

**Kauno technologijos universitetas**

**Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas**

**Medžiagų inžinerijos katedra**

**Dovilė Redeckienė**

**ĮVAIRIOS PLUOŠTINĖS SUDĖTIES AUDINIŲ  
MECHANINIŲ IR VARTOJAMŲJŲ SAVYBIŲ TYRIMAS**

**Magistro baigiamasis projektas**

**Vadovė : doc. dr. Eglė Kumpikaitė**

Kaunas, 2017

**Kauno technologijos universitetas**  
**Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas**  
**Medžiagų inžinerijos katedra**

**TVIRTINU :**

**Katedros vedėja**

**doc. dr. V. Jonaitienė**

**ĮVAIRIOS PLUOŠTINĖS SUDĖTIES AUDINIŲ  
MECHANINIŲ IR VARTOJAMŲJŲ SAVYBIŲ TYRIMAS**

**Magistro baigiamasis projektas**

Tekstilės inžinerijos ir apdailos studijų programa (kodas 621J40002)

**Projektą atliko :**

**MDM-5/10 stud.**

**Dovilė Redeckienė**

**Recenzentė :**

**doc. dr. Daiva Mikučionienė**

**Vadovė :**

**doc. dr. Eglė Kumpikaitė**

Kaunas, 2017



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

---

(Fakultetas)

Dovilė Redeckienė

---

(Studento vardas, pavardė)

Tekstilės inžinerijos ir apdailos studijų programa (kodas 621J40002)

---

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

**ĮVAIRIOS PLUOŠTINĖS SUDĖTIES AUDINIŲ MECHANINIŲ IR  
VARTOJAMŲJŲ SAVYBIŲ TYRIMAS**

**AKADEMINIO SAŽINGUMO DEKLARACIJA**

2017 m. - gegužės - 24 d.

\_\_\_\_\_

Kaunas

Patvirtinu, kad mano, Dovilės Redeckienės, baigiamasis projektas tema „**ĮVAIRIOS PLUOŠTINĖS SUDĖTIES AUDINIŲ MECHANINIŲ IR VARTOJAMŲJŲ SAVYBIŲ TYRIMAS**“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

\_\_\_\_\_

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

\_\_\_\_\_

(parašas)

Įvairios pluoštinės sudėties audinių mechaninių ir vartojamųjų savybių tyrimas / Magistro baigiamasis projektas / Autorė – D. Redeckienė / Vadovė – doc. dr. E. Kumpikaitė / KTU Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas, Medžiagų inžinerijos katedra / Kaunas, 2017 – 49 psl., 28 pav., 9 lent.

Trūkimo jėga; trūkimo ištįsa; atsparumas dilinimui.

## SANTRAUKA

Darbe iškelta problema, susijusi su apdailos įtaka audinių, pagamintų iš įvairios pluoštinės sudėties verpalų, mechaninių ir vartojamųjų savybių tyrimu. Problema yra aktuali tekstilės įmonėms, gaminančioms audinius iš įvairių natūralių pluoštų ir jų mišinių. Gamybos metu pastebėta, kad apdaila neigiamai veikia tokias vartojamąsias audinių savybes kaip atsparumas dilinimui ir pumpuravimuisi. Taip pat apdaila daro įtaką ir mechaninėms audinių savybėms – trūkimo jėgai ir trūkimo ištįsai.

Todėl darbo metu tirtos minėtos mechaninės (trūkimo jėga ir trūkimo ištįsa) verpalų ir iš jų pagamintų audinių savybės ir vartojamosios (atsparumas dilinimui ir atsparumas pumpuravimuisi) žalių audinių ir audinių po apdailos savybės.

Nustatyta, kad naudotų verpalų stiprumo bei tūsumo rodikliai daro įtaką audinių, pagamintų iš jų, trūkimo jėgai ir trūkimo ištįsai. Audiniams atlikta apdaila veikia minėtas audinių savybes, t.y. trūkimo jėga po apdailos sumažėja, o trūkimo ištįsa padidėja. Audiniai apdailos metu patiria įvairius cheminius ir mechaninius poveikius, dėl ko audiniai gali susilpnėti. Tačiau iš kitos pusės, audiniai apdailos metu sutankėja, jų siūlai labiau išsirango, todėl audiniai tampa tūsesniais.

Apdaila veikia ir vartojamąsias audinių savybes (atsparumą dilinimui ir atsparumą pumpuravimuisi). Šios audinių savybės po apdailos pablogėja. Priklausomybės aprašytos tiesinėmis lygtimis. Analizuojant audinių atsparumą dilinimui, beveik visos priklausomybės gautos stiprios. Daugumos žalių audinių atsparumas dilinimui buvo didesnis negu audinių po apdailos. Audinių atsparumas pumpuravimuisi taip pat yra geresnis žalių audinių negu audinių po apdailos. Atsparumo pumpuravimuisi priklausomybės nuo dilinimo ciklų skaičiaus dažniausiai buvo vidutinio stiprumo.

Apibendrinant galima teigti, kad apdaila ir naudotų verpalų pluoštinė sudėtis daro įtaką audinių mechaninėms (trūkimo jėgai, trūkimo ištįsai) ir vartojamosioms (atsparumui dilinimui, atsparumui pumpuravimuisi) savybėms.

Investigation of Mechanical and End-use Properties of Different Raw Material Woven Fabrics / Master project / Author – D. Redeckienė / Supervisor – Assoc. Prof. Dr. E. Kumpikaitė/ Kaunas University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Design, Department of Materials Engineering. Kaunas, 2017, 49 p., 28 fig., 9 tables.

Breaking force; elongation at break; abrasion resistance.

### **SUMMARY**

This work analyses the issue related to the influence of finishing on fabrics, made of yarn of different raw material, by research of mechanical and end-use properties. The issue is relevant to textile companies that manufacture fabrics from various natural fibres and its blends. During the manufacturing process, it has been noticed that finishing has a negative effect on end-use properties, such as abrasion resistance and pilling. Moreover, finishing has an impact on mechanical properties of fibres, such as breaking force and elongation at break.

Therefore, this work analyses the abovementioned mechanical (breaking force and elongation at break) properties of yarn and fabrics made of it and end-use (abrasion resistance and pilling) properties of grey fabrics and finished fabrics.

It has been determined that the strength and tension rates of used yarn have an impact on fabrics and its breaking force and elongation at break. The fabric finishing affects the properties of the mentioned fabrics, i.e. breaking force decreases after finishing, while the elongation at break increases. During finishing, fabrics undergo various chemical and mechanical impacts which might decrease the quality of fabrics. On the other hand, fabrics become denser, its threads crimp, and thus fabrics become more tensile.

Finishing affects end-use fabric properties as well (resistance to abrasion and pilling). These properties of fabrics worsen. Dependencies are described by linear equations. During the abrasion resistance analysis, almost all of the dependencies were strong. Abrasion resistance of grey fabrics was higher than those after finishing. Pilling resistance of grey fabrics is also better than of fabrics after finishing. Pilling resistance dependencies on the number of abrasion cycles were mostly of medium strength.

It might be concluded that finishing and the raw material of used yarn influences the mechanical (breaking force, elongation at break) and end-use (abrasion resistance and pilling) properties of fabrics.

# Turinys

ĮVADAS .....	7
1. LITERATŪROS APŽVALGA .....	8
1.1. Audinių trūkimo charakteristikos.....	8
1.2. Audinių atsparumas dilinimui ir pumpuravimuisi .....	12
1.3. Apdailos įtaka audinių savybėms.....	18
2. METODIKOS DALIS .....	20
2.1. Tyrimo objektas .....	20
2.2. Tyrimo metodika.....	21
2.2.1. Siūlų trūkimo jėgos ir ištiesos nustatymas .....	22
2.2.2. Audinių trūkimo jėgos ir ištiesos nustatymas .....	22
2.2.3. Audinio atsparumo dilinimui nustatymas .....	23
2.2.4. Audinio atsparumas pumpuravimuisi.....	23
2.2.5. Statistinių rodiklių nustatymo metodika .....	24
3. TYRIMO REZULTATAI.....	25
3.1. Trūkimo jėga ir trūkimo ištiesa.....	25
3.2. Audinių atsparumas dilinimui.....	29
3.3. Audinių atsparumas pumpuravimuisi .....	41
IŠVADOS.....	48
PADĖKA .....	49
LITERATŪROS ŠALTINIAI .....	50

## IVADAS

Pastaruoju metu tobulėjant tekstilės pramonei ir atsirandant vis naujiems pluoštams bei netikėtiems jų mišiniams, atsiranda prielaidos ištirti naujųjų verpalų savybių įtaką iš jų pagamintų audinių savybėms. Taip pat tobulėja ir audinių gamybos, taip pat ir apdailos, techninės ir cheminės galimybės, atsiranda vis naujos cheminės medžiagos, suteikiančios audiniams vis kitokių savybių. Taip pat randasi ir nauji mechaniniai apdailos būdai, pvz. mechaninis audinių minkštinimas, kuris gana plačiai taikomas natūralių pluoštų audinius gaminančiose įmonėse.

Tad naujoviškus audinius gaminančios įmonės susiduria su įvairiomis gamybos metu išskylančiomis problemomis, pvz. padidėjusiu audinių pumpuravimusi ar sumažėjusiu stiprumu po apdailos. Ypač ši problema svarbi įmonei „Klasikinė tekstilė“, kuri gamina audinius iš įvairių natūralios prigimties pluoštų ir jų mišinių verpalų bei taiko modernias gamybos, taip pat ir apdailos, technologijas. Todėl yra aktualu ištirti žalių audinių ir audinių po apdailos bei jiems naudotų verpalų mechanines (trūkimo jėgą, trūkimo ištįsą) ir vartojamąsias (atsparumą dilinimui, atsparumą pumpuravimuisi) savybes. Tai ir buvo stengiamasi ištirti magistro darbe.

**Darbo tikslas** – ištirti naudotų verpalų ir atliktos apdailos įtaką audinių iš įvairių natūralios prigimties pluoštų mechaninėms ir vartojamosioms savybėms.

### **Uždaviniai:**

1. Siekiant nustatyti verpalų savybių įtaką audinių savybėms, nustatyti audiniams naudotų natūralios kilmės verpalų trūkimo jėgą ir trūkimo ištįsą.
2. Ištirti verpalų savybių įtaką audinių iš šių verpalų trūkimo jėgai ir trūkimo ištįsai.
3. Nustatyti žalių audinių ir audinių po apdailos atsparumą dilinimui, atliekant lyginamąją gautų rezultatų analizę.
4. Išanalizuoti ir palyginti žalių audinių ir audinių po apdailos atsparumą pumpuravimuisi.
5. Atlikti atsparumo dilinimui ir atsparumo pumpuravimuisi regresinę analizę.

# 1. LITERATŪROS APŽVALGA

## 1.1. Audinių trūkimo charakteristikos

Vienos iš svarbiausių dvisluoksnių audinių mechaninių savybių yra audinių stiprumas ir tįsumas. Labiausiai paplitusios šių savybių charakteristikos yra audinių trūkimo jėga ir trūkimo ištįsa.

Įvertinant audinio struktūrą, reikia atsižvelgti į daugelį audinio struktūros parametrų: metmenų ir ataudų žaliavas, metmenų ir ataudų ilginius tankius, metmenų ir ataudų tankumus bei audinio pynimą. Visi šie audinio struktūros parametrai gali būti vertinami kartu ir atskirai, bet sudėtingiausias yra pynimo vertinimas, nes reikia atsižvelgti į perdangų pobūdį, jų pasiskirstymą, gretimų siūlų susipynimą ir pan. [1].

Audinio technologinės savybės priklauso nuo audinio struktūros, kurią atspindi audinio audžiamumas, kuris priklauso nuo pluoštinės sudėties ir audimo staklių konstrukcijos. Kumpikaitė, E., Milašius, V. nagrinėja audinio audžiamumo problemas. Audžiamumas yra glaudžiai susijęs su audinio struktūra. Galima teigti, kad audimo sąlygos, užtikrinančios vienodą audinio struktūrą, turėtų nulemti ir nesikeičiantį audinio struktūros rodiklį. Šios audimo sąlygos pasiekiamos, audžiant maksimalaus ataudų tankumo audinius. Atlikus eksperimentus buvo nustatyti primušimo proceso parametrų priklausomybių nuo audinio struktūros rodiklių taškai ir apskaičiuoti audinio struktūros rodiklių variacijos koeficientai. Rezultatai parodė, kad audinio audžiamumą Brierley'o grupės rodikliai įvertina kur kas geriau negu Peirce'o grupės rodikliai. Iš jų patogiausia naudoti rodiklį  $\varphi$ , nes juo galima įvertinti bet kokio pynimo audinius [2].

Straipsnyje aprašyti audinio struktūros įvertinimo būdai, pateikti skirtingų mokslininkų pasiūlyti audinio pynimo ir integraliniai audinio struktūros rodikliai, išanalizuoti šių rodiklių privalumai ir trūkumai. Tyrimų metu gautos audinio trūkimo jėgos ir trūkimo ištįsos priklausomybės nuo skirtingų pynimo rodiklių. Gautos taškų diagramos rodo, kad koreliacijos tarp audinio trūkimo jėgos ir audinio pynimo rodiklių nėra, tačiau trūkimo ištįsa priklauso nuo audinio pynimo rodiklių, t. y. didėjant pynimo standumui, trūkimo ištįsa didėja. Taip pat buvo nustatytos trūkimo jėgos ir trūkimo ištįsos priklausomybės nuo audinio ataudų tankumo. Gauta, kad, didėjant ataudų tankumui, trūkimo jėga šiek tiek mažėja, o trūkimo ištįsa didėja. Iš audinio trūkimo jėgos ir trūkimo ištįsos priklausomybių nuo integralinių audinio struktūros rodiklių matyti, kad tarp trūkimo jėgos ir integralinių audinio struktūros rodiklių koreliacijos nėra, o trūkimo ištįsa, standėjant audinio struktūrai, didėja [3].

Analizuojama audinio pynimo perdangų pasiskirstymo, išreiškiamo pynimo rodikliu  $P_1$ , įtaka audinio trūkimo jėgai ir trūkimo ištįsai. Pynimai yra suskirstyti į dvi grupes, t. y. pynimai, kurių perdangos yra išsidėsčiusios tolygiai visame audinio paviršiuje, ir skersai ruožuoti



pynimai. Pastebėta, kad skirtingų grupių pynimų audinių trūkimo pobūdis, o kartu ir trūkimo kreivės, yra skirtingos. Taip pat skiriasi šių grupių pynimų audinių trūkimo jėgos ir trūkimo ištisos priklausomybės nuo pynimo rodiklio  $P_1$ . Analizuojant atskirų grupių trūkimo jėgos priklausomybes nuo pynimo rodiklio  $P_1$ , nustatyta, kad skersai ruožuotų pynimų trūkimo jėgos vertės yra didesnės negu pynimų su tolygiai išsidėsčiusiomis perdangomis. Lygčių apibrėžties koeficientai yra dideli. Įvertinus visus pynimus, apibrėžties koeficientas gerokai sumažėja, todėl galima teigti, kad tarp audinio pynimo ir audinio trūkimo jėgos yra vidutinio dydžio koreliacija. Pynimų su tolygiai pasiskirsčiusiomis perdangomis trūkimo ištisos kreivė kinta gerokai intensyviau, palyginti su skersai ruožuotais pynimais. Priklausomybių apibrėžties koeficientai yra dideli [4].

Ajay'as Rathod'as, Avinash'as Kolhatkar'as tyrė fizikines bambuko pluošto ir bambuko/medvilnės (50:50) mišriapluoščių verpalų audinių, kurie paprastai naudojami drabužių gamyboje, savybes. Buvo naudojami 4 skirtingų numerių siūlai – Ne 20, 24, 30, 40. Bambuko ir bambuko/medvilnės mišriapluoščiai siūlai buvo naudoti audinių metmenims ir ataudams. Visi audiniai buvo pagaminti, audžiant drobinu pynimu. Atliktų įvairių audinių savybių rezultatai parodė, kad audiniai iš 100% bambuko turi didesnę atsparumą dilinimui nei audiniai iš bambuko/medvilnės (50:50). Taip pat trūkimo ištisa didesnė 100% bambuko audinių nei audinių, sudarytų iš bambuko/medvilnės (50:50) [5].

Audinių trūkimo jėgai turi įtakos metmenų ir ataudų siūlai. Jų skirtingos savybės (žaliava, ilginis tankis, struktūra) turi įtakos audinių iš šių siūlų tempimo kreivių pobūdžiui, taip pat audinio trūkimo jėgai metmenų ir ataudų kryptimis [6].

Pirmiausia audinio trūkimo jėga ir trūkimo ištisa priklauso nuo naudojamų verpalų ir jų trūkimo jėgos bei trūkimo ištisos. Mokslininkai H. Gabrijelčič'ė, E. Černoša, K. Dimitrovski'as ištyrė, jog naudojant vienlinkus ir dvilinkus suktus siūlus, pastarieji ataudų siūlai didina audinio trūkimo jėgą [6].

