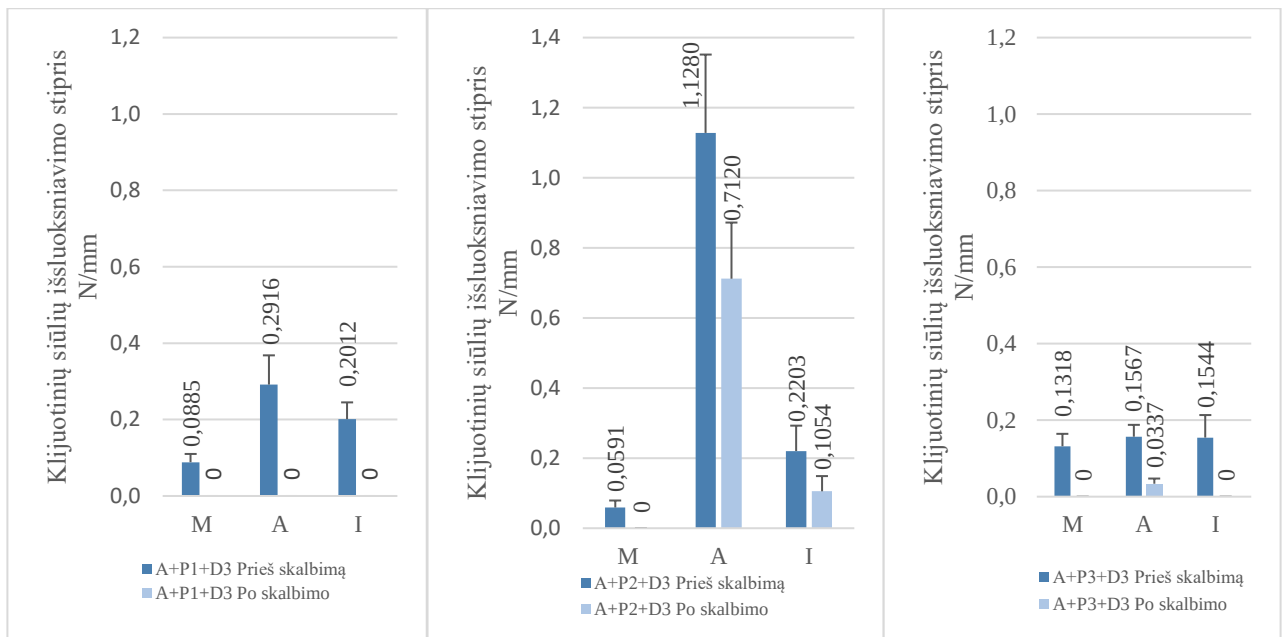
28 pav. Klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris prieš ir po skalbimo (D7)

Su klijų plėvele P1 klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris po skalbimo sumažėjo 48,5 % metmenų kryptimi, 39,8 % ataudų kryptimi ir 38,3 % įstriža kryptimi (žr. 28 paveikslą).

Naudojant klijų plėvelę P2 klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris sumažėjo 31,6 % metmenų kryptimi, 38,2 % ataudų kryptimi ir 45,8 % įstriža kryptimi.

Analizuojant klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprį su dekoravimui skirtu audiniu D7 ir klijų plėvele P3, nustatyta, kad skalbimas paveikė išsluoksniavimo stiprį visomis kryptimis. Metmenų kryptimi klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris po skalbimo sumažėjo 34,3 %, ataudų kryptimi – 38,0 %, o įstriža kryptimi – 42,9 %. Didžiausias pokytis įvyko įstriža kryptimi, o mažiausias – metmenų kryptimi, todėl galima teigti, kad naudojant storiausią P3 plėvelę, skalbimas daro didelį poveikį klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipriui.

Analizuojant klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprį su dekoravimui skirtu audiniu D3, nustatyta, kad skalbimas turėjo didelį poveikį klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio rezultatams (žr. 29 paveikslą).



29 pav. Klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris prieš ir po skalbimo (D3)

Didžiausias klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio sumažėjimas buvo pastebėtas naudojant klijų plėveles P1 ir P3. Naudojant klijų plėvelę P1, po skalbimo išsluoksniavimo stipris visomis audinio kryptimis (metmenų, ataudų ir įstriža) sumažėjo iki nulio (100 %).

Naudojant klijų plėvelę P2, metmenų kryptimi taip pat nustatytas visiškas išsluoksniavimo stiprio sumažėjimas iki nulio (100 %), tuo tarpu ataudų kryptimi sumažėjo 36,9 %, o įstriža kryptimi – 52,2 %.

Su klijų plėvele P3 po skalbimo metmenų kryptimi ir įstriža kryptimi klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris taip pat sumažėjo iki nulio (100 %), o ataudų kryptimi – 78,5 %.

Nors su dekoravimui skirtu audiniu D3 ir P2 plėvele ataudų kryptimi nustatytas didžiausias klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris (1,128 N/mm), šis audinys pasižymi vienu mažiausiu minkštumo indeksu (4,69 %) (žr. 4 lentelę), kas galėjo lemti prastesnius rezultatus kitomis kryptimis (metmenų kryptimi nustatytas stipris buvo net 19 kartų mažesnis nei ataudų kryptimi) ir didesnę stiprio sumažėjimą po skalbimo. Tai rodo, kad kryptis turi didelę įtaką klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipriui, ypač kai audinio minkštumas yra žemas.

Galima teigti, kad su dekoravimui skirtu audiniu D3 klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris po skalbimo sumažėjo nuo 36,9 % iki 100 %, o stiprio pokytis priklauso nuo klijų plėvelės storio ir audinio krypties. Mažiausias klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio sumažėjimas po skalbimo nustatytas naudojant klijų plėvelę P2 ataudų kryptimi.

Su dekoravimui skirtu audiniu D7 po skalbimo nustatytas mažesnis klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio sumažėjimas nei su audiniu D3. Naudojant klijų plėvelę P3 nustatyti geresni klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio rodikliai po skalbimo nei su kitomis plėvelėmis.

3. Taikomoji dalis. Klijavimo technologijos taikymas mini suknelių kolekcijos dizaino praktiniame įgyvendinime panaudojant pramoninės gamybos atliekas

Siekiant pritaikyti klijavimo technologiją drabužių dizaine, sukurta suknelių mini kolekcija (žr. 30 paveikslą).

Pasiūtos suknelių mini kolekcijos prototipų vaizdai pateikti 30 paveiksle.



30 pav. Pasiūtos suknelių mini kolekcijos vaizdai

Techniniam įgyvendinimui pasirinktas pagrindinis audinys (A), o dekoravimui skirti audiniai D3 ir D7 atrinkti remiantis klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio tyrimo rezultatais, kurie parodė didžiausias klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio vertes prieš ir po skalbimo. Klijavimo technologija leidžia kurti plokščius, tolygius paviršius, išvengiant papildomų siūtų siūlių. Dekoravimui skirti audiniai (D3 ir D7) bei parinkta klijų plėvelė yra 100 % poliesterio sudėties, o pagrindinis audinys (A) sudarytas iš 90 % poliesterio ir 10 % elastano pluoštų. Suknelių mini kolekciją sudaro trys modeliai, kuriuose pritaikoma klijavimo technologija, panaudojant užuolaidų gamybos atliekas.

Suknelė (žr. 33 paveikslą) yra virš kelių ilgio, su ovalia kaklo iškirpte bei platėjančiomis rankovėmis. Priekio detalė dekoruota iš užuolaidų audinių (D3 ir D7) gamybinių atliekų sukurtais aplikacijomis, priklijuotomis klijų plėvele (P3). Nugaroje įsiūtas baltos spalvos paslėptas užtrauktukas. Suknelės dydis – M.

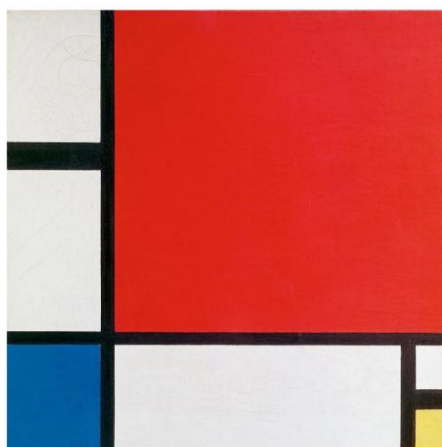
Vienas iš pagrindinių kolekcijos sprendimų – suknelės individualizavimas, priklijuojant dekoravimui skirtų audinių (D3 ir D7) aplikacijas ant suknelės priekio detalės, taip sukuriant norimą dizainą. Pirkėjas gali įsigyti bazinę suknelę su paruoštų aplikacijų rinkiniu, kurį gali prisiklijuoti namie, vadovaudamasis pateiktomis technologinėmis rekomendacijomis. Tokia praktika skatina kūrybiškumą, vartotojo įsitraukimą į kūrimo procesą ir tvaresnę požiūrį į drabužio gyvavimo ciklą.

Pagrindinis audinys (A) parinktas baltos spalvos, atitinkančios Pantone 2026 metų spalvą „Cloud Dancer“, kuri simbolizuoja ramybę ir atokvėpį nuo šiuolaikinio gyvenimo tempo [35]. Dekoravimui skirti audiniai D3 ir D7, parinkti iš interjero gaminių gamybos atliekų, savo spalvomis atspindi vyraujančias interjero tendencijas.



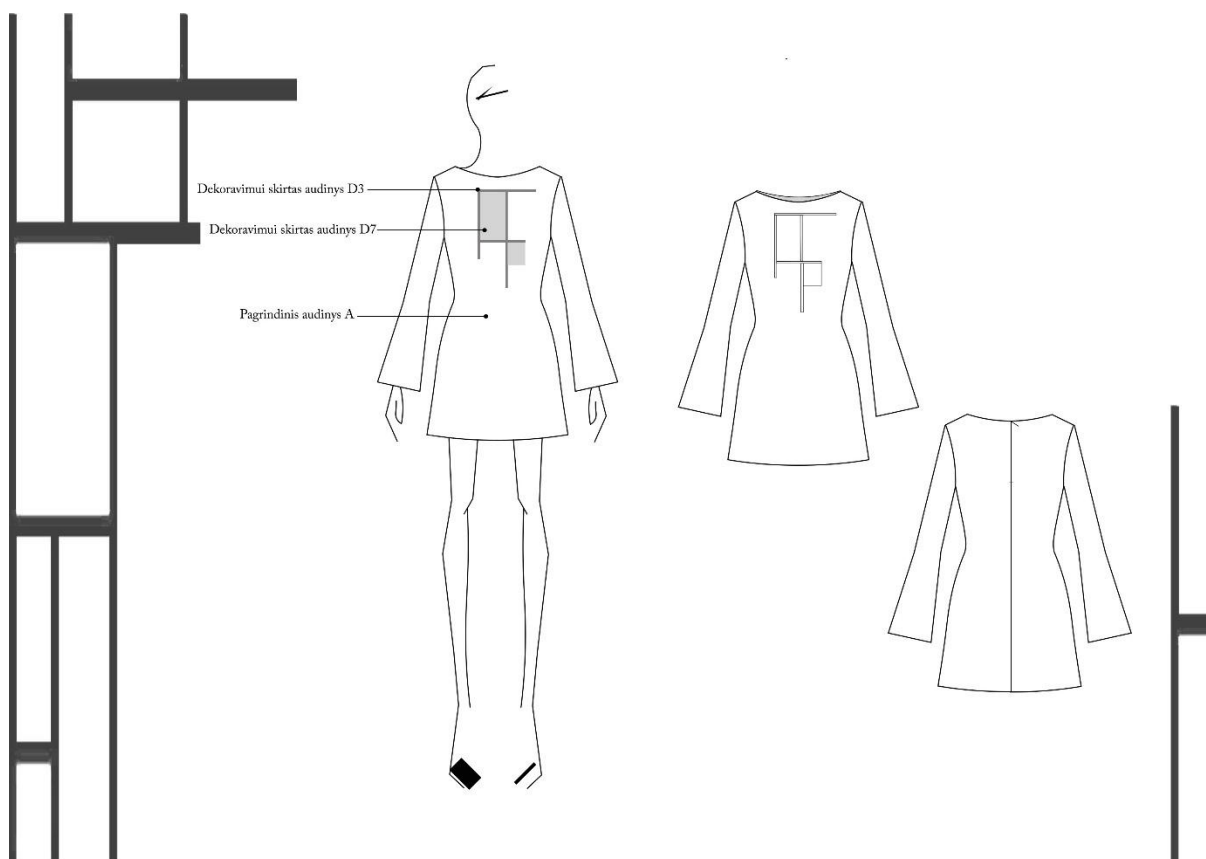
31 pav. Pantone 2026 metų spalvą „Cloud Dancer“ [35]

Kuriant kolekciją iš pramoninių gamybos atliekų, svarbu parinkti tokias formas, kurios leistų kuo daugiau panaudoti turimas medžiagas. Geometrinių formų – kvadratų ir stačiakampių – pasirinkimas dekoratyviniams elementams leidžia efektyviau panaudoti įvairių dydžių audinio atraizas ir sumažinti atliekų kiekį sukerpant (supjaunant) aplikacijas. Lyginant su netaisyklingomis ar sudėtingomis formomis, geometriniai elementai reikalauja mažiau medžiagos ir palieka mažiau nepanaudotų likučių. Šis praktinis sprendimas derėjo su pasirinkta menine kryptimi – kolekcijos detalės paremtos XX a. modernizmo menininko, abstrakcijos pradininko Piet Mondriano (1872–1944) kūrybos principais, kuriuose dominuoja geometrinės formos, asimetriška kompozicija ir minimali estetika. Iš Modriano darbų perimti tik formų ir linijų fragmentai, tuo tarpu spalvų gama parinkta pagal šiuolaikines mados ir interjero tendencijas.

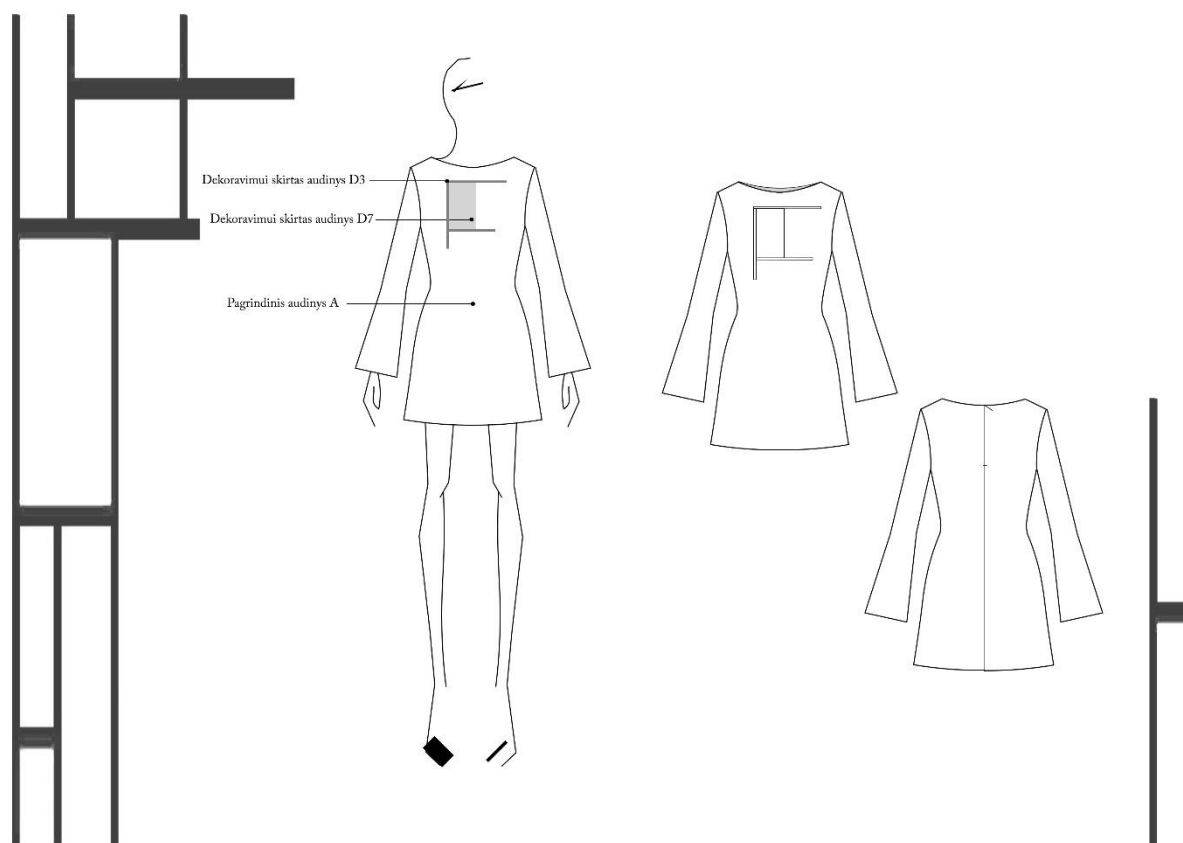


32 pav. Piet Mondriano paveikslas „Kompozicija II raudona, mėlyna ir geltona“ [36]