Dvisluoksnis audinys buvo austas specialiomis iešminėmis staklėmis *Itama R9500* (Italija), kurių dėka audinius buvo galima austi iš dviejų metmenų velenų su skirtingais įtempiais. Viršutiniam audinio sluoksniui austi buvo naudojami medvilnės verpalai 20 tex×2, o apatiniam sluoksniui buvo naudojami lininiai verpalai 38 tex. Ataudai buvo dviejų spalvų (balti ir mėlyni). Metmenų tankumo koeficientas buvo 200 dm<sup>-1</sup>, o ataudų tankumo koeficientas skyrėsi įvairiose audinio dalyse. Dvisluoksnio audinio sluoksnių santykis buvo 1 viršutinis ir 1 apatinis siūlas. A dalyje du atskiri sluoksniai buvo audžiami tais pačiais tankumais ir siūlų skaičiumi. B dalyje viršutinis sluoksnis buvo dvigubai tankesnis ataudų kryptimi, paliekant apatiniam sluoksnyje nesuaustus metmenis. C dalyje viršutiniai ir apatiniai metmenys išsidėstę viename sluoksnyje. Taigi atlikus eksperimentus, buvo nustatyta, kad audinių paviršinis tankis didėja po apdailos,

trūkimo jėga mažėja ir trūkimo ištisa padidėja. Atsparumas dilinimui priklauso nuo audinio struktūros. Jei audinys išaustas su A struktūros dalimi, atsparumas dilinimui po apdailos didėja, o jei audinys yra išaustas be A dalies, atsparumas dilimui mažėja [7].

Įvairios pluoštinės sudėties audinių gamybos metu pastebėta, kad audinio struktūros parametrai, išėmus audinį iš staklių ir nusistovėjus jo struktūrai, pakinta nedėsnusiai. Šio tyrimo metu buvo siekiama ištirti, kaip reikėtų parinkti audimo staklių technologinius parametrus (uždarą ir pradinę metmenų įrašą), kad audinio struktūros parametrų pokyčius ir savybes būtų galima prognozuoti, t.y. kad šie parametrai kistų dėsnusiai. Taigi šiame straipsnyje analizuojamos pusvilnonio audinio sandaros parametrų (ataudų tankumo, storio bei skerspjūvio parametrų) pokyčių ir audinių mechaninių savybių (trūkimo jėgos, trūkimo ištisos, statinės trinties jėgos ir statinės trinties koeficiento, trinant audinį į odą ir pusvilnonę medžiagą) priklausomybės nuo audimo staklių technologinių parametrų (uždaro dydžio bei pradinės metmenų įrašos). Tam naudojamas dviejų faktorių ortogonalusis Bokso planas, sudarytos erdvinės priklausomybės bei gautos šių priklausomybių lygtys ir apibrėžties koeficientai, nustatyta, kad audinių trūkimo jėgos ir ištisos priklausomybės nuo uždaro dydžio ir pradinės metmenų įrašos yra vidutinio stiprumo, nes jų apibrėžties koeficientai yra lygūs 0,7-0,8 [8].

Darbe nagrinėjamos skirtingos pluoštinės sudėties (medvilninių, vilninių, polipropileninių, poliesterinių ir poliakrilnitrilinių) audinių, išaustų skirtingomis sąlygomis, mechaninių savybių (trūkimo jėgos, trūkimo ištisos, statinės trinties jėgos ir statinio trinties koeficiento) priklausomybės nuo integralinio audinio struktūros rodiklio  $\varphi$  ir nuo žaliavos tankio  $\rho$ . Gautos diagramos parodė, kad kai kuriais atvejais esama stiprių priklausomybių, o kai kuriais koreliacijos nėra. Nustatyta, kad ataudų kryptimi trūkimo jėga ir trūkimo ištisa didėja, standėjant audinio struktūrai, o metmenų kryptimi kreivės mažai kinta. Kalbant apie statinę trinties jėgą ir statinį trinties koeficientą, kurie buvo nustatyti dviem atvejais, kai audiniai trinami į odą ir į medžiagą, nustatyta, kad kreivių dėsningumas nevienodas, t. y. didėjant integraliniam audinio struktūros rodikliui  $\varphi$  jos arba didėja, arba mažėja. Taip pat pastebėta, kad ne visos priklausomybės stiprios, o kai kur ryšio tarp tiriamųjų rodiklių apskritai nėra. Žiūrint, kaip visos šios mechaninės savybės priklauso nuo žaliavos tankio  $\rho$ , galima daryti išvadą, kad, didėjant žaliavos tankiui  $\rho$ , gautos priklausomybės yra silpnos arba jų visai nėra [9].

Tirtos polipropileninio baldinio audinio trūkimo jėgos ir ištisos priklausomybės nuo audinyje esančių siūlų struktūros ir oro slėgio tūtoje siūlų tekstūravimo metu bei nuo paties audinio struktūros. Tyrimo metu paaiškėjo, kad polipropileninio baldinio audinio trūkimo jėga ir ištisa labai priklauso nuo siūlų struktūros (kinta daugiau negu 17 %, o kai kuriais atvejais ir 25 %). Audinio trūkimo jėga ir ištisa beveik nekinta dėl oro slėgio kitimo tekstūravimo tūtoje siūlų gamybos metu. Trūkimo jėga nuo oro slėgio tekstūravimo tūtoje kinta tik 2,4 %. Taip pat šiame

darbe buvo tirta audinio pynimo įtaka stipruminėms savybėms. Aiškių priklausomybių nuo audinio pynimo koeficientų  $P$ ,  $P'$ ,  $P_a$ , ir  $P_m$  nebuvo aptikta [10].

Šiame straipsnyje analizuojama audinio struktūros, kuri išreikšta integraliniu audinio struktūros rodikliu  $\varphi$ , įtaka audinio trūkimo jėgai ir trūkimo ištįsai. Pynimai buvo suskirstyti į dvi grupes, t. y. pynimai, kuriuose perdangos yra paskirstytos tolygiai visame audinio paviršiuje, ir horizontaliai juostuoti pynimai. Autorė nustatė, kad audinio trūkimas skirtingose pynimų grupėse skiriasi. Remiantis trūkimo jėgos priklausomybės nuo rodiklio  $\varphi$  analize, nustatyta, kad priklausomybė tarp trūkimo jėgos ir audinio struktūros nėra aiškiai matoma tirtiems audiniams. Horizontaliai juostuotų audinių trūkimo ištįsos metmenų kryptimi priklausomybės nuo rodiklio  $\varphi$  kitimo intensyvumas buvo mažesnis negu pynimų su tolygiai pasiskirsčiusiomis perdangomis. Audinio trūkimo charakteristikos priklauso nuo audinio pynimo perdangų pasiskirstymo, t. y. perdangos gali būti pasiskirsčiusios tolygiai per visą audinio plotą arba pynimas gali būti horizontaliai juostuotas. Gavus audinio trūkimo ištįsos metmenų kryptimi priklausomybę nuo audinio struktūros rodiklio  $\varphi$ , matyti, kai rodiklis  $\varphi$  didėja, trūkimo ištįsa pradžioje turi tendenciją mažėti, tačiau rodikliui  $\varphi$  pasiekus 0,45-0,50 arba aukštesnes vertes, trūkimo ištįsa aiškiai didėja. Trūkimo jėga metmenų kryptimi pynimuose su tolygiai paskirstytais perdangomis yra mažesnė nei horizontaliai juostuotuose pynimuose. Trūkimo jėgos metmenų kryptimi priklausomybė nuo rodiklio  $\varphi$  iš pradžių didėja ar turi tendenciją mažėti, bet esant tam tikrai rodiklio  $\varphi$  vertei, audinių trūkimo jėga pradeda didėti. Horizontaliai juostuotų pynimų trūkimo ištįsos metmenų kryptimi priklausomybė nuo rodiklio  $\varphi$  yra silpnesnė nei pynimų su tolygiai pasiskirsčiusiomis perdangomis [11].

Audronė Ragaišienė, Daiva Milašienė tyrė audinių su fasoniniais siūlais prieš ir po nuovargio mechaninius rodiklius ir sukūrė trūkimo ištįsos matematinį modelį tirtiems audiniams. Šiam tikslui fasoniniai siūlai buvo pagaminti vienprocesiu būdu, naudojant tuščiavidures verpstes, ir šie siūlai buvo naudojami audiniams. Autorės analizuoja audinių su fasoniniais siūlais trūkimo jėgą ir trūkimo ištįsą, jų struktūrą. Buvo apskaičiuota, kad nuovargis ženkliai įtakojo fasoninių siūlų struktūrą ir pakeitė audinių su šiais siūlais mechaninius rodiklius. Trūkimo ištįsa nutrūkimo momentu ataudų kryptimi po nuovargio padidėjo beveik visiems tirtiems audinio variantams. Be to, didžiausias padidėjimas buvo pastebėtas audiniams, kurių sudėtyje yra banguotieji ir spiraliniai fasoniniai siūlai, taip pat audiniams, kurių sudėtyje yra fasoniniai siūlai, turintys neperiodiškai išsidėsčiusias atviras ir uždaras kilpas [12].

Tyrimui buvo išausti skirtingų struktūrų dvisluoksniai audiniai, skirti drabužiams, užuolaidoms ir baldų apmušalams, austi iš 100% medvilnės verpalų (Giza 70 pluoštų), suverptų žiediniu verptuvu. Kad būtų galima analizuoti pynimo ir sluoksnių sujungimo metodo poveikį, visi bandiniai turėjo tą patį viršutinio ir apatinio audinio sluoksnio metmenų ir ataudų tankumą ir

tą patį apatinio audinio sluoksnio pynimą (drobinis), bet skirtingus viršutinio audinio sluoksnio pynimus.

Austi bandiniai buvo suskirstyti į penkias klases, atsižvelgiant į sujungimo metodą. Kiekvienoje grupėje buvo paimti 4 audiniai su skirtingais viršutinio sluoksnio pynimais: drobinis, ruoželinis, satininis ir panamos. Tyrimo tikslas buvo nustatyti priklausomybes tarp dvisluoksnių audinių konstrukcinių parametrų (pynimo tipo ir sujungimo metodo) ir šių mechaninių savybių: trūkimo jėgos ir trūkimo ištisos, plėšimo stiprumo, raukšlių atsistatymo ir audinių standumo. Analizės rezultatai aiškiai parodė, kad sujungimo būdas neturi statistiškai reikšmingo poveikio mechaninėms audinių savybėms, esant minėtų savybių tikimybei 95%, išskyrus plėšimo stiprumui metmenų kryptimi ir audinių standumui. Pynimo tipo įtaka mechaninėms savybėms yra akivaizdi. Pynimas daro įtaką visoms minėtoms mechaninėms savybėms, išskyrus raukšlių atsistatymą. Tyrimo rezultatai gali padėti konstruktoriams, vystant naujas audinių konstrukcijas su pageidaujamomis savybėmis [13].

## **1.2. Audinių atsparumas dilinimui ir pumpuravimuisi**

Audinio atsparumas dilinimui ir pumpuravimuisi – tai dvi svarbiausios vartojamosios audinio savybės [14].

Pumpuravimasis yra svarbi problema ne tik tekstilės ir drabužių gamintojams, bet taip pat ir vartotojams. Ši savybė mažina audinio kokybę bei vartotojo komfortiškumą. Pumpuravimasis yra trinties jėgų, kurios atsiranda liečiantis audinio paviršiumi vilkint, plaunant ar valant, sąveikos rezultatas [15, 16, 17, 18].

Terminas „atsparumas pumpuravimuisi“ apibūdina pūkelių, paverčiamų mažais pluoštiniais rutuliukais, vadinamais pumpurėliais, formavimąsi. Šie pumpurėliai atsiranda, vykstant trinčiai audinio naudojimo metu. Jie susiformuoja dilinimo metu iš išsipašiusių audinio siūlų, kurių dalį sudaro laisvi pluoštai, nesurišti su audiniu, o likusi dalis suskaidyta ir susijusi su audiniu. Todėl tokiu būdu susiformavę pumpurėliai yra tvirtai sujungti su audinio paviršiumi, kuris tampa netinkamas funkciniu ir estetiniu požiūriu. Pirmiausia pumpuravimasis pasireiškia audiniuose iš sintetinių pluoštų, pasižyminčių dideliu atsparumu tempimui ir dilimui. Net jei sintetiniai pluoštai yra sumaišyti su natūraliais pluoštais, stipruminės charakteristikos sumažėja. Dažniausias pavyzdys yra austi ir megzti gaminiai, pagaminti iš poliesterio ir medvilnės pluoštų mišinio. Tokie audiniai dėl vykstančios trinties silpnesnį medvilnės pluoštą nutraukia ir atskiria nuo audinio, o žymiai stipresnį poliesterio pluoštą tik nutraukia, bet jis vis dar lieka įstrigęs su kitais plaukelių galais audinyje. Taigi abu pluoštų tipai sudaro pumpurėlius, kurie lieka tvirtai sujungti su audinio paviršiumi [19].

Lohrasbi'as F., Ghahi'as J. M., Yazdanshenas M. E. tyrė šukuotinių audinių, sudarytų iš 45% vilnos ir 55% poliesterio ir išaustų keletu skirtingų ataudų tankumų bei pynimų, pumpuravimosi problemą. Pumpuravimosi bandymas buvo atliktas, naudojant Martindale'o testą ir įvertinant pumpurėlių susidarymą audinio paviršiuje. Rezultatai parodė, kad kuo standžiau metmenys ir ataudai persipynę audinio paviršiuje, tuo pumpurėlių susidaro mažiau. Taip pat buvo padaryta išvada, kad kai metmenų tankumas viršija ataudų tankumą, pumpurėlių taip pat susidaro mažiau. Didelę įtaką pumpuravimuisi turi metmenų ir ataudų tankumai [16].

Pumpuravimasis yra rimta problema drabužiams. Jis kenkia ne tik išvaizdai, bet ir sumažina drabužio dėvėjimo laiką. Straipsnyje buvo tiriamas pynimo tipo ir pynimo rišlumo bendras poveikis pumpuravimuisi. Vilnoniai audiniai, austi drobiniu, ruoželinu 2/1 ir ruoželinu 2/2 pynimais ir skirtingais metmenų / ataudų tankumais, buvo veikiami skirtingo intensyvumo dilinimu, o pumpuravimasis vertinamas, skaičiuojant pumpurėlius. Tyrimas parodė, kad siūlų perdangos ilgis turi didelę įtaką pumpuravimuisi. Nustatyta empirinė lygtis, susiejanti pynimo tipą ir audinio tankumą bei siūlų perdangos ilgį. Taip pat dėl riboto standumo lenkiant poveikio pumpuravimuisi buvo išbandytas trijų rūšių mažo pumpuravimosi poliesteris. Mokslininkai naudojo ASTM D4970 metodą. Šiuo metodu skaičiuojamas pumpurėlių skaičius, o ne lyginama išbandytus pavyzdžius su regėjimo standartais, įvertinant audinio pumpuravimąsi laipsniu pagal skalę nuo 5 iki 1. Rezultatai parodė, kad pumpuravimasis sumažėjo, didėjant verpalų ir audinių tankiams. Tačiau siekiant išsaugoti produktų funkcionalumą ir savybes, pageidaujama naudoti modifikuoto poliesterio verpalus, kurie sumažina pumpuravimąsi [20].

Tiriant 100 % medvilninius audinius, buvo nustatyta, kad didelę įtaką audinio atsparumui dilinimui ir pumpuravimuisi turi siūlų charakteristikos. Siūlų standumas ir lygumas įtakos dilinimui ir pumpuravimuisi neturi, tačiau siūlų plaukuotumas įtakos turi. Didesnis siūlų plaukuotumas sumažina atsparumą dilinimui ir pumpuravimuisi. Pastebėta, kad audinio pumpuravimasis tuo mažesnis, kuo atsparumas dilinimui didesnis [21].

Dažniausiai tekstilėje naudojamų poliesterio / medvilnės pluoštų mišinių, ypač tų, kurių sudėtyje naudojama prastesnė medvilnė, didelis trūkumas yra didelis pumpuravimasis, kuris neigiamai veikia jų naudojimo ilgaamžiškumą ir estetines vertybes. Tarp daugelio metodų, siekiančių užkirsti kelią šiam reiškiniui, yra padengimas plonu zolio-gelio apdailos sluoksniu. Be to, ši danga tvirtai susijungia su pluošto paviršiumi ir yra atspari naudojimui ir priežiūros sąlygoms, įskaitant daugkartinį skalbimo procesą. Plonas apdailos sluoksnis taip pat padidina tekstilės su vyraujančiu poliesterio pluoštu atsparumą dilinimui, o tai daro teigiamą įtaką tekstilės gaminio naudojimui. Straipsnyje [19] pateikiami tyrimo rezultatai, naudojant pagamintą zolio-gelį  $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$  praskiedus vandeniui (1:20). Audinio paviršius buvo sudrėkintas ir išdžiovintas. Svarbu tai, kad audinio pūkuotumas buvo visiškai pašalintas, lyginant su

neapdorotu audiniu (įvertinimas 5 lygiu pagal Martindale'o bandymą), o atsparumas dilinimui padidėjo apie 38%.