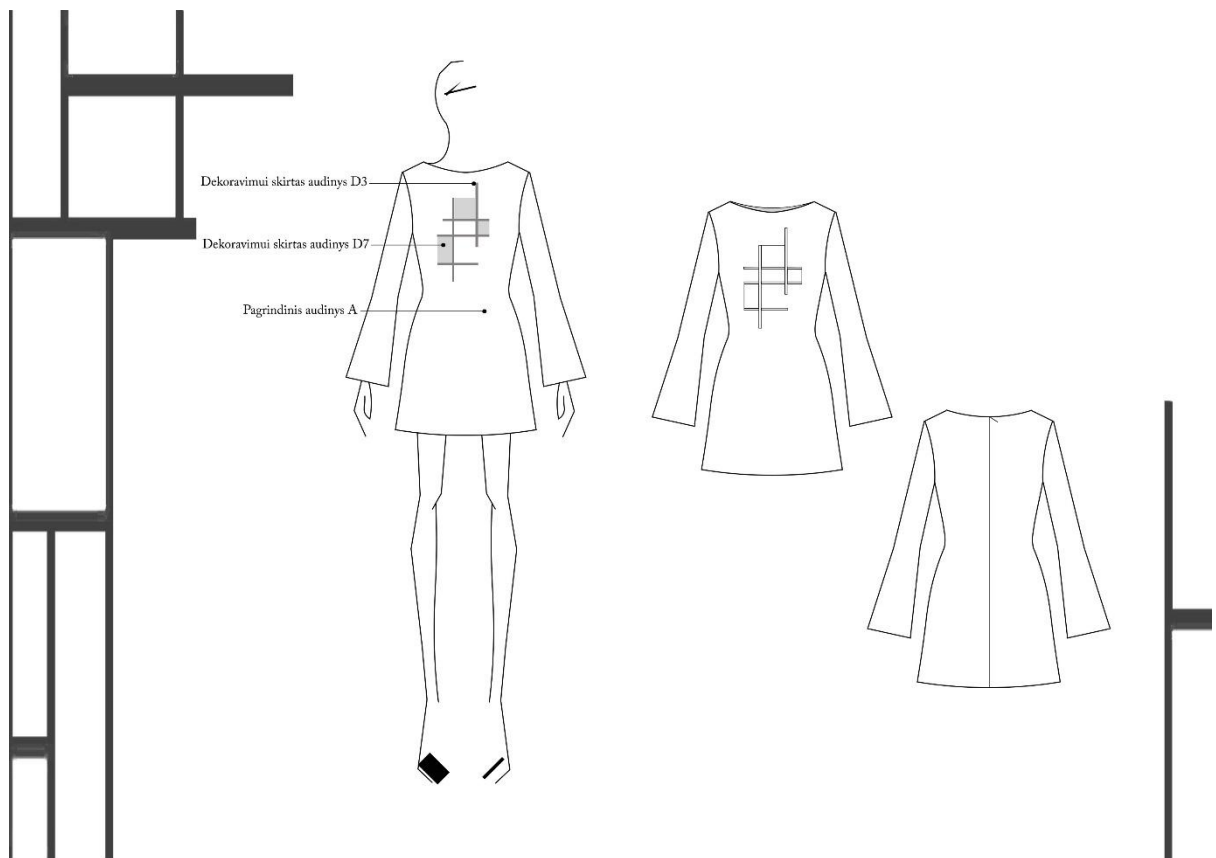
Kolekcijos dekoravimui skirti motyvai įkvėpti paveikslu „Kompozicija II raudona, mėlyna ir geltona“ (1930), kuriame dominuoja griežtos linijos ir geometriniai elementai, kurie pritaikyti suknelių dizaine. Geometrinių formų taikymas leidžia maksimaliai panaudoti įvairių dydžių atliekų atraizas – mažesni fragmentai tampa smulkesniais dekoratyviniais elementais, o didesni – pagrindiniais kompozicijos akcentais. Dekoravimui skirti audiniai D3 ir D7 išdėstyti remiantis asimetriška kompozicija ir linijų struktūra eskizuose (žr. 32-34 paveikslus).



33 pav. Suknelės techninis eskizas nr.1

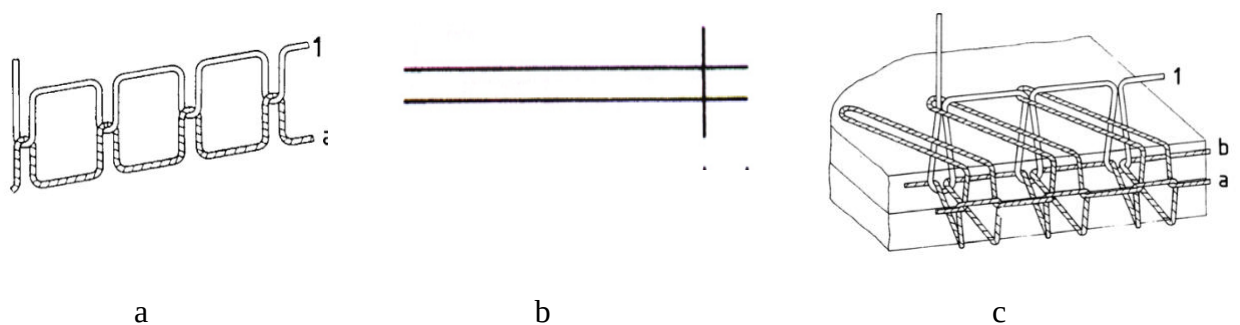


34 pav. Suknelės techninis eskizas nr.2



35 pav. Suknelės techninis eskizas nr.3

Suknelės pagrindinių detalių sujungimui pritaikyta siuvimo technologija. Šoninės, rankovių susiuvimo bei jų įsiuvimo į gaminį siūlės susiūtos su šaudyklinio 301 tipo (pagal ISO 4915 standartą [37]) dygsnio siuvimo mašina „Juki DDL-8700“ [38], parinkus 1.01.01 tipo (pagal LST ISO 4916:1991 [39]) siūlę (žr. 35 paveikslą). Kirptieji detalių kraštai apsiūlėti su grandininio dygsnio 504 tipo (pagal ISO 4915:1991 standartą [37]) siuvimo mašina „Juki MO-6804S“ [40]. 35 paveiksle (b) yra pateikta standartinė siūlės schema, tačiau realiaame gaminyje kirptieji detalių kraštai yra apsiūlėti.



36 pav. Naudoti dygsniai ir siūlės: a – 301 dygsnio tipas, b – 1.01.01 tipo siūlė, c – 504 dygsnio tipas

Suknelės apačios ir rankovių apačios kirptieji kraštai apsiūlėti 504 tipo grandininio dygsniu (pagal ISO 4915:1991 standartą [37]), parinkus 6.02.01 tipo siūlę (pagal ISO 4916:1991 standartą [39]). Palankos pritvirtintos su grandininio 103 tipo (pagal ISO 4915:1991 standartą [37]; žr. 36 paveikslą, b) dygsnio siuvimo mašina „Yamata FY500“ [41]. 36 paveiksle (a) yra pateikta standartinė siūlės schema, tačiau realiaame gaminyje kirptieji detalių kraštai yra apsiūlėti.



37 pav. Naudoti dygsniai ir siūlė: a – 6.02.01 tipo siūlė, b – 103 tipo dygsnį [37, 38]

Siekiant išlaikyti stabilią suknelės kaklo iškirptės formą, kaklo iškirptės apsiuvas buvo dvejetainas baltu klajiniu neaustiniu įdėklų, kurio paviršinis tankis – 40 g/m². Apsiuvas prie kaklo iškirptės krašto prisiūtas 301 tipo šaudyklinio dygsnio (pagal ISO 4915:1991 standartą [37]) siuvimo mašina „Juki DDL-8700“ [38], parinkus 2.02.03 tipo siūlę (žr. 37 paveikslą) pagal LST ISO 4916:1991 standartą [39]. 37 paveiksle pateikta standartinė siūlės schema, tačiau realiaame gaminyje kirptieji detalių kraštai yra apsiūlėti. Nugaroje, naudojant specialią užtrauktuko prisiuvimo pėdelę, ta pačia siuvimo mašina įsiūtas paslėptas užtrauktukas.



38 pav. 2.02.03 tipo siūlė [39]

Gaminiui siūti naudoti „Madeira Mercifil“ poliesteriniai siuvimo siūlai, kurių ilginis tankis – 30 tex (Nr. 60). Gaminys išlygintas naudojant konsolinį lyginimo stalą „Comel Comelux Maxi C5“ [42].

Gaminiai ženklinami sudėties ir priežiūros etiketėmis bei informacine kortele, pristatančia pramoninės tekstilės atliekų panaudojimą bei klajavimo technologiją. Etiketėje nurodoma pagrindinio audinio A (90 % poliesteris, 10 % elastanas) ir dekoravimui skirtų audinių D3 ir D7 (100 % poliesteris) sudėtis. Remiantis tyrimo rezultatais nustatyta, kad skalbimas turi didelę įtaką siūlių stipriui (išsluoksniavimo stipris sumažėjo nuo 31,6 % iki 100 %), todėl rekomenduojama gaminių skalbti rankomis arba 30 °C temperatūroje „Delicates“ režimu (rekomenduojama programa sintetiniams audiniams skalbti).

Siekiant įtraukti vartotoją, pridedama technologinė atmintinė apie aplikacijų klajavimą namų sąlygomis: lygintuvu, nustačius 2 taškų režimą (130–150 °C), nenaudojant garų ir stipriai spaudžiant 20 sekundžių. Gaminio pateikimas užbaigiamas naudojant perdirbto popieriaus arba tekstilės atraižų pakuotę.

Išvados

1. Atlikus literatūros analizę nustatyta, kad klijavimo technologija yra efektyvus drabužių detalių jungimo būdas. Tinkamai parinkus klijavimo parametrus (presavimo slėgį, trukmę, temperatūrą, klijų tipą), galima pasiekti didelį klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprį, stiprumą, tįsumą ir nelaidumą vandeniui. Taikant klijavimo technologiją, pramoninės gamybos atliekos gali būti panaudotos drabužių dekoravimui.
2. Įvertinus audinių mechanines savybes nustatyta, kad stiprumas ir tįsumas priklauso nuo audinio krypties ir audinių struktūros. Pagrindinio audinio (A) didžiausia tempimo jėga nustatyta metmenų kryptimi (1028,2 N), o didžiausiu tįsumu (75,90 %) audinys pasižymėjo įstriža kryptimi. Didžiausiu stiprumu iš visų dekoravimui parinktų audinių pasižymėjo audinys D1 (1228,40 N ataudų kryptimi), o mažiausiu – D7 audinys (188,08 N metmenų kryptimi). Pastebėta tendencija, kad didesnio paviršinio tankio audiniai pasižymėjo didesniu stiprumu, o didesnio storio – didesniu lenkiamuoju standumu.
3. Tyrimo rezultatai parodė, kad klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris priklauso nuo audinio krypties ir klijų plėvelės storio. Didžiausias išsluoksniavimo stipris nustatytas naudojant klijų plėveles P2 (0,08 mm) ir P3 (0,13 mm), o mažiausias - P1 (0,04 mm). Metmenų kryptimi daugeliu atvejų gautas mažiausias klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris, o ataudų ir įstriža kryptimis - didžiausias. Po skalbimo klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris sumažėjo nuo 31,6 % (audinys - D7 su P2 plėvele) iki 100 % (audinys - D3), priklausomai nuo plėvelės storio ir audinio krypties.
4. Remiantis klijuotinių siūlių išsluoksniavimo rezultatais, sukurta suknelių mini kolekcija, kurios dizaino įgyvendinimui pritaikyta klijavimo technologija. Dekoravimui skirti audiniai D3 ir D7, parodę didžiausias klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio vertes prieš skalbimą (D3 - 1,1280 N/mm ir D7 - 1,0818 N/mm), buvo pritaikyti suknelių dekoravimo elementams gaminti.

Literatūros sąrašas

1. ZMITRULEVIČIUS, E. *Influence of the Bonding Temperature and Printing on the Strength of Knitted Fabric's Adhesive Bonds*. PhD Thesis. M. Sc. Thesis. Prieiga per internetą: <https://epubl.ktu.edu/object/elaba:29040057/> [žiūrėta 2025-09-06]
2. PETHRICK, Richard A. Design and ageing of adhesives for structural adhesive bonding—a review. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L: Journal of Materials: design and applications*, 2015, 229.5: 349-379. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/273599663_Design_and_ageing_of_adhesives_for_structural_adhesive_bonding_-_A_review [žiūrėta 2025-09-06]
3. DAUKANTIENĖ, Virginija; DANILOVAS, Paulius Pavelas; MIKALAUSKAITĖ, Gerda. Study of temperature impact on the behaviour of fibre polymer materials' and their adhesive bonds. *The Journal of the Textile Institute*, 2021, 112.2: 313-321. Prieiga per internetą: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00405000.2020.1746011> [žiūrėta 2025-09-06]
4. DAUKANTIENE, Virginija; VADEIKE, Giedre. Evaluation of the air permeability of elastic knitted fabrics and their assemblies. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2018, 30.6: 839-853. Prieiga per internetą: <https://www.emerald.com/ijcst/article-abstract/30/6/839/126938/Evaluation-of-the-air-permeability-of-elastic?redirectedFrom=fulltext> [žiūrėta 2025-09-06]
5. MIKALAUSKAITĖ, G.; DAUKANTIENĖ, V. Influence of technological parameters on the adhesion strength of adhesive bonded textile seams. In: *AUTEX 2016: 16th World Textile Conference: Book of Abstracts, University of Lubljana, Slovenia*. 2016. p. 218-220. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/322635931_Influence_of_technological_parameters_on_the_adhesion_strength_of_adhesive_bonded_textile_seams [žiūrėta 2025-09-06]
6. TAKATERA, Masayuki; ISHIZAWA, Ken; KIM, KyoungOk. Effect of adhesive interlining on the creep behavior of woven fabric under low stress in the bias direction. Prieiga per internetą: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/119965618/> [žiūrėta 2025-09-25]
7. KARA, Sukran; YEŞILPINAR, Sevil. Comparative study on the properties of taped seams with different constructions. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 2021, 29.2 (146). Prieiga per internetą: <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-b06d2899-322b-431c-8a5a-b9ccf84bb589> [žiūrėta 2025-09-21]
8. DAUKANTIENĖ, Virginija. Analysis of the sustainability aspects of fashion: A literature review. *Textile Research Journal*, 2023, 93.3-4: 991-1002. Prieiga per internetą: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/00405175221124971> [žiūrėta 2025-09-20]
9. NIINIMÄKI, Kirsi. Textiles and garment lifetimes. In: *Recycling and Lifetime Management in the Textile and Fashion Sector*. CRC Press, 2024. p. 1-14. Prieiga per internetą: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003044413-1/textiles-garment-lifetimes-kirsi-niinim%C3%A4ki> [žiūrėta 2025-09-22]
10. PETRIE, E. M. Alternative fabric-joining technologies. *Garment manufacturing technology*, 2015, 337-371. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/chapter/edited-volume/abs/pii/B9781782422327000138> [žiūrėta 2025-09-28]
11. RAHMAN, Md Mizanur; MASHUD, Mohammad; RAHMAN, Md Mostafizur (ed.). *Advanced technology in textiles: fibre to apparel*. Springer Nature, 2023. Prieiga per internetą: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-99-2142-3> [žiūrėta 2025-09-22]

12. ZHANG, Qian; KAN, Chi-Wai. A review of fusible interlinings usage in garment manufacture. *Polymers*, 2018, 10.11: 1230. Prieiga per internetą: <https://www.mdpi.com/2073-4360/10/11/1230> [žiūrėta 2025-09-09]
13. SEYIDZADE, Lale, et al. Development of fully biodegradable fusible interlinings for eco-friendly garments and investigation of their performance on a shirt. *Journal of Applied Polymer Science*, 2023, 140.21: e53888. Prieiga per internetą: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/app.53888> [žiūrėta 2025-09-07]
14. SARICAM, Canan; KALAOGLU, Fatma. ANALYSING THE PEEL STRENGTH OF FUSIBLE INTERLINING USED IN WOOL FABRIC WITH ELASTANE. *FASCICLE OF TEXTILES, LEATHERWORK*, 2016, 121. Prieiga per internetą: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/j_nr_file/AUO-FTL-Vol%20XVII-No%201.pdf#page=125 [žiūrėta 2025-09-08]
15. GURARDA, Ayca; CALISKAN, NAIME; KANIK, MEHMET. Peel resistance and stiffness of woven fabric with fusible interlinings. *De Redact Ind Text*, 2019, 70: 139-146. Prieiga per internetą: https://revistaindustriatextila.ro/images/2019/2/art7_2_2019.pdf [žiūrėta 2025-09-10]
16. MIKALAUSKAITĖ, Gerda; DAUKANTIENĖ, Virginija. Investigation of the influence of bonding and thermal ageing duration on the peeling strength of knitted materials' bonds. *Materials science*, 2020, 26.2: 225-232. Prieiga per internetą: <https://matsc.ktu.lt/index.php/MatSc/article/view/21666> [žiūrėta 2025-09-07]
17. BUSILIENĖ, Gita, et al. The investigation of knitted materials bonded seams behaviour upon cyclical fatigue loading. *Materials science*, 2017, 23.2: 180-185. Prieiga per internetą: <https://www.matsc.ktu.lt/index.php/MatSc/article/view/16065> [žiūrėta 2025-09-07]
18. BUSILIENĖ, Gita, et al. The effect of bonded seams upon spatial behaviour of knitted materials systems. *Materials Science*, 2015, 21.2: 271-275. Prieiga per internetą: <https://www.matsc.ktu.lt/index.php/MatSc/article/view/5767> [žiūrėta 2025-09-07].
19. BEAUDETTE, Eric; PARK, Huiju. Impact of seam types on thermal properties of athletic bodywear. *Textile Research Journal*, 2017, 87.9: 1052-1059. Prieiga per internetą: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0040517516648506> [žiūrėta 2025-09-06].
20. WANIGASUNDARA, H. K. A. S., et al. Investigating the bond strength of oxygen plasma-treated finished cotton-based fabric bonded with thermoplastic polyurethane film adhesive. In: *2023 Moratuwa Engineering Research Conference (MERCon)*. IEEE, 2023. p. 736-741. Prieiga per internetą: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10355386> [žiūrėta 2025-11-14].
21. SERAM, Niromi; NANDASIRI, Thilini. A comparison between bonding and sewing: Application in sports performance wear. *Journal of Academia and Industrial Research (JAIR)*, 2015, 3.8: 343-345. Prieiga per internetą: <https://jairjp.com/JANUARY%202015/01%20NIROMI.pdf> [žiūrėta 2025-10-07].
22. JAKUBČIONIENĖ, Živilė, et al. Investigation of the strength of textile bonded seams. *Materials science*, 2012, 18.2: 172-176. Prieiga per internetą: <https://epubl.ktu.edu/object/elaba:3223401/> [žiūrėta 2025-10-06].
23. MACIT, Ayşe Şevkan; TIBER, Bahar. Evaluation of some physical performance properties of ultrasonic seaming, conventional seaming and sealing adhesive tape on waterproof polyester knitted fabrics with polyurethane. *Textile Research Journal*, 2022, 92.3-4: 498-510. Prieiga per internetą: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/00405175211038857> [žiūrėta 2025-11-15].