H. K. Kaynak'as, M. Topalbekiroğlu'as tyrė audinio atsparumą dilinimui, jo priklausomybę nuo pynimo tipo. Buvo ištirti septyni audiniai, išausti įvairiais pynimais iš 100 % medvilnės 20 tex (Ne 30/1) šukuotinių ir žiediniu būdu suverptų verpalų. Šie audiniai buvo išbandyti *Martindale'o* dilinimo mašina, nustatant jų atsparumą dilinimui. Po 4 skirtingų ciklų skaičių (5000, 7500, 10 000, 15 000 sūkių) audinių atsparumas dilinimui buvo įvertintas pagal jų masės nuostolių santykį. Buvo nustatyta, kad pynimas turi didelę įtaką audinių atsparumui dilinimui. Be to, taip pat buvo pažymėta, kad ciklų skaičius turi didelę įtaką atsparumui dilinimui. Bandymų rezultatai parodė, kad pynimų su dideliu ilgų perdangų skaičiumi ir mažu persipynimų skaičiumi atsparumas dilinimui mažėja [22].

S. Ulku'as, H.G. Ortlek'as, S. Omeroğlu'as tyrė aksominių verpalų savybių (plaukelių ilgio, sukrio) ir audinio struktūros įtaką baldinių audinių atsparumui dilinimui. Įvairūs akriliniai aksominiai verpalai buvo pagaminti trimis skirtingais sukriais – 0,7, 0,8 ir 1,0 mm skersmens. Šie siūlai buvo naudojami trimis skirtingoms audinių struktūroms išausti, naudojant juos atauduose. Visi bandiniai buvo ištirti atsparumo dilinimui Martindale'o testu. Rezultatai parodė, kad sukris, plaukelių ilgis ir audinio struktūra turi didelę įtaką baldinių audinių atsparumui dilinimui [23].

Ingrida Padleckienė, Donatas Petrulis atliko tyrimus su trimis skirtingais audiniais, padengtais „kvėpuojančia“ poliuretano plėvele. Du audiniai (medvilnės / poliesterio (PES) ir poliamido (PA)) buvo padengti „kvėpuojančia“ poliuretano (PU) danga, o trečiasis buvo trijų sluoksnių „kvėpuojantis“ laminuotas audinys, pagamintas iš poliesterinio audinio viršutiniame sluoksnyje, vidinį sluoksnį sudarė poliuretano membrana ir apatinis sluoksnis buvo megztas poliesterinis pamušalas. Rezultatai parodė, kad audinio pusė, kuri nebuvo padengta PU plėvele, dilo mažiau, lyginant su padengtąja puse [24].

Eglė Kumpikaitė ir kt. analizavo audinių su fasoniniais siūlais (spiraliniais, sąsmaukotaisiais, kilpeliniais) atsparumą dilinimui. Buvo nustatyta, jog fasoninių siūlų struktūra daro įtaką audinio atsparumui dilinimui. Kai fasoninių siūlų efektų matmenys (spiralių, sąsmaukų, kilpelių efektai) yra didesni, audinio atsparumas dilinimui yra mažesnis, o audinių su siūlais, kurių efektai yra mažesnių matmenų, atsparumas dilinimui yra didesnis. Fasoninių siūlų žaliava bei audinio pynimas taip pat turi įtakos audinio atsparumui dilinimui. Audinių su vilnoniais siūlais atsparumas dilinimui yra beveik visada didesnis nei audinių su sintetiniais siūlais [25].

Audronė Ragaišienė, Eglė Kumpikaitė tyrė audinių su fasoniniais siūlais laidumą orui ir masės nuostolius dilinimo metu. Šio tyrimo objektas buvo audiniai su skirtingos sandaros fasoniniais siūlais atauduose. Buvo naudojami fasoniniai siūlai su sąsmaukomis, su kilpomis ir

spiralinės sandaros fasoniniai siūlai. Fasoniniai siūlai buvo pagaminti vienprocesiu būdu, naudojant fasoninių siūlų sukimo mašiną *Jantra-PrKV 12* (Bulgarija) su FAG tipo tuščiavidurėmis verpstėmis (Vokietija). Komponentų ir fasoninių siūlų sandara, naudota audimo metu, pateikti 1.1 lentelėje. Tirti audiniai buvo audžiami Lodzės technikos universitete, Tekstilės architektūros institute (Lenkija) *Picanol Gama* iešminėmis staklėmis iš poliesterinių 16,7 tex daugiagijų tekstūruotų siūlų metmenų ir medvilninių 20 tex × 2 verpalų bei fasoninių siūlų atauduose. Audinių ataudų raportas buvo vienas fasoninis siūlas ir keturi medvilnės verpalai. Audiniai buvo austi satiniu 5/3 pynimu. Visų tirtų audinių metmenų tankumo koeficientas buvo 300 dm<sup>-1</sup>, o ataudų tankumo koeficientas buvo 120 dm<sup>-1</sup>. Audinių atsparumo dilinimui bandymas buvo atliktas *Martindale* 'o dilinimo ir pumpuravimosi mašina. Atlikus bandymus buvo nustatyta, kad fasoninių siūlų sandara daro įtaką audinių atsparumui dilinimui. Audiniai su fasoniniais kilpeliniais siūlais pasižymi didžiausiu atsparumu dilinimui (atlaiko 27000 ciklą), o audiniai su spiralinės sandaros fasoniniais siūlais turi mažiausią atsparumą dilinimui (atlaiko 23666 ciklą). Didžiausi masės nuostoliai dilinimo metu yra audinių su spiralinės sandaros fasoniniais siūlais [26].

**1.1 lentelė.** Naudotų fasoninių siūlų pluoštinė sudėtis ir sandara

Ban. Nr.	Šerdisis komponentas	Efektinis komponentas	Užtvirtinantysis komponentas	Fasoninių siūlų tipas
1.	Daugiagijai tekstūruoti PES	Daugiagijai tekstūruoti PES	Daugiagijai PES siūlai, 5,6 tex	Siūlai su sąsmaukomis
2.	siūlai, 16,7 tex	siūlai, 16,7 tex		Siūlai su kilpomis
3.	Mišrūs siūlai iš PES ir viskozės pluoštų 12 tex×2	Daugiagijai tekstūruoti PES siūlai, 16,7 tex	Daugiagijai PES siūlai, 5,6 tex	Siūlai su spiralėmis

Filiz'as Sekerden'as ištyrė bambuko, medvilnės ir bambuko / medvilnės audinių, kurie paprastai naudojami tekstilės pramonėje, kai kurias fizikines ir mechanines savybes. Tyrimui buvo paimti 4 skirtingų pynimų audiniai, išausti pramoninėmis sąlygomis, naudojant 100 % bambuko, trijų skirtingų mišinių bambuko / medvilnės ir 100 % medvilnės 36,90 tex ataudų siūlus. Trūkimo jėga, deformacija buvo nustatyta metmenų ir ataudų siūlams. Audiniams buvo atlikti formos stabilumo, laidumo orui, vandens absorbcijos, atsparumo dilinimui ir lenkimo standumo testai. Autorius, ištyręs audinius, teigia, jog audinio pynimas turi didesnę įtaką atsparumui dilinimui nei pluošto tipas. Neatsparūs dilinimui buvo ruoželinio ir atlasinio pynimo audiniai, kurie turėjo ilgesnes siūlų perdangas nei drobinio ar panamos pynimo. Atsparumas

dilinimui buvo didesnis audinių, kurių ataudai buvo medvilniniai ar su didesne medvilnės dalimi mišinyje [27].

Siūlai patiria intensyvius mechaninius įtempius glitavimo, metimo, audimo metu, kol išaudžiamas audinys. Autoriai S. Omeroglu'as, S. Ulku'as tyrė audinių, išaustų iš 100% šukuotinės medvilnės žiediniu ir sanglaudžiojo verpimo būdu suverptų verpalų, trūkimo jėgą, atsparumą pumpuravimuisi ir dilinimui. Savybės buvo nustatytos pagal du skirtingus atsparumo pumpuravimuisi bandymų metodus. Atsparumas dilinimui buvo nustatytas pagal masės nuostolių (%) metodą. Pagal gautus rezultatus, struktūriniai skirtumai tarp žiedinio ir sanglaudžiojo verpimo verpalų turėjo didelę įtaką audinių savybėms. Buvo nustatyta, kad audiniai, austi iš sanglaudžiojo verpimo verpalų, yra atsparesni tempimui, taip pat atsparumas pumpuravimuisi bei dilinimui yra didesni nei audinių, išaustų iš žiediniu būdu suverptų siūlų. Žiedinio verpimo verpalai yra daug pūkuotesni nei sanglaudžiojo verpimo verpalai, šis skirtumas ir nulėmė atliktų tyrimų rezultatus [28].

Straipsnyje [29] nagrinėjama siūlų dilinimo elgsena, pagrįsta verpalų struktūra, sukrumo koeficientu ir plaukelių sukrumo kryptimi kontakto taškuose. Buvo tiriami rotorinio ir žiedinio verpimo verpalai. Verpalų rezultatų palyginimas parodė, kad atsparumui dilinimui turi įtakos sukrumo koeficientas – didėjant sukrumui, atsparumas dilinimui kinta panašiai kaip verpalų stiprumas, t. y. pirmiausiai didėja, o paskui pradeda mažėti. Trinant siūlą į siūlą, atsparumas dilinimui didėja iki tam tikro laipsnio ( $\alpha = 140$  žiedinio verpimo verpalams ir  $\alpha = 156$  rotorinio verpimo verpalams), o toliau didėjant sukrumui, atsparumas dilinimui, trinant siūlą į siūlą, mažėja. Tai taip pat rodo, kad verpalų atsparumas dilinimui yra mažesnis, kai plaukelių kryptis verpalų kontakto vietoje yra tos pačios krypties. Stebint dilinamus verpalus iš arčiau, taip pat buvo nustatyta, kad kai plaukeliai yra pašalinami iš viršutinių verpalų sluoksnių, rotorinių verpalų atsparumas dilinimui gaunamas didesnis, t. y. rotoriniuose verpaluose, einant nuo išorinio sluoksnio link vidinio, santykinis siūlo į siūlą atsparumas dilinimui (dilinimo ciklų ir verpalų numerio santykis) didėja. Šis reiškinys parodo, kad rotoriniuose verpaluose vidinių plaukelių kompaktiškumas yra didesnis negu išorinio sluoksnio kompaktiškumas.

Automobilių gamybos pramonė yra pagrindinis techninės tekstilės vartotojas. Automobilių gamintojai sunaudoja daug įvairių medžiagų, taip pat ir tekstilės. Naudojant Martindale'o testą bei kitus testus buvo atliktas keturių automobilių sėdynių apmušalų struktūrų atsparumas dilinimui. Buvo nustatyta, kad Martindale'o testas yra vienas iš sudėtingiausių ir geriausiai apibūdina atsparumą dilinimui [30].

Tikimasi, jog tekstilės komponentų svoris automobiliuose gali padidėti iki 35 kg, iki 2020 metų. Vidutinis automobilio gyvavimo laikas yra apie 12 metų. Automobilių sėdynės yra svarbiausia interjero dalis, ir poliesteris yra plačiausiai naudojama medžiaga automobilių sėdynių



dangai. Atsparumo dilinimui testai naudojami, norint kiekybiškai nustatyti automobilių sėdynių apmušalų naudojimo trukmę, ir tai yra vienas iš svarbiausių reikalavimų. Buvo sukurta keletas bandymų metodų, standartų, ir automobilių gamintojų specifikacijų, siekiant nustatyti nurodytų medžiagų atsparumą dilinimui, ir buvo imtasi išankstinių testų, nustatant audinių parametrus. Tyrimo tikslas buvo palyginti trijų dilinimo bandymų su skirtingais abrazyviniais elementais rezultatus, naudojant įvairias automobilio sėdynių apmušalų struktūras. Trinties į audinį ir į švitrinį popierių testų palyginimas rodo statistiškai reikšmingus skirtumus. Santykis tarp masės nuostolių ir dilinimo ciklų gali būti modeliuojamas regresijos lygtimi [31].

Gülşah'as Pamuk'as, Fatma's Çeken'as ištyrė, kaip atsparumas dilinimui pasiskirsto septyniuose skirtingų tipų automobilių sėdynių užvalkaluose. Buvo pasirinktos įvairių tipų ir audimo bei mezgimo būdų medžiagos, kurios visame pasaulyje yra naudojamos automobilių sėdynių užvalkalams. Bandiniai buvo veikiami 10000 dilinimo ciklų. Nuspręsta, kad bandinių įvairovė būtų išbandyta kiekvienam medžiagos tipui. Medžiagos buvo tiekiamos pagrindinių gamintojų Turkijoje ir išbandytos, naudojant automobiliuose. Pagrindinis tikslas buvo palyginti skirtingų tipų audinius, kalbant apie atsparumą dilinimui. Palyginimas parodė, kad yra dideli skirtumai tarp skirtingų tipų medžiagų, kalbant apie svorio ir storio pokyčius. Lyginant nelaminuoto veliūro audinį su kitomis medžiagomis, vidutinis masės nuostolis yra didesnis nei kitų tipų audinių. Atsparumo dilinimui rezultatai buvo šiek tiek geresni, kai audinys buvo padengtas poliuretano putomis, lyginant su atliktų vienasluoksnių medžiagų dilinimo rezultatais. Medžiagos, pagamintos iš akrilo, vilnos ir viskozės siūlų, pasižymėjo mažesniu atsparumu dilinimui nei pagamintos iš poliesterio [32].

Žmogaus kūno kaip laidininko statmenoji varža yra gana maža, todėl izoliuotas nuo žemės, žmogus gali kaupti elektrostatinį krūvį. Krūvis gali susikurti, liečiant įelektrintus prietaisus ar medžiagas. Įvykus tokiam sąlyčiui, galimas pavojingas kibirkščiuojantis krūvio pliūpsnis. Darbo tikslas – nustatyti elektrostatinių krūvių susikaupimo ir sklaidos audiniuose, kurių struktūroje panaudoti laidūs pluoštai, savybes po dilinimo. Visos tiriamos apsauginės medžiagos, apsaugančios nuo kibirkščiuojančio krūvio sklaidos, buvo išaustos Lietuvos tekstilės institute. Dvi grupės audinių buvo išaustos, naudojant 16,7 tex f 96 (ataudai) ir 8,4 tex f 72 (metmenys) poliesterinius siūlus ir dvi grupės – naudojant (65:35 %) 15 × 2 tex poliesterio ir medvilnės siūlus (ataudai ir metmenys). Visuose audiniuose tam tikrais skirtingais atstumais buvo įauti laidūs siūlai. Vienos grupės poliesteriniams audiniams ir vienos grupės poliesterio ir medvilnės audiniams buvo naudojami laidūs siūlai – poliesteris/INOX. Kitoms audinių grupėms panaudoti „Silverflex-170“ siūlai, susidedantys iš dviejų sudedamųjų dalių: poliesterinių ir pasidabruotųjų. Eksperimento metu buvo nustatyta audinių savitoji paviršinė varža, statmenoji varža, ekranavimo rodiklis ir krūvio pusėjimo trukmė prieš dilimą ir po jo. Audiniai buvo dilinami

5000, 10000, 15000, 25000, 35000 ir 45000 sūkių, esant 12 kPa vardiniam slėgiui. Nors laidžių siūlų kiekis audiniuose pagerina tiriamąsias elektrostazines savybes, bet dilinimas šias išmatuotas vertes pablogina. Galime daryti išvadą, kad, kuo ilgiau drabužiai yra dėvimi, tuo labiau mažėja šių medžiagų apsauga nuo kibirkščiuojančio krūvio sklaidos [33].