24. OH, Heekyoung; OH, Kyung Wha; PARK, Soonjee. A study of the improvement of foam material sealing technology for wetsuits. *Fashion and Textiles*, 2019, 6.1: 25. Prieiga per internetą: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40691-019-0181-5> [žiūrėta 2025-11-15].
25. LST ISO 3801:1998. *Tekstilės medžiagos. Audiniai. Ilginio ir paviršinio tankio nustatymas*. Lietuvos standartizacijos departamentas 1998. Prieiga per internetą: <https://projektai.lsd.lt/lt/standartu/tekstiles-medziagos-audiniai-ilginio-ir-pavirsinio-tankio-nustatymas> [žiūrėta 2025-10-1].
26. LST ISO 5084:1996. *Textiles - Determination of thickness of textiles and textile products*. Lietuvos standartizacijos departamentas 1996. Prieiga per internetą: <https://projektai.lsd.lt/lt/standartu/textiles-determination-of-thickness-of-textiles-and-textile-products> [žiūrėta 2025-09-10].
27. ISO 7211-5:2020. *Textiles — Methods for analysis of woven fabrics construction — Part 5: Determination of linear density of yarn removed from fabric*. Lietuvos standartizacijos departamentas 2020. Prieiga per internetą : <https://projektai.lsd.lt/lt/standartu/textiles-methods-for-analysis-of-woven-fabrics-construction-part-5-determination-of-linear-density-of-yarn-removed-from-fabric> [žiūrėta 2025-09-05].
28. LST EN ISO 13934-1:2013. *Tekstilė. Tempiamosios medžiagų savybės. 1 dalis. Didžiausios jėgos ir pailgėjimo esant šiai jėgai nustatymas juostelės metodu (ISO 13934-1:2013)*. Lietuvos standartizacijos departamentas 2013. Prieiga per internetą: <https://projektai.lsd.lt/lt/standartu/tekstile-tempiamosios-medziagu-savybes-1-dalis-didziausios-jegos-ir-pailgejimo-esant-siai-jegai-nustatymas-juosteles-metodu-iso-13934-1-2013> [žiūrėta 2025-10-15].
29. BARBURSKI, Marcin; URBANIAK, Mariusz; SAMAL, Sanjeeb Kumar. Comparison of mechanical properties of biaxial and triaxial fabric and composites reinforced by them. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 2019, 1 (133: 37-44). Prieiga per internetą: https://scholar.google.com/scholar?hl=lt&as_sdt=0%2C5&q=Comparison+of+mechanical+properties+of+biaxial+and+triaxial+fabric+and+composites+reinforced+by+them&btnG= [žiūrėta 2025-11-11].
30. BÜYÜKBAYRAKTAR, Raziye Befru. Effect of Self-Stitched Double Fabric's Properties on Tensile and Permeability Performances. *Materials Science*, 2021, 27.2: 232-238. Prieiga per internetą: <https://www.matsc.ktu.lt/index.php/MatSc/article/view/25238> [žiūrėta 2025-10-10].
31. JASIŃSKA, Izabela. Industrial washing conditions as factor that influence the cellulose structure and mechanical strength of bed linens. *Scientific Reports*, 2023, 13.1: 12214. Prieiga per internetą: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-38969-y> [žiūrėta 2025-11-15].
32. LST EN ISO 6330:2012. *Tekstilė. Buitinio skalbimo ir džiovinimo procedūros bandant tekstilę (ISO 6330:2012)*. Lietuvos standartizacijos departamentas 2012. Prieiga per internetą: <https://projektai.lsd.lt/lt/standartu/tekstile-buitinio-skalbimo-ir-dziovinimo-proceduros-bandant-tekstile-iso-6330-2012> [žiūrėta 2025-10-15].
33. Drogas. ARIEL, COLOR, skystas skalbiklis. *Drogas.lt*. Prieiga per internetą: https://www.drogas.lt/namams/drabuziu-skalbimas/skalbikliai/ariel-color-skystas-skalbiklis-40-skalbimu-1-8-l/p/BP_630061 [žiūrėta 2025-09-05].
34. Miele. Synthetic fibres. *Miel.com*. Prieiga per internetą: <https://www.miele.co.nz/domestic/synthetic-fibres-787.htm> [žiūrėta 2025-09-25].
35. Galerie montblanch. What are the 8 most beautiful abstract paintings by Piet Mondrian?. *Galeriemontblanc.com*. Prieiga per internetą: <https://galeriemontblanc.com/en/blogs/articles/what-are-the-8-most-beautiful-abstract-paintings->

- by-piet-mondrian?srsId=AfmBOopH3wsuWmzqniupbycrznvZuj-KwFGGIZ3MEca5fQPOOdHBZLqQ [žiūrėta 2025-10-26].
36. Julia Cancilla. Pantone's 2026 Color of the Year Is...White?. *Elledecor.com*. 2025.12.04. Prieiga per internetą: <https://www.elledecor.com/design-decorate/color/a69613379/pantone-color-of-the-year-2026/> [žiūrėta 2025-09-25].
37. LST ISO 4915. *Tekstilė. Dygsnių tipai. Klasifikacija ir terminija* (ISO 4915:1991). Lietuvos standartizacijos departamentas 1991. Prieiga per internetą: https://view.elaba.lt/standartai/view?search_from=aleph&id=702418 [žiūrėta 2025-12-12].
38. JUKI. DDL-8700. *Jukieurope.com* Prieiga per internetą: <https://jukieurope.com/en/ism/product/ddl-8700> [žiūrėta 2025-12-13].
39. LST ISO 4916. *Tekstile. Siūlių tipai. Klasifikacija ir terminija* (ISO 4916:1991). Lietuvos standartizacijos departamentas 1991. Prieiga per internetą: https://view.elaba.lt/standartai/view?search_from=aleph&id=704320 [žiūrėta 2025-12-15].
40. Industrial sewing. Juki MO-6804S 3 Thread Overlock. *Industrialsewing.co.uk*. Prieiga per internetą: <https://www.industrialsewing.co.uk/juki-mo-6804s-3-thread-overlock> [žiūrėta 2025-12-13].
41. Manualslib. Yamata FY 500-1 Instruction Manual. *Manualslib.com*. Prieiga per internetą: <https://www.industrialsewing.co.uk/juki-mo-6804s-3-thread-overlockhttps://www.manualslib.com/manual/997726/Yamata-Fy500-1.html#manual> [žiūrėta 2025-12-13].
42. Siuvimo reikmenys. Konsolinis lyginimo stalas COMELUX MAXI C5. *Siuvimoreikmenys.lt*. Prieiga per internetą: <https://www.siuvimoreikmenys.lt/konsolinis-lyginimo-stalas-comelux-maxi-c5/> [žiūrėta 2025-12-14].