### 1.3. Apdailos įtaka audinių savybėms

Straipsnyje tyrinėjama austinių ir megztinių tekstilės medžiagų elgsena skalbimo procese. Žinant grifo rodiklių kitimo dėl skalbimo dėsninumus, būtų galima racionaliai parinkti skalbimo priemones ir technologinio proceso režimus. Šio darbo tikslas – nustatyti skalbimo režimo ir cheminio minkštiklio veikimo įtaką tekstilės medžiagų mechaniniams rodikliams. Parodyti pagrindinių grifo rodiklių ryšiai su skalbimo temperatūra, jos įtaka bandinio masės, storio kitimui ir bandinio lankstumo savybėms. Analizuojami ryšiai tarp svarbiausių duobimo proceso rodiklių, nustatomų prietaisu „*Ktu-Griff-Tester*“ ir medžiagų geometrinių bei mechaninių rodiklių (trinties, lankstumo). Apie medžiagų paviršiaus pasikeitimus buvo sprendžiama iš trinties parametrų. Atlikta trinties, slystant bandiniui įvairių padėklų (stiklo, organinio stiklo ir tekstilės medžiagų) atžvilgiu, rodiklių analizė. Technologiniu apdorojimu vadinami skalbimas ir mirkymas cheminio minkštiklio *Lenor* (Čekija) tirpale. Trinties bandymai atlikti tempimo mašina „*Zwick/Z005*“ pagal standartą DIN 53375, o grifo bandymai – prietaisu „*Ktu-Griff-Tester*“. Kadangi katijoninio minkštiklio sąveika su tekstilės medžiaga priklauso nuo jos paviršiaus elektros krūvio, tai šis parametras buvo kontroliuojamas prietaisu *FMX-002* (Olandija). Nustatyta, kad, keliant skalbimo tirpalo temperatūrą, bandinio pasipriešinimas ištraukimui pro kiaurymę didėja. Trinties rodiklių analizė parodė, kad skalbimo procesas visada padidina trinties koeficientą  $\mu_D$  ir dinaminę trinties jėgą  $F_D$ . Nustatyta, kad, keliant skalbimo temperatūrą, medvilninio audinio sijelės (pagal FAST metodiką) lankstumo savybės blogėja. Panaudojus cheminį minkštitklį, visi rodikliai iš esmės pagerėja. Prietaisu „*Ktu-Griff-Tester*“ galima aptikti audinių ir mezginių mechaninių savybių pasikeitimus dėl skalbimo, cheminio minkštinimo ir kitų palyginti švelnių eksploatacinės priežiūros veiksnių [34].

L. Naujokaitytės ir E. Strazdienės darbo tikslas – išanalizuoti skirtingos apdailos įtaką lininių audinių mechaninėms ir paviršiaus savybėms, esant mažoms apkrovoms, nustatyti, kaip apdaila keičia audinių formavimosi savybes ir kompleksinį vertinimo rodiklį. Tyrimams pasirinkti šeši audiniai: trys ploni drobinio pynimo lininiai audiniai, išausti iš to paties ilginio tankio siūlų, labai panašūs metmenų bei ataudų siūlų tankumu ir paviršiniu tankiu; du storesni drobinio bei ataudų ripsinio pynimo lininiai audiniai ir vienas medvilninis panamos pynimo audinys. Audiniams buvo pritaikyta skirtinga apdaila: dažymas, plovimas, cheminis ir mechaninis minkštinimas arba jų kombinacijos. KES-FB (Kawabata Evaluation System) sistema nustatytos audinių tempimo,

šlyties, lenkimo, gniuždymo ir paviršiaus charakteristikos prieš apdailą ir po apdailos. Iš nustatytų šešiolikos KES-FB parametrų, išskirti devyni svarbiausieji rodikliai visapusiškai audinių elgsenai įvertinti. Kompleksinis rodiklis apskaičiuotas kaip audinio ribojamo ploto santykis su žiedinės diagramos plotu. Įvertinta apdailos įtaka audinių formavimosi savybėms. Nustatyta, kad nepriklausomai nuo būdo, minkštinimo apdaila daugiausiai turi įtakos lininių audinių šlyties ir lenkimo savybėms. Šlyties rodikliai sumažėjo 85% – 94%, lenkimo rodikliai – 55% – 93%. Dažymas tik šiek tiek pakeičia audinių mechanines savybes [35].

J. Koženiausienės ir V. Daukantienės darbe buvo įvertinti tekstilės medžiagų, išaustų iš medvilnės, bambuko ir viskozės verpalų, paviršiaus savybių pokyčiai po skalbimo ir skalavimo vandenyje bei skalbimo, o vėliau ir mirkymo skysto katijoninio cheminio minkštiklio „Surcase“ tirpale. Tirtų tekstilės medžiagų paviršiaus pokyčiai vertinti pagal grifo mechaninius rodiklius, nustatytus, disko formos bandinius ištraukiant pro centrinę prietaiso „*KTU-Griff-Tester*“ kiaurymę, bei vizualiai analizuojant tekstilės medžiagų paviršiaus vaizdus, užfiksuotus skenuojamuoju elektroniniu mikroskopu „*FEI Quanta 200 FEG*“ (SEM). Tyrimo rezultatai parodė, kad daugeliu atvejų po abiejų apdorojimo procesų tekstilės medžiagų grifo rodikliai padidėja, tačiau po cheminio minkštinimo jie būna mažesni, lyginant su tik išskalbtų ir gryname vandenyje išskalautų medžiagų grifo rodikliais. Be to, pastebėta, kad megztinės medžiagos pasižymi geresniais grifo rodikliais negu audiniai, o medvilninio audinio grifo rodikliai, palyginti su bambuko ir viskozės pluošto audiniais, yra blogiausi, didesnis ir jų paviršiaus nelygumas. Po skalbimo ir minkštinimo labiausiai pakinta tekstilės medžiagų iš bambuko pluošto paviršius, t. y. jis tampa gerokai lygesnis [36].

**Apibendrinimas.** Iš apžvelgtos mokslinės literatūros matyti, kad yra plačiai ištirtos įvairios audinių savybės ir apdailos įtaka joms, tačiau daugiausiai tirtos įvairiais gamybos būdais suverptų medvilninių ir medvilnės / poliesterio verpalų ir iš jų pagamintų audinių savybės. Rečiau pasitaikė lininių audinių tyrimai. Tačiau baigiamajame darbe naudoti įvairios pluoštinės sudėties natūralios prigimties pluoštai ir jų mišiniai. Ypač aktualu ištirti audinius, kuriems naudoti nauji pluoštų mišiniai, pvz. 70% lino / 30% šilko verpalai, kurių tyrimo mokslinėje literatūroje iš viso nebuvo aptikta. Apdailos įtaka audinių savybėms nebuvo labai plačiai ištirta, tačiau buvo rasta keletas straipsnių apie tam tikrų apdailos ar priežiūros operacijų poveikį tiriamų audinių savybėms. Tačiau tai buvo tik fragmentiški tyrimai, kuriuos baigiamajame darbe numatoma analizuoti detaliau.

## 2. METODIKOS DALIS

### 2.1. Tyrimo objektas

Tyrimo objektas – įvairios natūralios prigimties pluoštinės sudėties verpalai ir audiniai, išausti TŪB „Klasikinė tekstilė“, panaudojant tiriamus verpalus.

Tirtų verpalų pagrindinės charakteristikos (pluoštinė sudėtis ir ilginiai tankiai) pateikti 2.1 lentelėje. Kaip matyti iš lentelės, tyrimams naudoti dirbtiniai bambuko pirminiai verpalai, natūralūs pirminiai lino ir antriniai šukuotinės medvilnės verpalai, natūralūs mišriapluoščiai pirminiai lino ir natūralaus šilko verpalai ir mišrūs antriniai medvilnės ir poliesterio verpalai. Gamybos metu pastebėta, kad kartais išaustų audinių savybėms turi įtakos ir jiems panaudotų siūlų spalva, pavyzdžiui, lyginant audinių, išaustų iš natūralios spalvos ir dažytų siūlų. Dėl šios priežasties kai kurių lininių audinių ataudams buvo panaudoti juodi ir natūralios spalvos lininiai verpalai. Taip pat buvo išbandyti dviejų natūralių, tačiau skirtingos prigimties komponentų – lino (augalinis, celiuliozinis) ir natūralaus šilko (gyvūninis, baltyminis) – mišriapluoščiai verpalai. Iš lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad visų naudotų verpalų ilginiai tankiai yra panašūs.

**2.1 lentelė.** Tirtų verpalų pluoštinė sudėtis, sandara ir ilginis tankis

Žymėjimas	Pluoštinė sudėtis	Sandara	Ilginis tankis, tex
<b>J</b>	100% Bambukas	Pirminis verpalas	30 tex
<b>K</b>	100% Linas	Pirminis verpalas	28 tex
<b>L</b>	100% Linas, juodi	Pirminis verpalas	28 tex
<b>M</b>	86% Medvilnė / 14% Poliesteris	Antrinis mišrus verpalas	(12+2) tex × 2
<b>N</b>	70% Linas / 30% Šilkas	Pirminis mišriapluoštis verpalas	26 tex
<b>O</b>	100% Šukuotinė medvilnė	Antrinis verpalas	10 tex × 2

Panaudojant 2.1 lentelėje aprašytus verpalus, buvo išausti dvisluoksniai audiniai, austi, keičiant sluoksnius vietomis. Tyrimams pasirinkti devyni dvisluoksniai (žali ir po apdailos) audiniai, nes aktualu ištirti, kokią įtaką šių audinių savybėms turi apdaila. Audiniams naudoti skirtingi siūlai, pateikti 2.2 lentelėje. Beveik visų audinių, išskyrus audinio A, metmenys buvo lininiai, o audinys A buvo išaustas, naudojant metmenims mišriapluoščius lino ir šilko verpalus. Ataudų siūlai buvo įvairesni – kai kuriuose audiniuose ataudams naudoti vienos rūšies siūlai (audiniai A, B, D), kituose naudoti dviejų rūšių siūlai raportu 1:1 (audiniai C, D, E, F, G, H). Audinių C, D, E, F, G, H metmenys yra iš 100% lino 28 tex, o ataudai yra sudaryti iš skirtingų

pluoštų (linas ir šilkas, linas ir šukuotinė medvilnė, linas, medvilnė ir poliesteris). Audinio A metmenys yra 70% linas ir 30% šilkas 26 tex, o ataudai tokios pačios sudėties. Audinyje B metmenys ir ataudai yra iš 100% lino 28 tex. I audinio metmenys sudaryti iš 100% lino 28 tex ilginio tankio, ataudai 100 % bambuko 30 tex.

**2.2 lentelė.** Tirtiems audiniams naudoti siūlai ir užtaisymo parametrai

Žymėjimas	Metmenų siūlai	Ataudų siūlai	Metmenų tankumo koeficientas, $\text{dm}^{-1}$	Ataudų tankumo koeficientas, $\text{dm}^{-1}$
<b>A</b>	N	N	220	223
<b>B</b>	K	K	220	203
<b>C</b>	K	K ir L	220	203
<b>D</b>	K	K ir M	220	223
<b>E</b>	K	K ir M	220	223
<b>F</b>	K	K ir O	220	223
<b>G</b>	K	L ir O	220	223
<b>H</b>	K	K ir N	220	206
<b>I</b>	K	J	220	203

Buvo tirti žali audiniai ir audiniai po apdailos. Visiems audiniams buvo atlikta tokia pati apdaila. Audiniai buvo plaunami, dažomi, skalaujami, minkštinami ir džiovinami. Visos šios operacijos atliekamos mašinoje BRONGO 100 (Italija). Audiniai buvo plaunami 10-15 min  $65^{\circ}\text{C}$  temperatūroje, dažomi 75-120 min  $60^{\circ}\text{C}$  temperatūroje. Dažoma aktyviais dažikliais Novotron (Hausmann, Šveicarija). Po dažymo audiniai buvo skalaujami 2 kartus šaltu vandeniu ir 2 kartus karštu. Vienas skalavimas truko 5 min. Minkštinimas vyko rūgštinėje terpėje, naudojamas Eversol (Japonija) minkštiklis.

## 2.2. Tyrimo metodika

Prieš pradėdant bandymus, bandiniai laisvai padėti ant lygaus, horizontalaus paviršiaus, laisvai praeinant orui, ir mažiausiai 24 valandas kondicionuojami standartiniame klimate (standartas LST EN ISO 139: 2005 / A1: 2011 „Tekstilė. Standartinė kondicionavimo ir bandymo aplinka. 1 keitinys (ISO 139:2005/Amd.1:2011“) [37] , t. y.  $(20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$  temperatūra ir  $(65 \pm 4) \%$  santykinis drėgnis.

### 2.2.1. Siūlų trūkimo jėgos ir ištisos nustatymas

Siūlų trūkimo jėga ir trūkimo ištisa buvo nustatytos universalia tempimo mašina Zwick/Z005, remiantis standartu LST EN ISO 2062 „Tekstilė. Siūlai pakuotėse. Pavienio siūlo trūkimo jėgos ir ištisos trūkstant nustatymas naudojant bandymo aparatą, tempiantį pastoviu greičiu” [38]. Universalios tempimo mašinos vaizdas parodytas 2.2. paveiksle.



**2.2 pav.** Universalios tempimo mašinos Zwick/Z005 vaizdas

Matuoti 50 bandinių rezultatai, iš kurių buvo apskaičiuotas aritmetinis vidurkis, vidutinė kvadratinė nuokrypa ir variacijos koeficientas.

### 2.2.2. Audinių trūkimo jėgos ir ištisos nustatymas

Žalių audinių ir audinių po apdailos trūkimo jėga ir trūkimo ištisa buvo nustatytos universalia tempimo mašina Zwick/Z005 (Šveicarija), remiantis standartu ISO 13934-1:1999 „Tekstilės medžiagų tempimo savybės. 1 dalis. Didžiausios jėgos ir pailgėjimo esant šiai jėgai nustatymas juostelės metodu“ [39]. Iš kiekvieno tirta audinio buvo iškirptos 5 juostelės metmenų kryptimi, kurių plotis 60 mm, jų šonuose nuardyta po 5 mm. Bandinys visu plokščiu įtvirtinamas į tempimo mašinos spaustuvus, kur vienas spaustuvas stacionarus, o kitas bandymo metu juda pastoviu greičiu iki bandinio nutrūkimo. Naudotas bandinių darbinis ilgis – 200 mm  $\pm$ 1 mm. Šio bandymo metu buvo nustatyta trūkimo jėga ir trūkimo ištisa. Buvo apskaičiuotas aritmetinis vidurkis, vidutinė kvadratinė nuokrypa ir variacijos koeficientas.

### 2.2.3. Audinio atsparumo dilinimui nustatymas

Audinių atsparumas dilinimui buvo atliktas Martindale'o metodu, remiantis standartu ISO 12947-2:1998 „Tekstilės medžiagų atsparumo dilinimui nustatymas Martindale'o metodu. 2 dalis. Bandinio suirimo nustatymas“ [40]. Atsparumo dilinimui bandymai buvo atlikti Martindale'o dilinimo mašinoje MESDAN-LAB, Code 2561E (SDL AT-LAS, Anglija). Mašinos vaizdas pateiktas 2.1 paveiksle. Apskriti 3 bandiniai buvo iškirpti iš kiekvieno tiriamo audinio ir įtvirtinti laikiklyje. Tiriami buvo žali audiniai ir audiniai po apdailos. Dilinant bandiniai buvo veikiami nustatyta 9 kPa apkrova.



**2.1 pav.** Martindale'o dilinimo mašina MESDAN-LAB, Code 2561E (SDL AT-LAS, Anglija)

Iš pradžių bandiniai buvo išimami iš Martindale'o dilinimo mašinos kas 1000 sūkių. Nustačius, kad bandiniai atlaiko nesuirę daugiau negu 5000 sūkių, mašina buvo stabdoma kas 2000 sūkių. Po kiekvieno stabdymo bandiniai buvo pasveriami elektroninėmis laboratorinėmis svarstyklėmis KERN EW 150-3M (KERN & Sohn Gm Bh, D-72336, max – 150 g, min. – 0,02 g), svėrimo tikslumas – 0,001 g (Kern & Sohn GmbH, Vokietija), siekiant nustatyti audinių masės nuostolius po prasisukusių sūkių skaičiaus.

### 2.2.4. Audinio atsparumas pumpuravimuisi

Audinių atsparumas pumpuravimuisi buvo atliktas ta pačia mašina kaip ir atsparumas dilinimui, t.y. MESDAN-LAB, Code 2561E, remiantis standartu ISO 12945-2:2000 „Tekstilės medžiagų polinkio pūkuotis ir pumpuruotis nustatymas. 2 dalis. Modifikuotas Martindale'o metodas“ [41], iš tiriamų audinių buvo iškirptos 3 poros apskritų bandinių, kurių trys buvo dedami ant laikiklių, o kiti trys – ant pumpuravimosi stalelio. Kiekvienas bandinys, prasisukus tam tikram sūkių skaičiui, buvo įvertintas dviejų ekspertų pagal apžiūrimąjį vertinimą (žr. 2.3 lent.). Įvertinus bandinius, buvo užrašyti kiekvieno bandinio laipsniai ir apskaičiuotas vidutinis visų įvertinimų rezultatas.

### 2.3 lentelė. Pumpuravimosi bandymo apžiūrimasis vertinimas [41]

Laipsnis	Aprašymas
5	Nepasikeitė
4	Nežymus pūkavimasis paviršiuje ir (arba) dalinai susiformavę pumpurėliai
3	Vidutinis pūkavimasis paviršiuje ir (arba) vidutinis pumpuravimasis. Įvairaus dydžio ir tankumo pumpurėliai dalinai dengia bandinio paviršių
2	Ryškus pūkavimasis paviršiuje ir (arba) ryškus pumpuravimasis. Įvairaus dydžio ir tankumo pumpurėliai dengia didelę bandinio paviršiaus dalį
1	Ypač ryškus pūkavimasis paviršiuje ir (arba) ypač ryškus pumpuravimasis. Įvairaus dydžio ir tankumo pumpurėliai dengia visą bandinio paviršių

#### 2.2.5. Statistinių rodiklių nustatymo metodika

Norint atlikti eksperimentinių rezultatų statistinę analizę, pirmiausiai nustatoma vidutinė atliktų bandymų savybės vertė, t. y. aritmetinis vidurkis [42].

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2.1)$$

čia:  $\bar{x}$  – aritmetinis vidurkis;

$x_i$  – i-tojo stebėjimo arba bandymo rezultatas;

$n$  – elementariųjų bandymų eksperimento taške skaičius.

Vidutinė kvadratinė nuokrypa  $S$  įvertina elementariųjų bandymų verčių nutolimą nuo aritmetinio vidurkio [42].

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2.2)$$

čia:  $S$  – vidutinė kvadratinė nuokrypa;

$\bar{x}$  – aritmetinis vidurkis;

$x_i$  – i-tojo stebėjimo arba bandymo rezultatas;

$n-1$  – laisvės laipsnių skaičius.

Siekiant sužinoti, kaip bandymo rezultatai pasiskirstę nuo vidutinio dydžio, skaičiuojamas variacijos koeficientas  $V$  [42].

$$V = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100\% \quad (2.3)$$

čia:  $V$  – variacijos koeficientas;

$S$  – vidutinė kvadratinė nuokrypa;  $\bar{x}$  – aritmetinis vidurkis.



### 3. TYRIMO REZULTATAI

#### 3.1. Trūkimo jėga ir trūkimo ištįsa

Siekiant patikrinti, kokią įtaką daro siūlų trūkimo charakteristikos įvairios pluoštinės sudėties audinių atitinkamoms savybėms, pirmiausia buvo atlikti audiniams naudotų siūlų tempimo bandymai. Siūlų tempimo bandymų rezultatai ir jų patikimumo rodikliai pateikti 3.1 lentelėje. Iš lentelės matyti, kad verpalų trūkimo jėga varijavo nuo 2,318 N iki 5,673 N, o trūkimo jėgos variacijos koeficientas kito nuo 6,49 % iki 26,53 %. Trūkimo ištįsos vertės buvo nuo 1,90 % iki 15,19 %, o variacijos koeficientas kito 5,93- 21,01% ribose.

**3.1 lentelė.** Siūlų tempimo bandymų rezultatai ir jų patikimumas

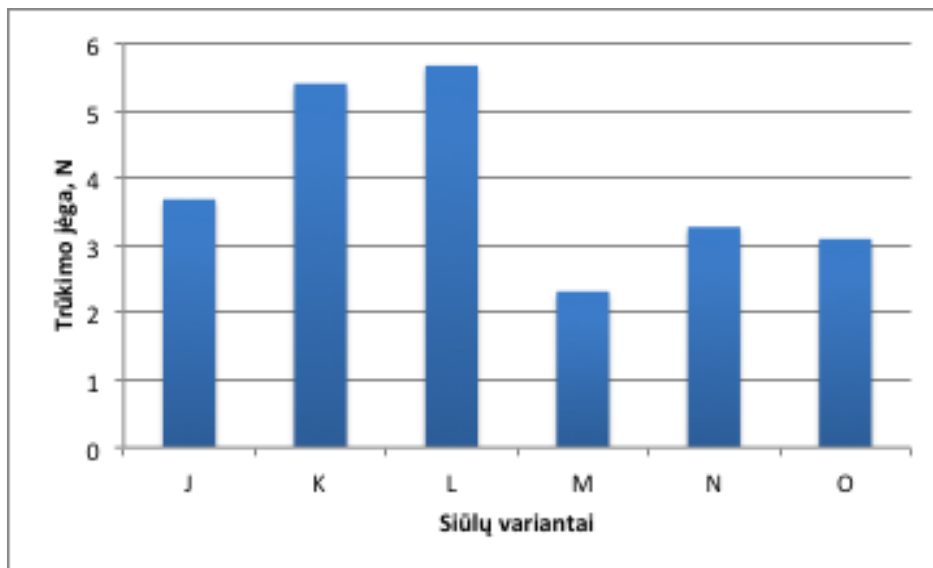
Žymėjimas	Trūkimo jėga, N			Trūkimo ištįsa, %		
	X, N	S, N	V, %	X, %	S, %	V, %
<b>J</b>	3,687	0,273	7,42	15,19	0,90	5,93
<b>K</b>	5,405	0,959	17,74	1,90	0,27	14,27
<b>L</b>	5,673	1,082	19,07	2,03	0,28	13,86
<b>M</b>	2,318	0,393	16,96	9,39	1,81	19,33
<b>N</b>	3,276	0,869	26,53	3,23	0,68	21,01
<b>O</b>	3,098	0,201	6,49	4,92	0,37	7,56

3.1 paveiksle pateikta audiniams naudotų verpalų trūkimo jėgos stulpelinė diagrama. Iš diagramos matyti, kad didžiausią trūkimo jėgą (5,673 N) turi L pirminis verpalas (tai 100% linas, nudažytas juoda spalva). Šis rezultatas mažai skiriasi (4,7 %) nuo nedažytų 100 % lino verpalų (5,405 N), kurie yra antroje vietoje pagal stiprumą. Trečioje vietoje pagal stiprumą (3,687 N) yra J verpalai (100 % bambukas). Nežymiai (5,4 %) skiriasi N (70 % linas, 30 % šilkas) (3,276 N) ir O (100 % šukuotinė medvilnė) (3,098 N) verpalų trūkimo jėga. Mažiausią trūkimo jėgą (2,318 N) turi antrinis mišrus verpalas, sudarytas iš 86 % medvilnės / 14 % poliesterio.

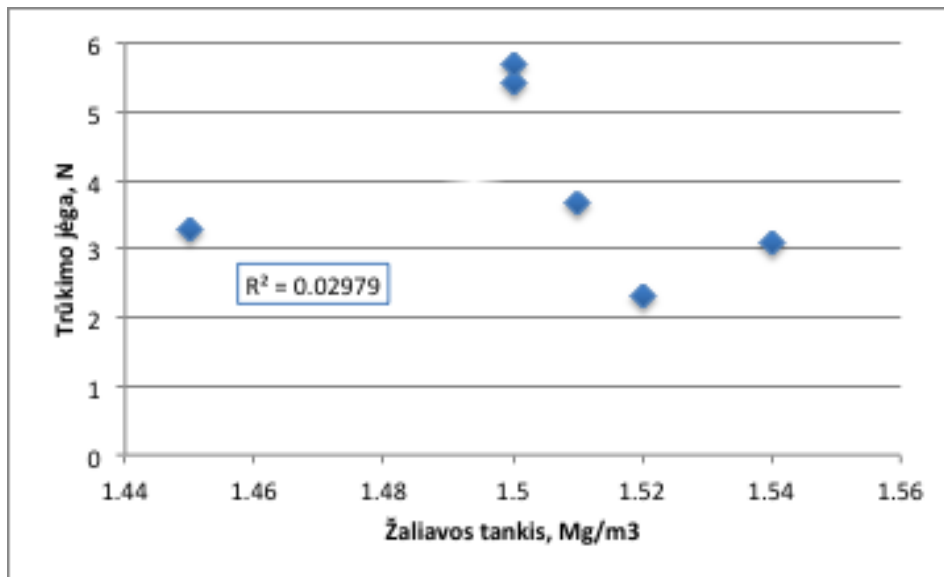
Norint įsitikinti, ar siūlų trūkimo jėga priklauso nuo audinio žaliavos, buvo nustatytos siūlų trūkimo jėgos priklausomybės nuo žaliavos tankio. Iš taškų diagramos 3.2 paveiksle matyti, kad audinius atspindintys taškai yra išsidėstę atsitiktinai, nors jų kitimo ribos yra nuo 2,3 N iki 5,7 N. Be to, labai mažas yra ir apibrėžties koeficientas ( $R^2=0,2979$ ), tad galima sakyti, kad priklausomybės tarp trūkimo jėgos ir žaliavos tankio nustatyti nepavyko.

Antras svarbus trūkimo rodiklis yra trūkimo ištįsa, kuri nusako audinio tūsumo savybę. Audiniams naudotų verpalų trūkimo ištįsos stulpelinė diagrama pateikta 3.3 paveiksle. Iš diagramos matyti, kad didžiausią trūkimo ištįsą (15,19 %) yra J (100 % bambuko) pirminių

verpalų. Antroje vietoje pagal tąsumą (9,39 %) yra antriniai mišrūs verpalai M, sudaryti iš 86 % medvilnės / 14 % poliesterio). N (70 % linas / 30 % šilkas) ir O (100 % šukuotinė medvilnė) verpalai pasižymi atitinkamai 3,23 % ir 4,92 % trūkimo ištįsa. Mažiausią trūkimo ištįsą turi 100 % lino K ir L pirminiai verpalai (atitinkamai 1,90 % ir 2,03 %) – dažytų 100 % lino verpalų trūkimo ištįsa šiek tiek (6,4 %) didesnė nei natūralių.

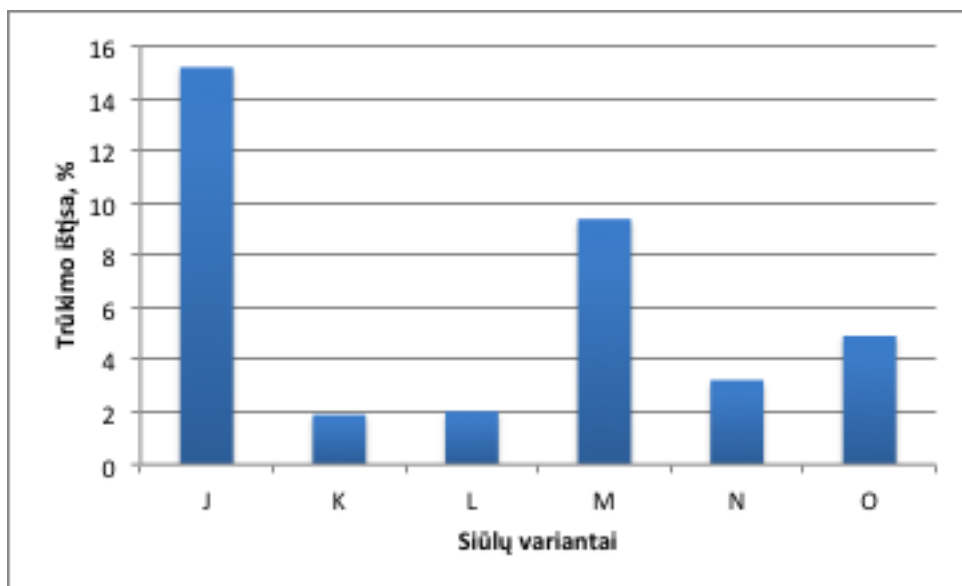


**3.1 pav.** Skirtingos pluoštinės sudėties verpalų trūkimo jėgos diagrama

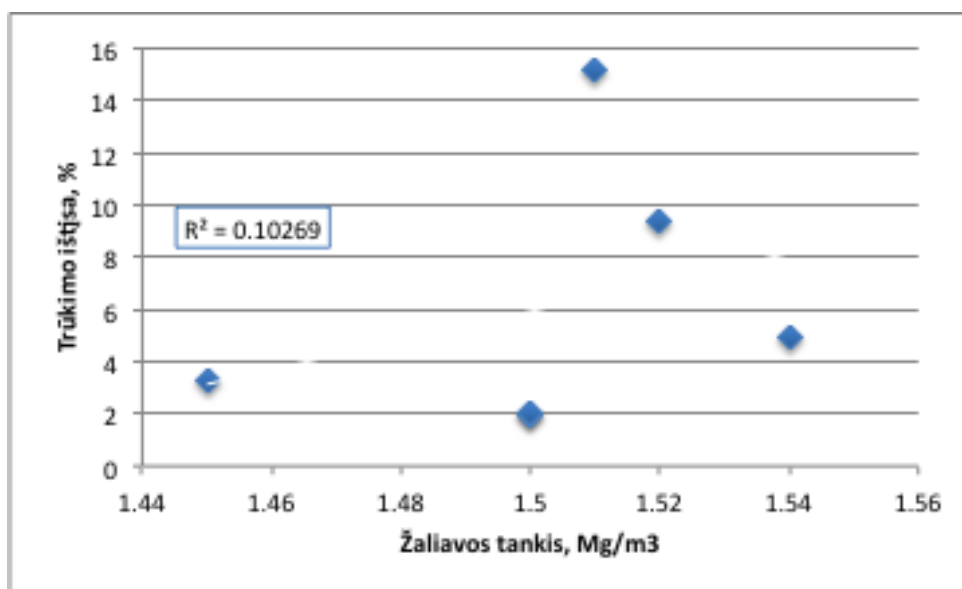


**3.2 pav.** Siūlų trūkimo jėgos priklausomybė nuo žaliavos tankio

3.4 paveiksle parodytas ryšys tarp verpalų, naudotų audiniams, trūkimo ištįsos ir žaliavos tankio. Iš taškų diagramos matyti, kad taškai išsidėstę atsitiktinai ir jokių aiškių tendencijų nesudaro, nors kinta gana plačiose ribose (nuo 1,90 % iki 15,19%). Labai mažas ir apibrėžties koeficientas (tik  $R^2=0,10269$ ), o tai rodo, kad priklausomybės tarp trūkimo ištįsos ir žaliavos tankio nustatyti taip pat nepavyko.



**3.3 pav.** Skirtingos pluoštinės sudėties siūlų trūkimo ištįsos diagrama



**3.4 pav.** Siūlų trūkimo ištįsos priklausomybė nuo žaliavos tankio

Toliau buvo nagrinėjamos audinių, išaustų iš ištirtų siūlų, trūkimo charakteristikos, kurių vertės ir patikimumo rodikliai pateikti 3.2 lentelėje, iš kurios matyti, kad trūkimo jėgos variacijos koeficientas kito nuo 1,60 % iki 12,82 %, o trūkimo ištįsos variacijos koeficientas kito nuo 0,32 % iki 14,73 %. 3.5 paveiksle pateikta žalių audinių ir audinių po apdailos trūkimo jėgos stulpelinė diagrama. Atlikus tempimo bandymus audiniams, matyti, kad visų pluoštinių sudėčių žalių audinių trūkimo jėga didesnė nei po apdailos, t. y. po apdailos audinys susilpnėja. To priežastis gali būti tai, kad apdailos metu audinys yra veikiamas chemiškai ir mechaniškai, ir šie poveikiai silpnina audinį. Vienų audinių (A ir D) skirtumas tarp žalių audinių ir po apdailos nėra didelis (atitinkamai 14 % ir 13 %). Tačiau kitų audinių (B, C, E, F, G, H) skirtumas yra pakankamai didelis, t. y. nuo 31 % iki 51 %. Ypatingai didelis trūkimo jėgos skirtumas (77 %)

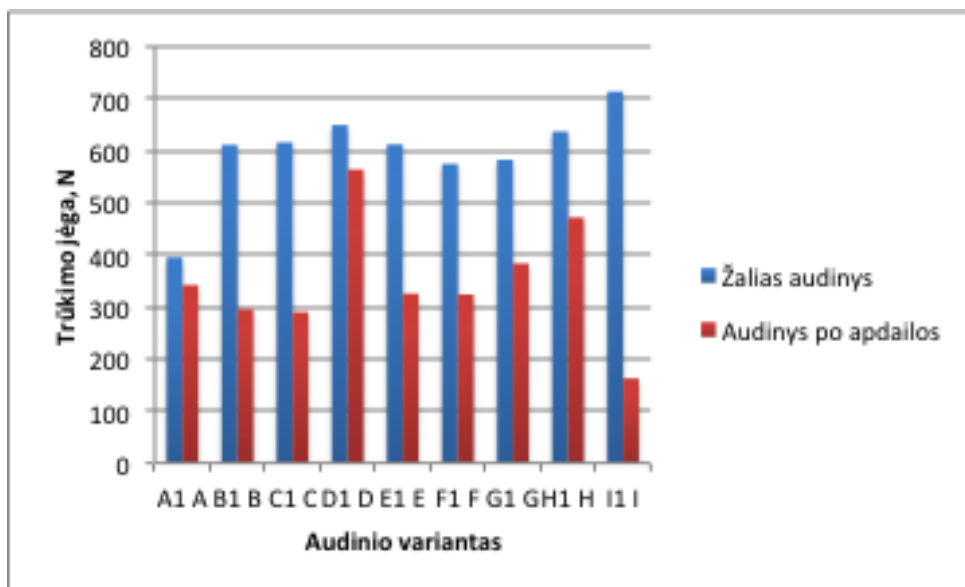
tarp žalio audinio ir po apdailos išryškėjo I audinio, išausto metmenyse naudojant K verpalus, o atauduose J. Pačių verpalų, iš kurių buvo išaustas audinys, trūkimo jėga  $K=5,405$  N,  $J= 3,687$  N. 3.5 pav. pateiktoje diagramoje, matome, kad atlikta audinio I apdaila sumažino trūkimo jėgą. Taigi apdaila neigiamai veikia audinių trūkimo jėgą.