Priedai

1 priedas. Žodinis pranešimas konferencijoje „INDUSTRIAL ENGINEERING 2025“



2 priedas. Klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio F , N/mm rezultatų suvestinė

Klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris, naudojant P1 klijų plėvelę		
AM-P1-D1M	AA-P1-D1A	AI-P1-D1I
0,1320±0,0417	0,0793±0,0372	0,1793±0,0238
AM-P1-D2M	AA-P1-D2A	AI-P1-D2I
0,1114±0,0343	0,1794±0,0666	0,1025±0,0255
AM-P1-D3M	AA-P1-D3A	AI-P1-D3I
0,0885±0,0216	0,2916±0,0766	0,2012±0,0439
AM-P1-D4M	AA-P1-D4A	AI-P1-D4I
0,0278±0,0090	0,1290±0,0272	0,1296±0,0473
AM-P1-D5M	AA-P1-D5A	AI-P1-D5I
0,0513±0,0169	0,1009±0,0389	0,0403±0,0120
AM-P1-D6M	AA-P1-D6A	AI-P1-D6I
0,1130±0,0517	0,1147±0,0369	0,1604±0,0948
AM-P1-D7M	AA-P1-D7A	AI-P1-D7I
0,4747±0,1143	0,3490±0,0961	0,3610±0,0918
Klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris, naudojant P2 klijų plėvelę		
AM-P2-D1M	AA-P2-D1A	AI-P2-D1I
0,0938±0,0207	0,1280±0,0489	0,2251±0,0648
AM-P2-D2M	AA-P2-D2A	AI-P2-D2I
0,0351±0,0118	0,0618±0,0227	0,1475±0,0668
AM-P2-D3M	AA-P2-D3A	AI-P2-D3I
0,0591±0,0200	1,1280±0,2236	0,2203±0,0724
AM-P2-D4M	AA-P2-D4A	AI-P2-D4I
0,0915±0,0341	0,2087±0,0772	0,3843±0,0432
AM-P2-D5M	AA-P2-D5A	AI-P2-D5I
0,0650±0,0179	0,0830±0,0178	0,0459±0,0095
AM-P2-D6M	AA-P2-D6A	AI-P2-D6I
0,1278±0,0376	0,1058±0,0404	0,2166±0,0720
AM-P2-D7M	AA-P2-D7A	AI-P2-D7I
0,7272±0,1538	1,0084±0,3267	0,8528±0,2025
Klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris, naudojant P3 klijų plėvelę		
AM-P3-D1M	AA-P3-D1A	AI-P3-D1I
0,1527±0,0652	0,2263±0,0696	0,2360±0,0786
AM-P3-D2M	AA-P3-D2A	AI-P3-D2I
0,1260±0,0865	0,1852±0,0413	0,1395±0,0442
AM-P3-D3M	AA-P3-D3A	AI-P3-D3I
0,1318±0,0325	0,1567±0,0310	0,1544±0,0589
AM-P3-D4M	AA-P3-D4A	AI-P3-D4I

Klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris, naudojant P3 klijų plėvelę		
0,0655±0,0270	0,0912±0,0266	0,1628±0,0213
AM-P3-D5M	AA-P3-D5A	AI-P3-D5I
0,0940±0,0330	0,1136±0,0349	0,0534±0,0156
AM-P3-D6M	AA-P3-D6A	AI-P3-D6I
0,1731±0,0646	0,1570±0,0322	0,1820±0,0370
AM-P3-D7M	AA-P3-D7A	AI-P3-D7I
1,0818±0,2135	0,8193±0,1237	0,9770 ±0,4267

3 priedas. Klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio rezultatai po skalbimo (D7)

Klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris po skalbimo, naudojant P1 klijų plėvelę		
AM-P1-D7M (S)	AA-P1-D7A (S)	AI-P1-D7I (S)
0,2443±0,0803	0,2101±0,0762	0,2228±0,0789
AM-P2-D7M (S)	AM-P2-D7M (S)	AM-P2-D7M (S)
0,4979±0,1120	0,6231±0,1454	0,4655±0,0748
AM-P3-D7M (S)	AM-P3-D7M (S)	AM-P3-D7M (S)
0,7100±0,1549	0,5080±0,1659	0,5577±0,1563

4 priedas. Klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio rezultatai po skalbimo (D3)

Klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stipris po skalbimo, naudojant P1 klijų plėvelę		
AM-P1-D3M (S)	AA-P1-D3A (S)	AI-P1-D3I (S)
0	0	0
AM-P2-D3M (S)	AM-P2-D3M (S)	AM-P2-D3M (S)
0	0,7120±1,602	0,1054±0,0434
AM-P3-D3M (S)	AM-P3-D3M (S)	AM-P3-D3M (S)
0	0,0337±0,0136	0

5 priedas. Pagrindinio audinio (A) ir dekoravimui skirtų audinių (D1–D7) vienašio tempimo bandymų rezultatai

Kodas	Eil. nr.	Metmenų kr.		Ataudų kr.		Įstriža kr.	
		Maksimali jėga, $F_{\max}$, N	Pailgėjimas, $\varepsilon_{\max}$, %	Maksimali jėga, $F_{\max}$, N	Pailgėjimas, $\varepsilon_{\max}$, %	Maksimali jėga, $F_{\max}$, N	Pailgėjimas, $\varepsilon_{\max}$, %
A	1.	998	55,0	388,40	36,56	382,00	70,50
	2	969	54,70	478,50	40,95	364,00	70,00
	3	991	49,44	419,50	38,00	396,80	72,50
	4	1094	54,90	380,80	35,08	459,00	84,00
	5	1089	44,10	390,80	36,04	463,00	82,50
	Absoliutinė paklaida (Δ)	104,8	8,60	71,65	4,07	80,94	12,12
	Vidurkis (x)	1028,2	51,63	411,60	37,33	412,96	75,90
	MIN	969,0	44,10	380,80	35,08	364,00	70,00
	MAX	1094,0	55,10	478,50	40,95	463,00	84,00
	Vid. kv. nuokrypa (S)	58,8	4,82	40,18	2,28	45,39	6,80
	Var. koef. (v), %	5,7	9,34	9,76	6,12	10,99	8,95
D1	1.	999	34,40	1262	34,90	630	79,28
	2	1214	41,10	1203	30,65	661	84,00
	3	1119	37,52	1272	32,40	708	86,00
	4	1053	40,70	1219	30,25	712	88,00
	5	1161	41,30	1186	32,35	767	92,52
	Absoliutinė paklaida (Δ)	152,01	5,35	66,49	3,28	93,60	8,72
	Vidurkis (x)	1109,20	39,00	1228,40	32,11	695,60	85,96
	MIN	999,00	34,40	1186,00	30,25	630,00	79,28
	MAX	1214,00	41,10	1272,00	34,90	767,00	92,52
	Vid. kv. nuokrypa (S)	85,24	3	37,29	1,84	52,49	4,89
	Var. koef. (v), %	7,68	7,69	3,04	5,72	7,55	5,69
D2	1.	1347	50,4	934	35,30	518	39,20
	2	1326	47,88	932	37,10	475	37,12
	3	1341	48,56	962	36,50	439	31,29
	4	1353	49,13	974	36,50	512	38,65
	5	1353	48,60	959	35,50	420	34,76

Kodas	Eil. nr.	Metmenų kr.		Ataudų kr.		Įstriža kr.	
		Maksimali jėga, $F_{\max}$, N	Pailgėjimas, $\varepsilon_{\max}$, %	Maksimali jėga, $F_{\max}$, N	Pailgėjimas, $\varepsilon_{\max}$, %	Maksimali jėga, $F_{\max}$, N	Pailgėjimas, $\varepsilon_{\max}$, %
D2	Absoliutinė paklaida (Δ)	20,02	1,68	32,84	1,35	77,29	5,78
	Vidurkis (x)	1344,00	48,91	952,20	36,18	472,80	36,20
	MIN	1326,00	47,88	932,00	35,30	420,00	31,29
	MAX	1353,00	50,4	974,00	37,10	518,00	39,20
	Vid. kv. nuokrypa (S)	11,22	0,94	18,42	0,76	43,34	3,24
D3	1.	1446,00	35,94	934	16,24	567	45,19
	2	1476,00	36,63	893	15,75	515	40,05
	3	1562,00	40,25	1008	18,64	551	44,06
	4	1524,00	38,50	870	15,45	540	42,75
	5	1431,00	35,31	935	16,65	644	46,69
	Absoliutinė paklaida (Δ)	97,38	3,61	93,83	2,24	87,15	4,50
	Vidurkis (x)	1487,80	37,33	928,00	16,55	563,40	43,75
	MIN	1431,00	35,31	870,00	15,45	515,00	40,05
	MAX	1562,00	40,25	1008,00	18,64	644,00	46,69
	Vid. kv. nuokrypa (S)	54,61	2,02	52,62	1,26	48,87	2,53
	Var. koef. (v), %	3,67	5,42	5,67	7,60	8,67	5,77
D4	1.	398,8	46,13	297,2	35,10	20,3	40,05
	2	381,6	43,95	313,2	43,13	206	39,50
	3	401,5	45,98	293,2	36,0	211	37,72
	4	393,2	43,80	301,2	47,13	229,3	41,40
	5	405,5	48,08	303,2	36,98	238	44,00
	Absoliutinė paklaida (Δ)	16,52	3,16	13,44	9,32	26,11	4,18
	Vidurkis (x)	396,12	45,59	301,60	39,67	218,12	40,53
	MIN	381,6	43,80	293,20	35,10	206,00	37,72
	MAX	405,5	48,08	313,20	47,13	238,00	44,00
	Vid. kv. nuokrypa (S)	9,27	1,77	7,54	5,23	14,64	2,34
	Var. koef. (v), %	2,34	3,88	2,50	13,17	6,71	5,75
D5	1.	1136	46,38	1254	30,30	824	70,00