**3.2 lentelė.** Audinių trūkimo jėga ir trūkimo ištįsa bei jų patikimumas

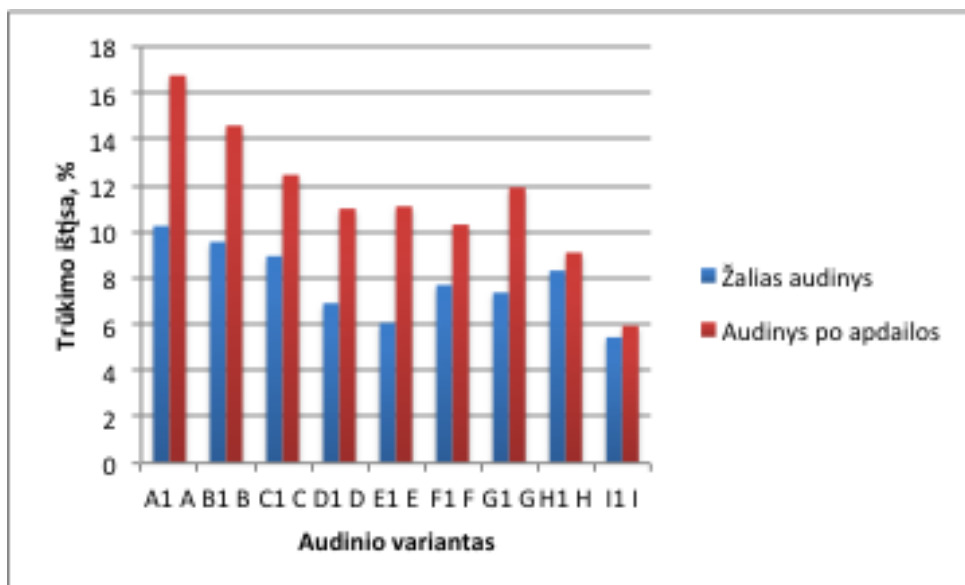
Žymėjimas	Trūkimo jėga			Trūkimo ištįsa		
	X, N	S, N	V, %	X, %	S, %	V, %
<b>A1</b>	395,26	23,56	5,96	10,25	0,33	3,18
<b>A</b>	342,15	9,75	2,85	16,76	0,91	3,40
<b>B1</b>	611,52	22,31	3,65	9,56	0,14	1,45
<b>B</b>	295,70	37,92	12,82	14,59	0,98	12,98
<b>C1</b>	616,16	29,65	4,81	8,95	0,41	4,56
<b>C</b>	290,15	9,92	3,42	12,46	1,12	8,95
<b>D1</b>	649,43	29,43	4,53	6,91	0,02	0,32
<b>D</b>	564,00	37,46	6,64	11,00	0,52	4,70
<b>E1</b>	612,27	20,66	3,37	6,06	0,12	1,97
<b>E</b>	325,62	39,76	12,21	11,10	0,42	3,81
<b>F1</b>	574,69	30,07	5,23	7,70	0,26	3,38
<b>F</b>	324,03	12,88	3,97	10,31	1,52	14,73
<b>G1</b>	582,80	33,26	5,71	7,37	0,12	1,57
<b>G</b>	383,50	19,46	5,07	11,92	1,33	11,14
<b>H1</b>	637,01	10,22	1,60	8,32	0,28	3,32
<b>H</b>	471,90	49,38	10,46	9,10	0,76	8,38
<b>I1</b>	713,64	25,38	3,56	5,44	0,09	1,70
<b>I</b>	162,73	9,17	5,63	5,94	0,64	10,75

3.6 pav. diagramoje matome, kad trūkimo ištįsa visų audinių po apdailos yra didesnė lyginant su žaliais audiniais. Tai galima būtų paaiškinti tuo, kad po apdailos audinių siūlai atsipalaiduoja ir labiau išsirango, todėl temptant audinį, pirmiausia išsitiesina audinių siūlai, o tik po to pradedamas tempti pats audinys. Dėl šios priežasties audinių tįsumas po apdailos padidėja. Didžiausias trūkimo ištįsos skirtumas tarp žalio audinio ir audinio po apdailos yra audinio A, kurio metmenyse ir atauduose naudoti N (70 % linas / 30 % šilkas) verpalai, nors pačių N verpalų trūkimo ištįsa nėra didelė 3,23 %. Žalio A audinio trūkimo ištįsa yra 10,25 %, o po apdailos ji padidėja iki 16,76 %. Taip pat skirtumas trūkimo ištįsos tarp žalio audinio ir audinio

po apdailos B ir E audinių yra atitinkamai 34,44 % ir 34,55 %. Mažiausiai skiriasi, lyginant žalią audinį ir audinį po apdailos, I audinio trūkimo ištįsa – skirtumas siekia tik 8,4 %.



3.5 pav. Skirtingos pluoštinės sudėties audinių trūkimo jėgos diagrama












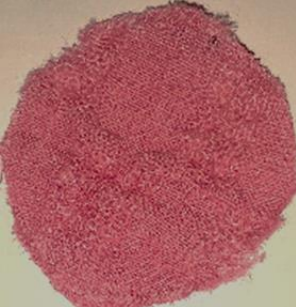




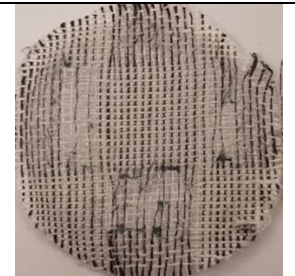
3.6 pav. Skirtingos pluoštinės sudėties audinių trūkimo ištįsos diagrama

### 3.2. Audinių atsparumas dilinimui

Viena svarbiausių audinių vartojamųjų savybių yra atsparumas dilinimui. Dilinant keitėsi audinių išvaizda, kuri parodyta 3.1 lentelėje. Prieš pradėdant dilinti, audinio paviršius buvo lygus, be jokių atsikišusių ar nutrūkusių plaukelių, pumpurėlių, skylių. Dilinant audinius, jų paviršiuje esantys plaukeliai pirmiausia pasišiaušdavo, audinio paviršius pasidengdavo pūku, iš kurio vėliau formuodavosi pumpurėliai, kurie padengdavo vis didesnę audinio paviršiaus dalį. Toliau dilinant audinį, jo verpalų plaukeliai pradėdavo trūkinėti, kol nutrūkdavo ir patys verpalai.

Dėl šios priežasties audinyje atsirasdavo skylės. Susiformavus dviem skylėms dilinamame audinio bandinėlyje, buvo laikoma, kad audinys suiro.

**3.3 lentelė.** Žalių audinių ir audinių po apdailos išvaizdos kitimas dilinimo metu

Audinio vaizdas dilinimo pradžioje	Audinio vaizdas po 4000 ciklų	Audinio vaizdas dilinimo pabaigoje
Audinys A1 (žalias audinys)		
		
Audinys A (po apdailos)		
		
Audinys B1 (žalias audinys)		
		
Audinys B (po apdailos)		
		
Audinys C1 (žalias audinys)		
		

Audinys C (po apdailos)



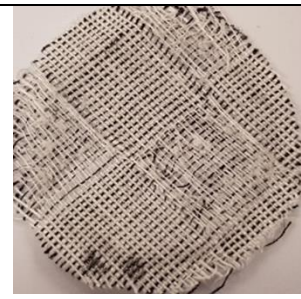
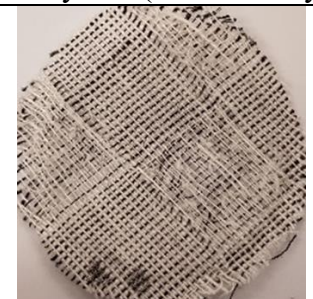
Audinys D1 (žalias audinys)



Audinys D (po apdailos)







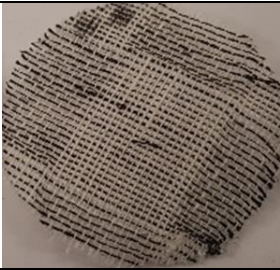
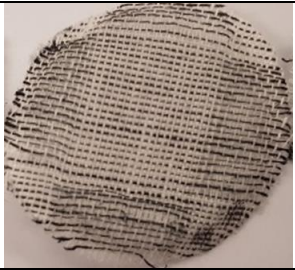
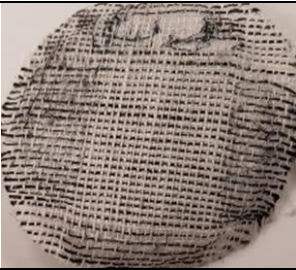











Audinys E1 (žalias audinys)

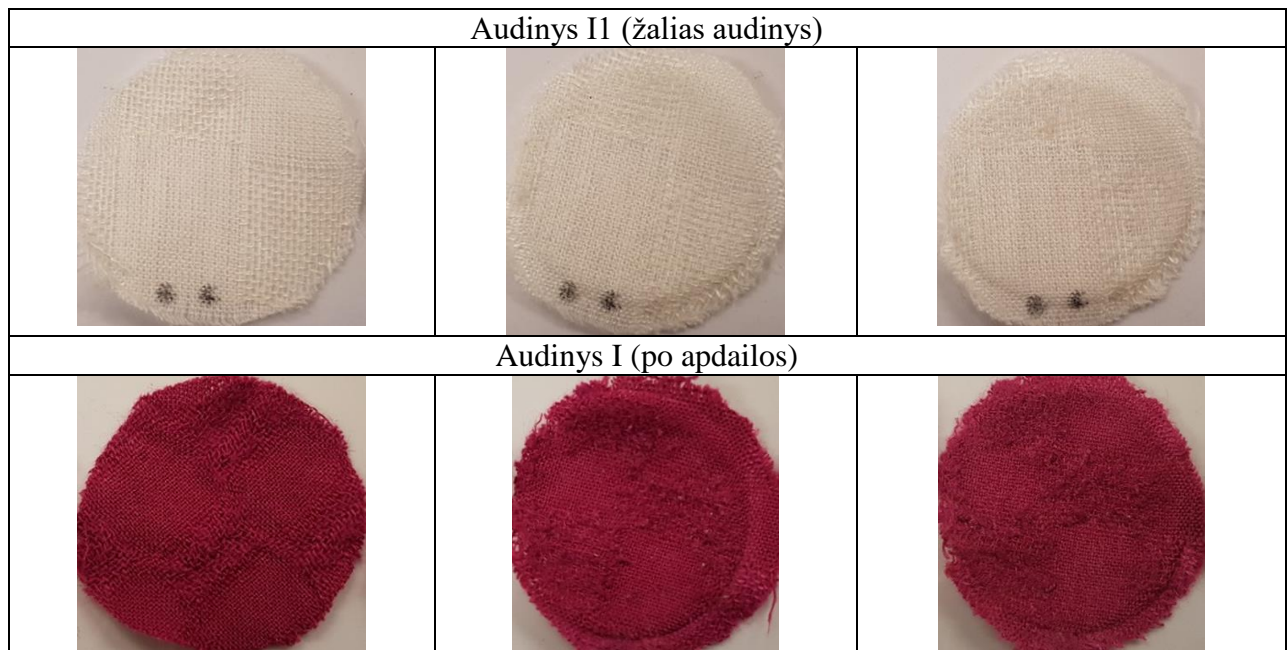


Audinys E (po apdailos)



Audinys F1 (žalias audinys)		
		
Audinys F (po apdailos)		
		
Audinys G1 (žalias audinys)		
		
Audinys G (po apdailos)		
		
Audinys H1 (žalias audinys)		
		
Audinys H (po apdailos)		
		





Po kiekvieno dilinimo ciklo buvo fiksuojama bandinėlių masė ir skaičiuojami masės nuostoliai. Žalių audinių ir audinių po apdailos masės nuostoliai ir jų patikimumas parodytas 3.4 ir 3.5 lentelėse. Iš 3.4 lentelės matyti, kad dauguma audinių (A1, D1, E1, F1, G1, H1) sudilo po 6000 ciklų ir tik trys audiniai (B1, C1, I1) atlaikė 8000 ciklų. Iš lentelės matyti, kad visų žalių audinių atvejais, didėjant dilinimo ciklų skaičiui, masės nuostoliai didėja. Bandymų rezultatų variacijos koeficientas kinta nuo 4,00 % iki 14,25 %.

**3.4 lentelė.** Žalių audinių masės nuostoliai dilinant ir jų patikimumas

Bandinio pavadinimas	Rodiklis	Masės nuostoliai, mg			
		2000 ciklų	4000 ciklų	6000 ciklų	8000 ciklų
A1	X, mg	6,00	12,00	18,00	
	S, mg	0,82	1,13	1,16	
	V, %	13,70	9,42	6,40	
B1	X, mg	2,00	6,00	6,00	7,00
	S, mg	0,26	0,33	0,35	0,64
	V, %	13,00	5,50	5,83	9,14
C1	X, mg	4,00	5,00	11,00	13,00
	S, mg	0,57	0,68	0,54	0,96
	V, %	14,25	13,60	4,91	7,38
D1	X, mg	1,00	3,00	7,00	
	S, mg	0,14	0,38	0,64	
	V, %	14,00	12,67	9,14	
E1	X, mg	1,00	4,00	7,00	
	S, mg	0,12	0,24	0,44	
	V, %	12,00	6,00	6,29	
F1	X, mg	2,00	4,00	8,00	
	S, mg	0,13	0,16	0,58	
	V, %	6,50	4,00	7,25	
G1	X, mg	5,00	8,00	13,00	

	S, mg	0,26	0,35	0,85	
	V, %	5,20	4,38	6,54	
H1	X, mg	2,00	8,00	11,00	
	S, mg	0,25	0,38	0,44	
	V, %	12,50	4,75	4,00	
H2	X, mg	4,00	9,00	9,00	13,00
	S, mg	0,33	0,85	0,74	0,87
	V, %	8,25	9,44	8,22	6,69

Atliekant atsparumo dilinimui bandymą, audinių bandiniai neteko dalies savo masės. Žalių audinių masės nuostoliai didėjo, didėjant ciklų skaičiui. Kuo daugiau dilinimo ciklų patyrė audinys, tuo masės nuostoliai buvo didesni.

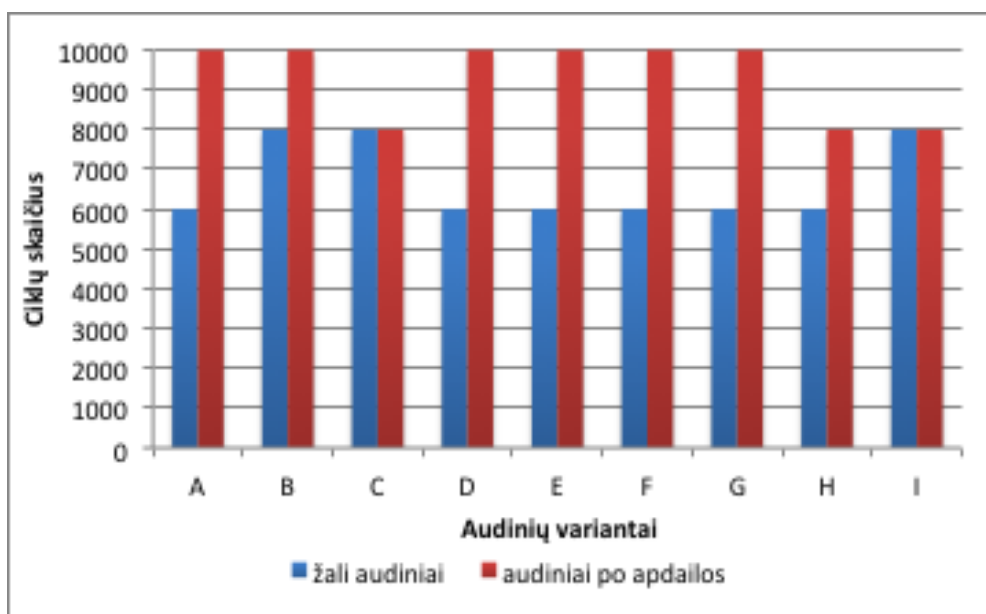
3.5 lentelėje parodyti audinių po apdailos masės nuostoliai. Kaip ir žalių audinių atveju, didėjant dilinimo ciklų skaičiui, audinių po apdailos masės nuostoliai dilinant didėja. Taip pat matyti, kad atliekant atsparumo dilinimui bandymus audiniams po apdailos, daugumos audinių masės nuostoliai buvo didesni negu žalių audinių. Bandymų variacijos koeficientas kinta nuo 2,00 % iki 13,50 %.

**3.5 lentelė.** Audinių po apdailos masės nuostoliai dilinant ir jų patikimumas

Bandinio pavadinimas	Rodiklis	Masės nuostoliai, mg				
		2000 ciklų	4000 ciklų	6000 ciklų	8000 ciklų	10000 ciklų
A	X, mg	6,00	6,00	9,00	13,00	15,00
	S, mg	0,81	0,81	0,63	0,88	0,91
	V, %	13,50	13,50	7,00	6,77	6,07
B	X, mg	5,00	9,00	13,00	15,00	20,00
	S, mg	0,52	0,41	0,72	0,34	0,58
	V, %	10,40	4,55	5,54	2,27	2,90
C	X, mg	4,00	9,00	13,00	1,008	
	S, mg	0,11	0,34	0,57	0,54	
	V, %	2,75	3,78	4,38	3,00	
D	X, mg	9,00	13,00	13,00	14,00	20,00
	S, mg	0,33	0,52	0,48	0,59	0,48
	V, %	3,67	4,00	3,69	4,21	2,40
E	X, mg	7,00	13,00	13,00	17,00	21,00
	S, mg	0,24	0,48	0,59	0,37	0,52
	V, %	3,43	3,69	4,54	2,18	2,48
F	X, mg	5,00	6,00	8,00	13,00	16,00
	S, mg	0,13	0,24	0,54	0,66	0,85
	V, %	2,60	4,00	6,75	5,08	5,31
G	X, mg	7,00	10,00	13,00	16,00	18,00
	S, mg	0,23	0,58	0,72	0,64	0,84
	V, %	3,28	5,80	5,54	4,00	4,67
H	X, mg	6,00	7,00	10,00	16,00	
	S, mg	0,12	0,18	0,24	0,35	
	V, %	2,00	2,57	2,40	2,19	

I	X, mg	0,00	2,00	5,00	10,00	
	S, mg	0,00	0,09	0,14	0,24	
	V, %	0,00	4,50	2,80	2,40	

Skirtingos pluoštinės sudėties žalių audinių ir audinių po apdailos dilinimo rezultatai parodyti 3.7 paveiksle pateiktoje diagramoje. Iš pateiktų duomenų matyti, kad audiniai A, B, D, E, F, G po apdailos atlaikė 10000 sūkių iki sudilimo, o audiniai C, H, I atlaikė 8000 sūkių. Lyginant A, D, E, F, G žalius audinius ir po apdailos, matome, kad žali audiniai atlaikė tik 6000 sūkių, o po apdailos atsparumas dilinimui padidėjo iki 10000 sūkių. Šių audinių atsparumas dilinimui padidėjo 40 %, atlikus apdailą. Audinių C ir I atsparumas dilinimui prieš ir po apdailos išliko toks pats, nepakitęs, atlikta apdaila atsparumui dilinant neturėjo jokios įtakos. Audinio B ir H atsparumas dilinimui po apdailos padidėjo 2000 sūkių. Audiniui B tai sudarė 20 %, o audiniui H – 25 %.

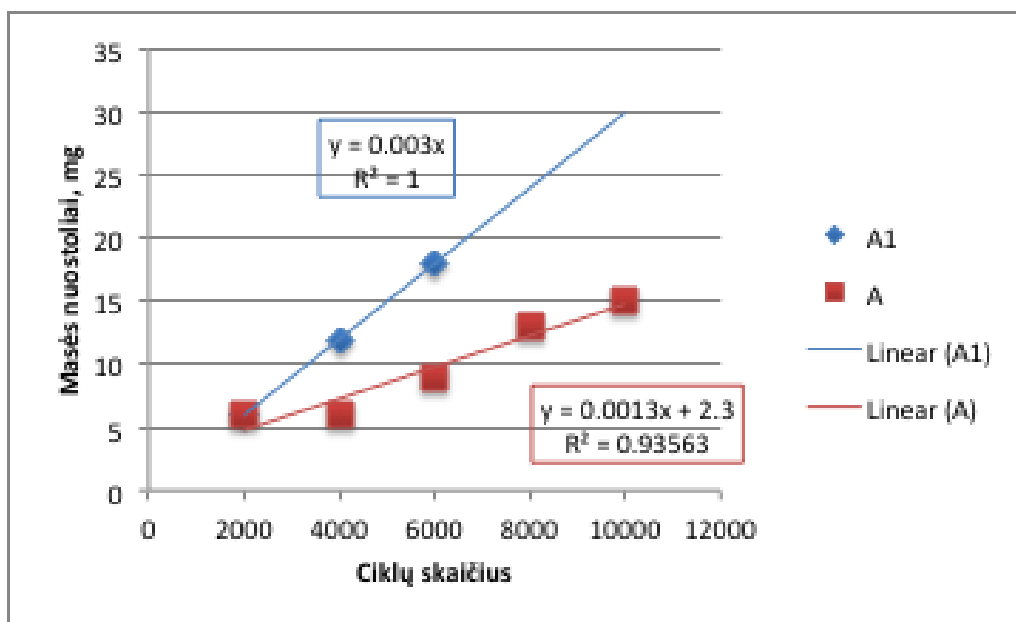


**3.7 pav.** Skirtingos pluoštinės sudėties audinių atsparumo dilinimui diagrama

Iš 3.8 pav. matyti, kad žalio audinio A1 masės nuostoliai tiesiogiai priklausė nuo dilinimo ciklų skaičiaus – kuo dilinimo ciklų skaičius didesnis tuo masės nuostoliai didesni. Žalio audinio masės nuostoliai buvo didesni negu audinio po apdailos, nes žalio audinio tiesė kito intensyviau negu audinio po apdailos. Priklausomybes dideliu tikslumu aprašo tiesinės lygtys, kurių apibrėžties koeficientai yra – žalio audinio  $R^2=1$ , audinio po apdailos  $R^2=0,93563$ .

Iš pateikto 3.9 pav. matyti, kad žalio audinio B1 ir audinio po apdailos B masės nuostoliai tiesiogiai priklauso nuo dilinimo ciklų skaičiaus, t. y. didėjant dilinimo ciklų skaičiui, masės nuostoliai didėjo. Audinio po apdailos masės nuostoliai yra didesni negu žalio audinio, audinio po apdailos masės nuostoliai kinta intensyviau. Priklausomybės aprašytos tiesinėmis lygtimis, kurių apibrėžties koeficientai yra: žalio audinio B1 –  $R^2=0,76271$  (vidutinis), audinio po apdailos

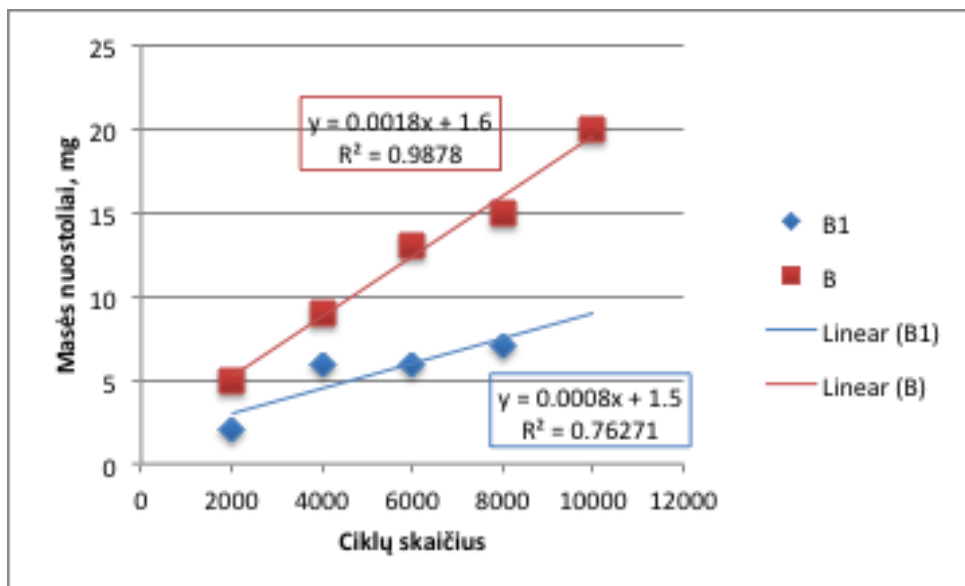
B –  $R^2=0,9878$  (didelis). Tad galima teigti, kad žalio audinio priklausomybė yra vidutinio stiprumo, o audinio po apdailos – stipri.



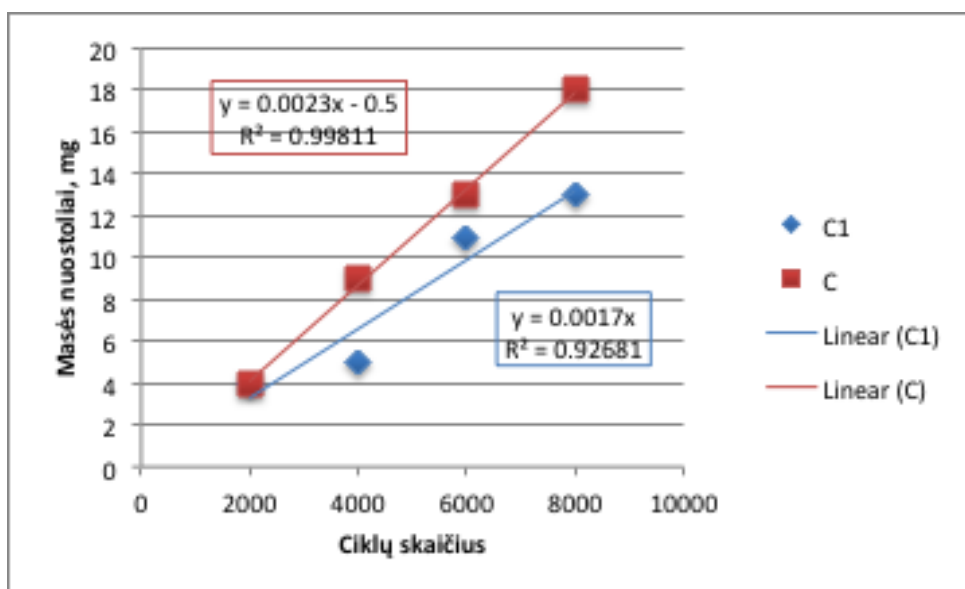
**3.8 pav.** Žalio audinio A1 ir audinio po apdailos A masės nuostolių priklausomybė nuo dilinimo ciklų skaičiaus

3.10 paveiksle parodytos žalio audinio C1 ir audinio po apdailos C masės nuostolių priklausomybės nuo dilinimo ciklų skaičiaus. Matyti, kad audinio po apdailos C masės nuostoliai tiesiogiai didėjo, didėjant dilinimo ciklų skaičiui. Taip pat ir žalio audinio C1 masės nuostoliai didėjo, tačiau ne taip intensyviai kaip audinio po apdailos, t. y. žalio audinio C1 masės nuostoliai visada buvo mažesni negu audinio po apdailos C. Priklausomybes aprašo tiesinės lygtys su dideliais apibrėžties koeficientais (žalio audinio C1 –  $R^2=0,92681$ , audinio po apdailos C –  $R^2=0,99811$ ), tad galima teigti, kad priklausomybės yra stiprios.

3.11 paveiksle parodytos žalio audinio D1 ir audinio po apdailos D masės nuostolių priklausomybės nuo dilinimo ciklų skaičiaus. Iš pateiktų duomenų matyti, kad žalio audinio D1 masės nuostoliai didėjo, didėjant dilinimo ciklų skaičiui. Žalio audinio D1 atsparumas dilinimui mažesnis, lyginant su audiniu po apdailos D, tačiau jo masės nuostolių kitimo intensyvumas yra didesnis negu audinio po apdailos D. Abi priklausomybės aprašytos tiesinėmis lygtimis, kurių apibrėžties koeficientai yra: žalio audinio D1 –  $R^2= 0,96429$ ; audinio po apdailos D –  $R^2=0,84236$ . Galima teigti, kad žalio audinio D1 priklausomybė yra stipri, o audinio po apdailos D – vidutinio stiprumo.

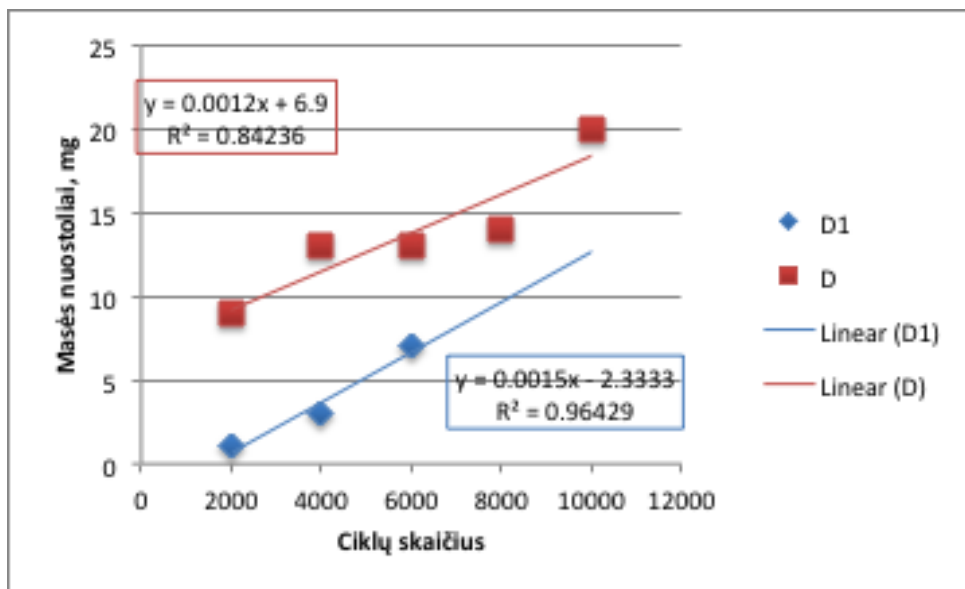


**3.9 pav.** Žalio audinio B1 ir audinio po apdailos B masės nuostolių priklausomybė nuo dilinimo ciklų skaičiaus

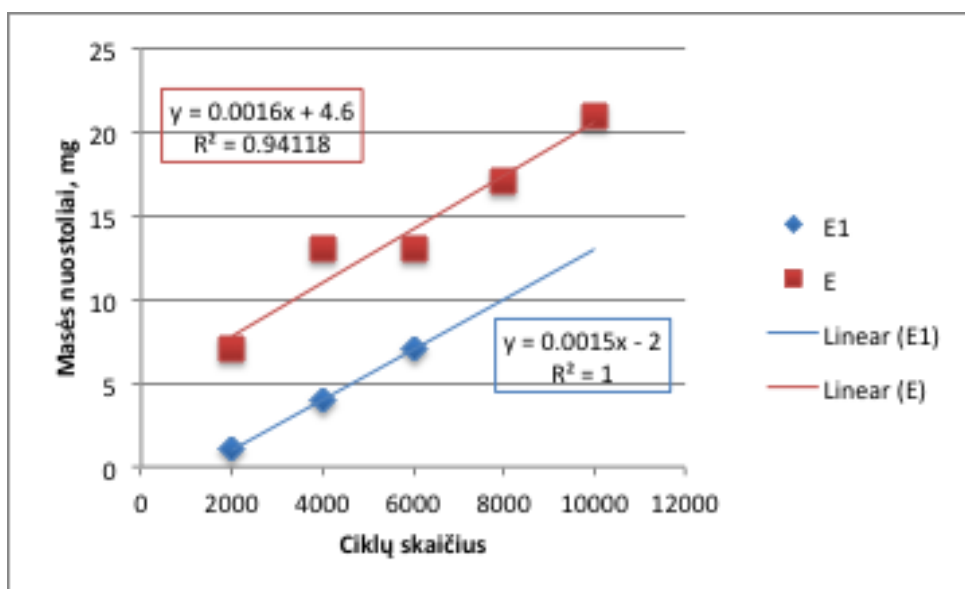


**3.10 pav.** Žalio audinio C1 ir audinio po apdailos C masės nuostolių priklausomybė nuo dilinimo ciklų skaičiaus

3.12 paveiksle matyti, kad žalio audinio E1 masės nuostoliai tiesiogiai didėjo, didėjant dilinimo ciklų skaičiui. Audinio po apdailos E masės nuostoliai taip pat didėjo, didėjant ciklų skaičiui. Masės nuostolių kitimo intensyvumas tiek žaliai audiniui E1, tiek audiniui po apdailos E buvo labai panašus – tiesės beveik lygiagrečios viena kitai. Žalio audinio E1 masės nuostoliai yra mažesni negu audinio po apdailos. Priklausomybes labai tiksliai aprašo tiesinės lygtys, kurių apibrėžties koeficientai yra lygūs – žalio audinio E1 –  $R^2=1$ ; audinio po apdailos –  $R^2=0,94118$ .