Kodas	Eil. nr.	Metmenų kr.		Ataudų kr.		Įstriža kr.	
		Maksimali jėga, $F_{\max}$, N	Pailgėjimas, $\varepsilon_{\max}$, %	Maksimali jėga, $F_{\max}$, N	Pailgėjimas, $\varepsilon_{\max}$, %	Maksimali jėga, $F_{\max}$, N	Pailgėjimas, $\varepsilon_{\max}$, %
D5	2	1143	47,13	1241	29,66	813	68,50
	3	1134	46,31	1299	30,94	807	62,50
	4	1119	45,31	1334	32,24	811	67,00
	5	1141	47,38	1310	31,64	806	66,50
	Absoliutinė paklaida (Δ)	16,85	1,45	69,55	1,83	12,82	5,02
	Vidurkis (x)	1134,60	46,50	1287,60	30,96	812,20	66,90
	MIN	1119,00	45,31	1241,00	29,66	806,00	62,50
	MAX	1143,00	47,38	1334,00	32,24	824,00	70,00
	Vid. kv. nuokrypa (S)	9,45	0,81	39,00	1,03	7,19	2,82
	Var. koef. (v), %	0,83	1,75	3,03	3,32	0,89	4,21
D6	1.	999	46,10	871	24,26	573	50,90
	2	956	46,30	878	23,70	569	49,75
	3	1003	45,45	852	24,60	588	52,80
	4	979	46,10	877	26,25	600	54,30
	5	970	45,60	891	25,50	578	56,50
	Absoliutinė paklaida (Δ)	35,18	0,65	25,33	1,81	22,29	4,79
	Vidurkis (x)	981,40	45,91	873,80	24,86	581,60	52,85
	MIN	956,00	45,45	852,00	23,70	569,00	49,75
	MAX	1003,00	46,30	891,00	26,25	600,00	56,50
	Vid. kv. nuokrypa (S)	19,73	0,36	14,20	1,01	12,50	2,69
	Var. koef. (v), %	2,01	0,79	1,63	4,08	2,15	5,08
D7	1.	187,0	28,69	101,0	18,49	76,7	20,51
	2	185,4	28,91	91,7	16,35	89,0	21,50
	3	188,4	28,01	101,0	17,66	82,3	22,05
	4	185,6	29,29	104,4	19,90	86,0	26,06
	5	194,0	30,94	99,3	17,45	102,6	26,10
	Absoliutinė paklaida (Δ)	6,28	1,95	8,42	2,36	17,29	4,72
	Vidurkis (x)	188,08	29,17	99,48	17,97	87,32	23,24
	MIN	185,40	18,01	91,70	16,35	76,70	20,51
	MAX	194,00	30,94	104,40	19,90	102,60	26,10

Kodas	Eil. nr.	Metmenų kr.		Ataudų kr.		Įstriža kr.	
		Maksimali jėga, $F_{\max}$, N	Pailgėjimas, $\varepsilon_{\max}$, %	Maksimali jėga, $F_{\max}$, N	Pailgėjimas, $\varepsilon_{\max}$, %	Maksimali jėga, $F_{\max}$, N	Pailgėjimas, $\varepsilon_{\max}$, %
D7	Vid. kv. nuokrypa (S)	3,52	1,09	4,73	1,32	9,70	2,65
	Var. koef. (v), %	1,87	3,75	4,75	7,35	11,10	11,39

6 priedas. Klijuotinių siūlių išsluoksniavimo stiprio F , N/mm rezultatai

Kodas	AM-P1-D1M	AA-P1-D1A	AI-P1-D1I
D1	0,0970	0,0755	0,1933
	-	0,0608	0,1768
	0,1443	0,0918	-
	0,1418	0,1022	0,1620
	0,1450	0,0901	0,1850
Absoliutinė paklaida (Δ)	0,0417	0,0288	0,0238
Vidurkis (x)	0,1320	0,0841	0,1793
MIN	0,0970	0,0608	0,1620
MAX	0,1450	0,1022	0,1933
Vid. kv. nuokrypa (S)	0,0234	0,0161	0,0133
Var. koef. (v), %	17,7	19,2	7,4
Kodas	AM-P2-D1M	AA-P2-D1A	AI-P2-D1I
D1	0,0868	0,1450	0,2383
	0,1083	0,1567	0,2046
	0,0818	0,0981	0,1733
	0,0883	0,1123	0,2431
	0,1040	0,1120	0,2660
Absoliutinė paklaida (Δ)	0,0207	0,0442	0,0648
Vidurkis (x)	0,0938	0,1248	0,2251
MIN	0,0818	0,0981	0,1733
MAX	0,1083	0,1567	0,2660
Vid. kv. nuokrypa (S)	0,0116	0,0248	0,0363
Var. koef. (v), %	12,4	19,9	16,1
Kodas	AM-P3-D1M	AA-P3-D1A	AI-P3-D1I
D1	-	0,1920	0,2133
	0,1002	0,2308	0,2850
	0,1740	0,2820	-
	0,1558	0,1868	0,1870
	0,1808	0,2400	0,2587
Absoliutinė paklaida (Δ)	0,0652	0,0693	0,0786
Vidurkis (x)	0,1527	0,2263	0,2360
MIN	0,1002	0,1868	0,1870
MAX	0,1808	0,2820	0,2850
Vid. kv. nuokrypa (S)	0,0366	0,0389	0,0441
Var. koef. (v), %	23,9	17,2	18,7

Kodas	AM-P1-D2M	AA-P1-D2A	AI-P1-D2I
D2	0,1363	0,1200	0,1200
	0,0900	0,1940	0,1083
	0,1133	0,1764	0,1003
	0,1058	0,2218	0,0808
	-	0,1850	0,1031
Absoliutinė paklaida (Δ)	0,0343	0,0666	0,0255
Vidurkis (x)	0,1114	0,1794	0,1025
MIN	0,0900	0,1200	0,0808
MAX	0,1363	0,2218	0,1200
Vid. kv. nuokrypa (S)	0,0193	0,0373	0,0143
Var. koef. (v), %	17,3	20,8	13,9
Kodas	AM-P2-D2M	AA-P2-D2A	AI-P2-D2I
D2	0,0325	0,0488	0,1522
	0,0344	-	0,1168
	0,0258	0,0768	0,1753
	0,0427	0,0541	0,1137
	0,0401	0,0675	0,1843
Absoliutinė paklaida (Δ)	0,0118	0,0227	0,0580
Vidurkis (x)	0,0351	0,0618	0,1485
MIN	0,0258	0,0488	0,1137
MAX	0,0427	0,0768	0,1843
Vid. kv. nuokrypa (S)	0,0066	0,0127	0,0325
Var. koef. (v), %	18,9	20,6	21,9
Kodas	AM-P3-D2M	AA-P3-D2A	AI-P3-D2I
D2	0,0933	0,1525	0,1458
	0,1400	0,1850	0,1758
	0,1352	0,1999	0,1418
	0,1518	-	0,1102
	0,1318	0,2033	0,1240
Absoliutinė paklaida (Δ)	0,0394	0,0413	0,0442
Vidurkis (x)	0,1304	0,1852	0,1395
MIN	0,0933	0,1525	0,1102
MAX	0,1518	0,2033	0,1758
Vid. kv. nuokrypa (S)	0,0221	0,0232	0,0248
Var. koef. (v), %	16,9	12,5	17,8
Kodas	AM-P1-D3M	AA-P1-D3A	AI-P1-D3I

Kodas	AM-P1-D3M	AA-P1-D3A	AI-P1-D3I
D3	0,1058	0,2900	0,1793
	0,0718	0,3172	0,2320
	0,0897	0,3032	0,1999
	0,0893	0,2193	0,1754
	0,0858	0,3284	0,2193
Absoliutinė paklaida (Δ)	0,0216	0,0766	0,0439
Vidurkis (x)	0,0885	0,2916	0,2012
MIN	0,0718	0,2193	0,1754
MAX	0,1058	0,3284	0,2320
Vid. kv. nuokrypa (S)	0,0121	0,0429	0,0246
Var. koef. (v), %	13,7	14,7	12,2
Kodas	AM-P2-D3M	AA-P2-D3A	AI-P2-D3I
D3	0,0485	1,248	0,2542
	0,0621	1,219	0,2374
	0,0587	0,989	0,1999
	0,0764	1,056	0,2513
	0,0499	-	0,1589
Absoliutinė paklaida (Δ)	0,0200	0,2236	0,0724
Vidurkis (x)	0,0591	1,1280	0,2203
MIN	0,0485	0,9890	0,1589
MAX	0,0764	1,2480	0,2542
Vid. kv. nuokrypa (S)	0,0112	0,1254	0,0406
Var. koef. (v), %	19,0	11,1	18,4
Kodas	AM-P3-D3M	AA-P3-D3A	AI-P3-D3I
D3	-	0,1781	0,1455
	0,1510	-	0,1780
	0,1418	0,1358	0,1827
	0,1102	0,1543	-
	0,1240	0,1587	0,1115
Absoliutinė paklaida (Δ)	0,0325	0,0310	0,0589
Vidurkis (x)	0,1318	0,1567	0,1544
MIN	0,1102	0,1358	0,1115
MAX	0,1510	0,1781	0,1827
Vid. kv. nuokrypa (S)	0,0182	0,0174	0,0331
Var. koef. (v), %	13,8	11,1	21,4
Kodas	AM-P1-D4M	AA-P1-D4A	AI-P1-D4I

Kodas	AM-P1-D4M	AA-P1-D4A	AI-P1-D4I
D4	0,0367	0,1233	0,1500
	0,0255	0,1383	-
	0,0258	0,1500	0,0958
	0,0243	0,1108	0,1210
	0,0265	0,1225	0,1514
Absoliutinė paklaida (Δ)	0,0090	0,0272	0,0473
Vidurkis (x)	0,0278	0,1290	0,1296
MIN	0,0243	0,1108	0,0958
MAX	0,0367	0,1500	0,1514
Vid. kv. nuokrypa (S)	0,0051	0,0153	0,0265
Var. koef. (v), %	18,2	11,8	20,5
Kodas	AM-P2-D4M	AA-P2-D4A	AI-P2-D4I
D4	0,1108	0,1683	0,3540
	-	0,2143	0,4160
	0,0658	-	0,3800
	0,0993	0,1850	0,4000
	0,0900	0,2670	0,3716
Absoliutinė paklaida (Δ)	0,0341	0,0772	0,0432
Vidurkis (x)	0,0915	0,2087	0,3843
MIN	0,0658	0,1683	0,3540
MAX	0,1108	0,2670	0,4160
Vid. kv. nuokrypa (S)	0,0191	0,0433	0,0242
Var. koef. (v), %	20,9	20,8	6,3
Kodas	AM-P3-D4M	AA-P3-D4A	AI-P3-D4I
D4	0,0901	0,0768	0,1468
	0,0658	0,0808	0,1733
	0,0508	0,1083	0,1703
	0,0558	0,0989	-
	0,0650	-	0,1608
Absoliutinė paklaida (Δ)	0,0270	0,0266	0,0213
Vidurkis (x)	0,0655	0,0912	0,1628
MIN	0,0508	0,0768	0,1468
MAX	0,0901	0,1083	0,1733
Vid. kv. nuokrypa (S)	0,0151	0,0149	0,0119
Var. koef. (v), %	23,1	16,4	7,3
Kodas	AM-P1-D5M	AA-P1-D5A	AI-P1-D5I

Kodas	AM-P1-D5M	AA-P1-D5A	AI-P1-D5I
D5	0,0500	0,0833	0,0446
	0,0408	0,1380	0,0442
	0,0575	0,0880	0,0458
	0,0640	0,1012	0,0371
	0,0444	0,0940	0,0299
Absoliutinė paklaida (Δ)	0,0169	0,0389	0,0120
Vidurkis (x)	0,0513	0,1009	0,0403
MIN	0,0408	0,0833	0,0299
MAX	0,0640	0,1380	0,0458
Vid. kv. nuokrypa (S)	0,0095	0,0218	0,0068
Var. koef. (v), %	18,5	21,6	16,7
Kodas	AM-P2-D5M	AA-P2-D5A	AI-P2-D5I
D5	0,0800	0,0798	0,0375
	0,0610	0,0893	0,0490
	0,0594	0,0799	0,0477
	0,0700	0,0700	0,0444
	0,0547	0,0960	0,0511
Absoliutinė paklaida (Δ)	0,0179	0,0178	0,0095
Vidurkis (x)	0,0650	0,0830	0,0459
MIN	0,0547	0,0700	0,0375
MAX	0,0800	0,0960	0,0511
Vid. kv. nuokrypa (S)	0,0100	0,0100	0,0053
Var. koef. (v), %	15,4	12,0	11,6
Kodas	AM-P3-D5M	AA-P3-D5A	AI-P3-D5I
D5	0,0900	0,1308	0,0468
	-	0,0871	0,0651
	0,0804	0,1108	0,0500
	0,0844	-	0,0450
	0,1211	0,1255	0,0599
Absoliutinė paklaida (Δ)	0,0330	0,0349	0,0156
Vidurkis (x)	0,0940	0,1136	0,0534
MIN	0,0804	0,0871	0,0450
MAX	0,1211	0,1308	0,0651
Vid. kv. nuokrypa (S)	0,0185	0,0196	0,0087
Var. koef. (v), %	19,7	17,2	16,4
Kodas	AM-P1-D6M	AA-P1-D6A	AI-P1-D6I

Kodas	AM-P1-D6M	AA-P1-D6A	AI-P1-D6I
D6	0,1158	0,1200	0,1180
	0,1056	0,0990	0,1868
	0,0800	0,1418	0,2025
	0,1401	0,0980	0,1400
	0,1237	-	0,1442
Absoliutinė paklaida (Δ)	0,0399	0,0369	0,0626
Vidurkis (x)	0,1130	0,1147	0,1583
MIN	0,0800	0,0980	0,1180
MAX	0,1401	0,1418	0,2025
Vid. kv. nuokrypa (S)	0,024	0,0207	0,0351
Var. koef. (v), %	19,8	18,1	22,2
Kodas	AM-P2-D6M	AA-P2-D6A	AI-P2-D6I
D6	0,1487	-	0,2716
	0,1406	0,1283	0,1840
	-	0,1048	0,2220
	0,1200	0,0750	-
	0,1019	0,1150	0,1889
Absoliutinė paklaida (Δ)	0,0376	0,0404	0,0720
Vidurkis (x)	0,1278	0,1058	0,2166
MIN	0,1019	0,0750	0,1840
MAX	0,1487	0,1283	0,2716
Vid. kv. nuokrypa (S)	0,0211	0,0227	0,0403
Var. koef. (v), %	16,4	21,4	18,6
Kodas	AM-P3-D6M	AA-P3-D6A	AI-P3-D6I
D6	0,2140	0,1440	0,1983
	0,1418	0,1622	0,1658
	0,2109	0,1333	0,1993
	0,1546	0,1780	0,1927
	0,1444	1,6740	0,1541
Absoliutinė paklaida (Δ)	0,0646	0,0322	0,0370
Vidurkis (x)	0,1731	0,1570	0,1820
MIN	0,1418	0,1333	0,1541
MAX	0,2140	0,1780	0,1993
Vid. kv. nuokrypa (S)	0,0362	0,0181	0,0207
Var. koef. (v), %	20,9	11,5	11,4
Kodas	AM-P1-D7M	AA-P1-D7A	AI-P1-D7I

Kodas	AM-P1-D7M	AA-P1-D7A	AI-P1-D7I
D7	0,0442	0,4310	0,2924
	0,4165	0,3700	0,4260
	0,4265	0,3392	0,3876
	0,5463	0,3048	0,3308
	0,5420	0,3000	0,3684
Absoliutinė paklaida (Δ)	0,1143	0,0961	0,0918
Vidurkis (x)	0,4747	0,3490	0,3610
MIN	0,4165	0,3000	0,2924
MAX	0,5463	0,4310	0,4260
Vid. kv. nuokrypa (S)	0,0641	0,0539	0,0515
Var. koef. (v), %	13,5	15,4	14,2
Kodas	AM-P2-D7M	AA-P2-D7A	AI-P2-D7I
D7	0,7840	0,8400	0,9770
	0,7510	1,1800	0,8960
	0,6310	1,2330	0,9410
	0,8260	0,9000	0,722
	0,6440	0,8890	0,7550
Absoliutinė paklaida (Δ)	0,1538	0,3267	0,2025
Vidurkis (x)	0,7272	1,0084	0,8528
MIN	0,6310	0,8400	0,7220
MAX	0,8260	1,2330	0,9770
Vid. kv. nuokrypa (S)	0,0862	0,1832	0,1136
Var. koef. (v), %	11,6	18,2	13,2
Kodas	AM-P3-D7M	AA-P3-D7A	AI-P3-D7I
D7	1,1610	0,7240	1,1410
	0,9430	-	0,7120
	0,9590	0,8890	-
	1,166	0,8410	0,8411
	1,1800	0,8230	1,2140
Absoliutinė paklaida (Δ)	0,2135	0,1237	0,4267
Vidurkis (x)	1,0818	0,8193	0,9770
MIN	0,9430	0,7240	0,7120
MAX	1,1800	0,8890	1,2140
Vid. kv. nuokrypa (S)	0,1197	0,0693	0,2393
Var. koef. (v), %	11,06	8,4	24,5