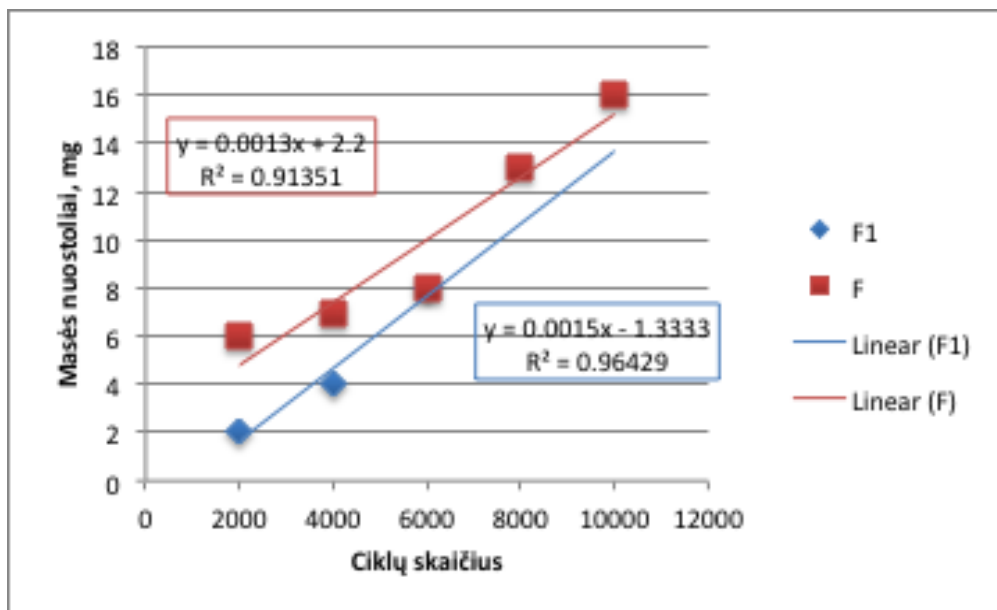


**3.11 pav.** Žalio audinio D1 ir audinio po apdailos D masės nuostolių priklausomybė nuo dilinimo ciklų skaičiaus



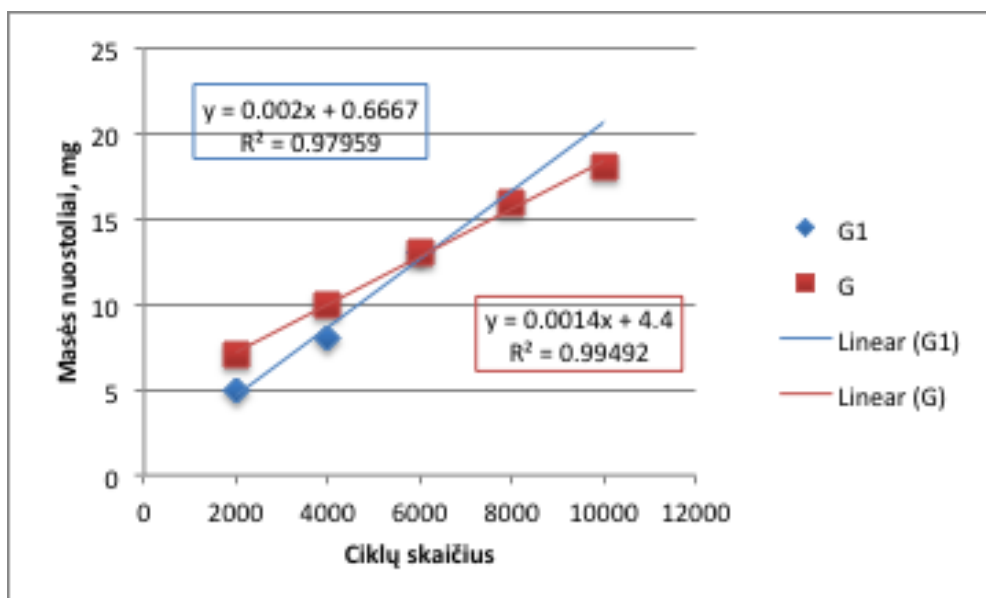
**3.12 pav.** Žalio audinio E1 ir audinio po apdailos E masės nuostolių priklausomybė nuo dilinimo ciklų skaičiaus

Iš 3.13 pav. matyti, kad tiek žalio audinio F1, tiek audinio po apdailos F masės nuostoliai yra tiesiogiai proporcingi dilinimo ciklų skaičiui, t. y. didėjant dilinimo ciklų skaičiui, masės nuostoliai didėjo. Tačiau žalio audinio F1 masės nuostoliai visada buvo mažesni negu audinio po apdailos F, nors žalio audinio kitimo intensyvumas yra didesnis. Priklausomybes gana dideliu tikslumu aprašo tiesinės lygtys: žalio audinio F1 apibrėžties koeficientas  $R^2=0,96429$ ; audinio po apdailos F –  $R^2=0,91351$ .



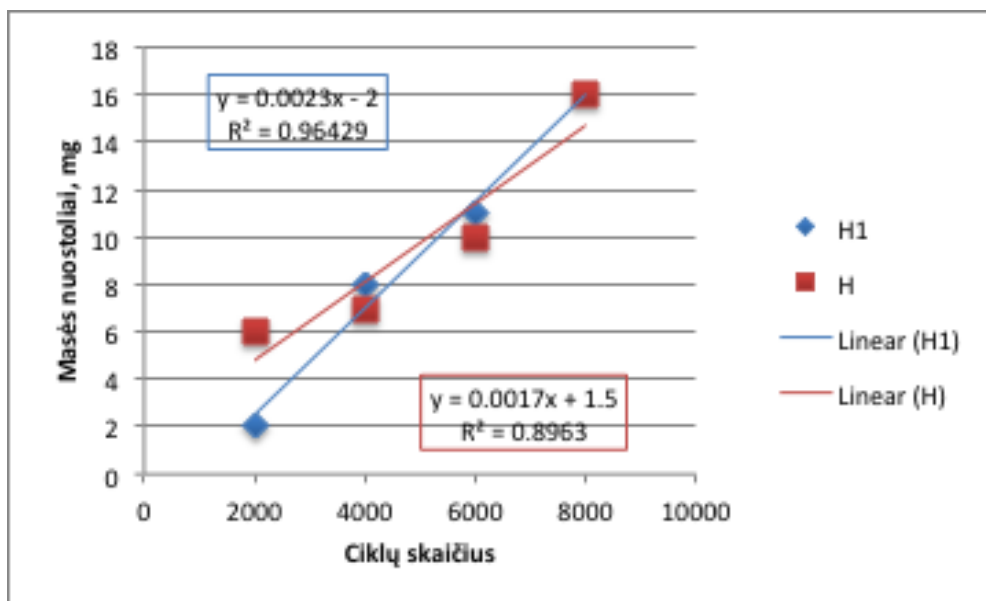
**3.13 pav.** Žalio audinio F1 ir audinio po apdailos F masės nuostolių priklausomybė nuo dilinimo ciklų skaičiaus

Iš 3.14 pav. pateikto grafiko matyti, kad žalio audinio G1 masės nuostoliai tiesiogiai didėjo, didėjant prasisukusių ciklų skaičiui, kaip ir audinio po apdailos G, bet žalio audinio masės nuostolių kitimo intensyvumas, didėjant dilinimo ciklų skaičiui, yra didesnis. Masės nuostolių priklausomybes nuo dilinimo ciklų skaičiaus tiksliai aprašo tiesinės priklausomybės. Žalio audinio priklausomybės apibrėžties koeficientas  $R^2=0,97959$ , o audinio po apdailos –  $R^2=0,99492$ .



**3.14 pav.** Žalio audinio G1 ir audinio po apdailos G masės nuostolių priklausomybė nuo dilinimo ciklų skaičiaus

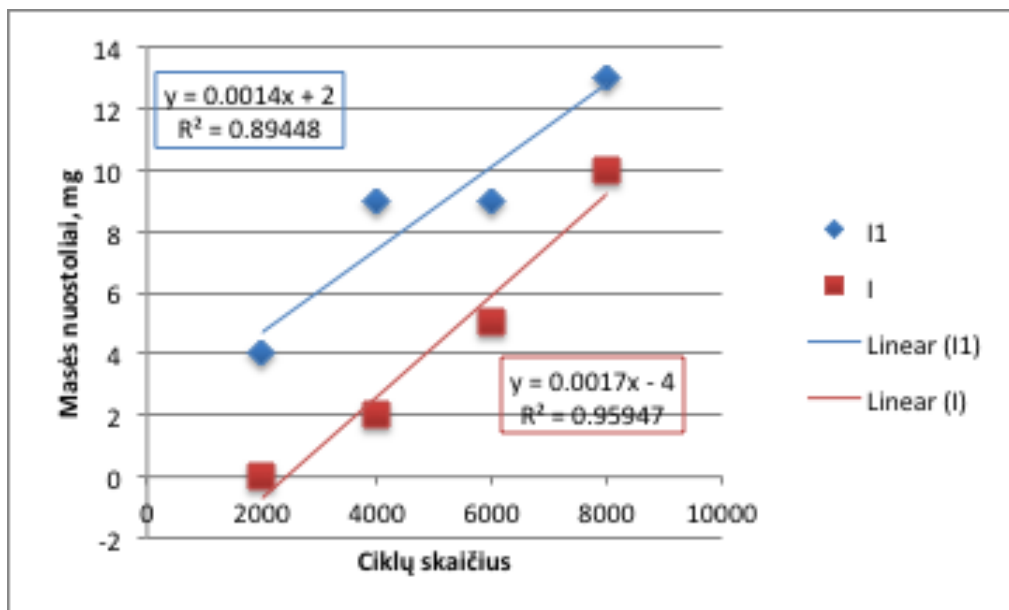
3.15 paveiksle pateiktos žalio audinio H1 ir audinio po apdailos H masės nuostolių priklausomybės nuo dilinimo ciklų skaičiaus. Abiejų audinių atvejais masės nuostoliai yra tiesiogiai proporcingi dilinimo ciklų skaičiui, t. y. pastarajam didėjant, masės nuostoliai taip pat didėja. Žalio audinio H1 priklausomybės kitimo intensyvumas yra didesnis negu audinio po apdailos H. Priklausomybes pakankamai tiksliai aprašo tiesinės priklausomybės, kurių apibrėžties koeficientai yra tokie: žalio audinio H1 –  $R^2=0,96429$ , audinio po apdailos H –  $R^2=0,8963$ . Tad galima teigti, kad abi priklausomybės yra pakankamai stiprios.



**3.15 pav.** Žalio audinio H1 ir audinio po apdailos H masės nuostolių priklausomybė nuo dilinimo ciklų skaičiaus

Iš 3.16 pav. matyti, kad tiek žaliajam audiniui I1, tiek audiniui po apdailos I būdinga, kad didėjant dilinimo ciklų skaičiui, masės nuostoliai didėja, tačiau žalio audinio I1 masės nuostoliai visada didesni negu audinio po apdailos I. Mažesnis ir žalio audinio I1 tiesės kitimo intensyvumas. Abi priklausomybes (tiek žalio audinio I1, tiek audinio po apdailos I) pakankamai tiksliai aprašo tiesinės priklausomybės. Jų apibrėžties koeficientai: žalio audinio I1 –  $R^2=0,89448$ ; audinio po apdailos –  $R^2=0,95947$ . Tad galima teigti, kad masės nuostolių priklausomybės nuo dilinimo ciklų skaičiaus yra stiprios.

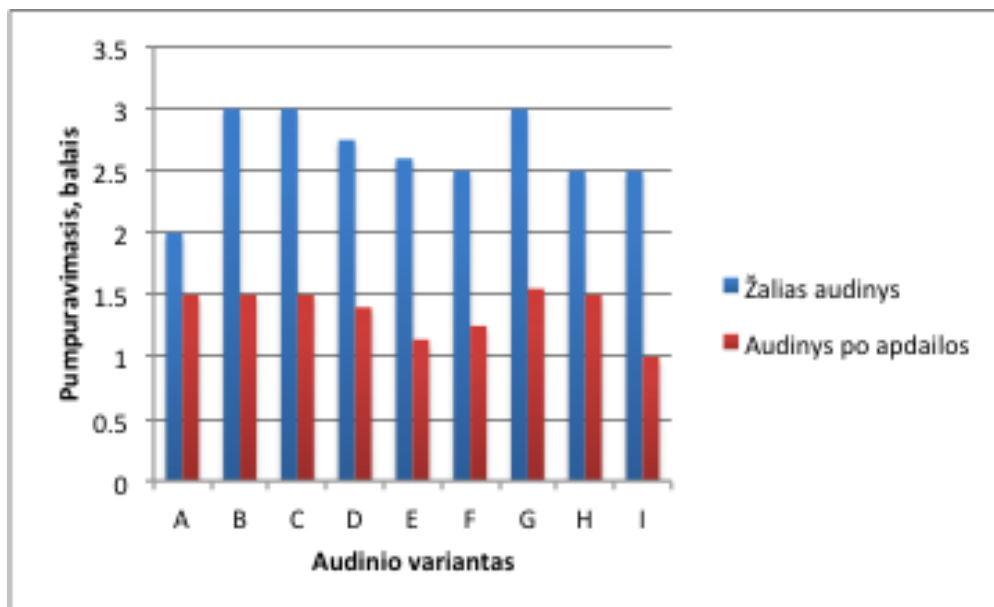




**3.16 pav.** Žalio audinio I1 ir audinio po apdailos I masės nuostolių priklausomybė nuo dilinimo ciklų skaičiaus

### 3.3. Audinių atsparumas pumpuravimuisi

Audinio dėvėjimo ir priežiūros metu labai svarbi audinių savybė yra polinkis pumpuruotis. Šią savybę atspindi atsparumas pumpuravimuisi. Pumpuravimasis mažina audinio kokybę bei vartotojo komfortiškumą [15, 16, 17, 18]. Skirtingos pluoštinės sudėties žalių audinių ir audinių po apdailos atsparumas pumpuravimuisi parodytas 3.17 paveiksle.

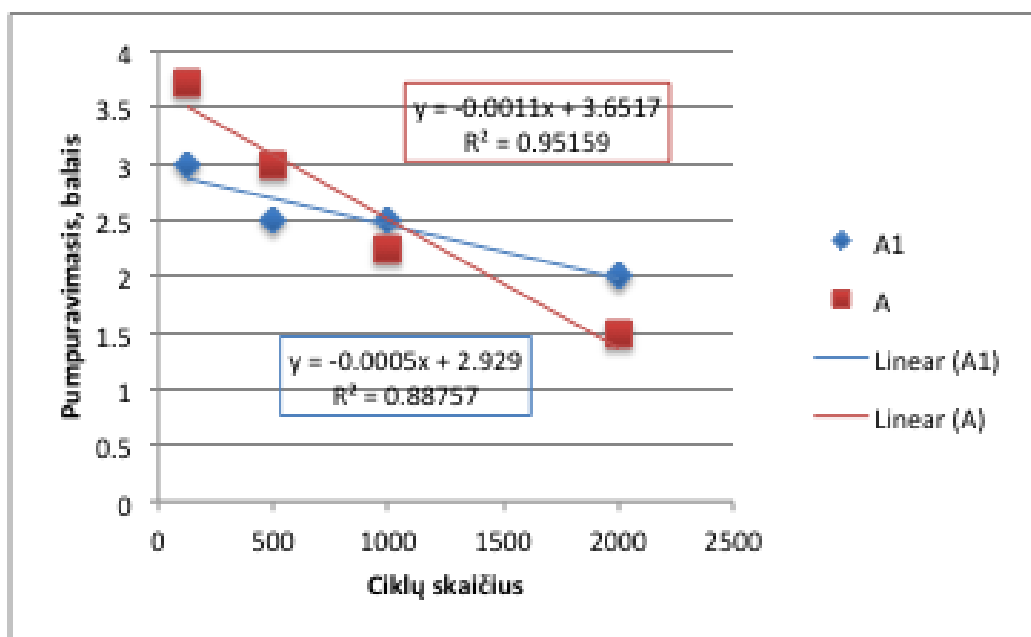


**3.17 pav.** Žalių audinių ir audinių po apdailos atsparumas pumpuravimuisi

Iš diagramos matyti, kad mažiau pumpuruojasi žali audiniai (jų pumpuravimosi įvertinimas balais yra didesnis). Didžiausias skirtumas tarp žalio audinio ir audinio po apdailos yra I audinio

(75 %). Mažiausiai pumpuruojasi (didžiausias įvertinimas balais) B, C, G žali audiniai. Lyginant šių audinių po apdailos ir žalių audinių pumpuravimąsi, jų įvertinimai skiriasi 50 %. Mažiausiai po apdailos pakito (25 %) audinio A pumpuravimasis. Kitų audinių pumpuravimasis po apdailos taip pat pakito apie 50 %.

Iš 3.18 paveiksle pateikto grafiko matyti, kad didėjant dilinimo ciklų skaičiui, tiek žalių audinių, tiek audinių po apdailos pumpuravimosi įvertinimas balais mažėja, t. y. pumpuravimasis didėja. Žalio audinio A1 pumpuravimosi įvertinimo tiesės kitimas yra ne toks intensyvus kaip audinio po apdailos A. Abi priklausomybės gana tiksliai aprašo tiesinės priklausomybės: žalio audinio apibrėžties koeficientas  $R^2 = 0,88757$ , audinio po apdailos –  $R^2 = 0,95159$ . Tad galima sakyti, kad dilinimo ciklų skaičių ir pumpuravimąsi sieja stiprios priklausomybės.

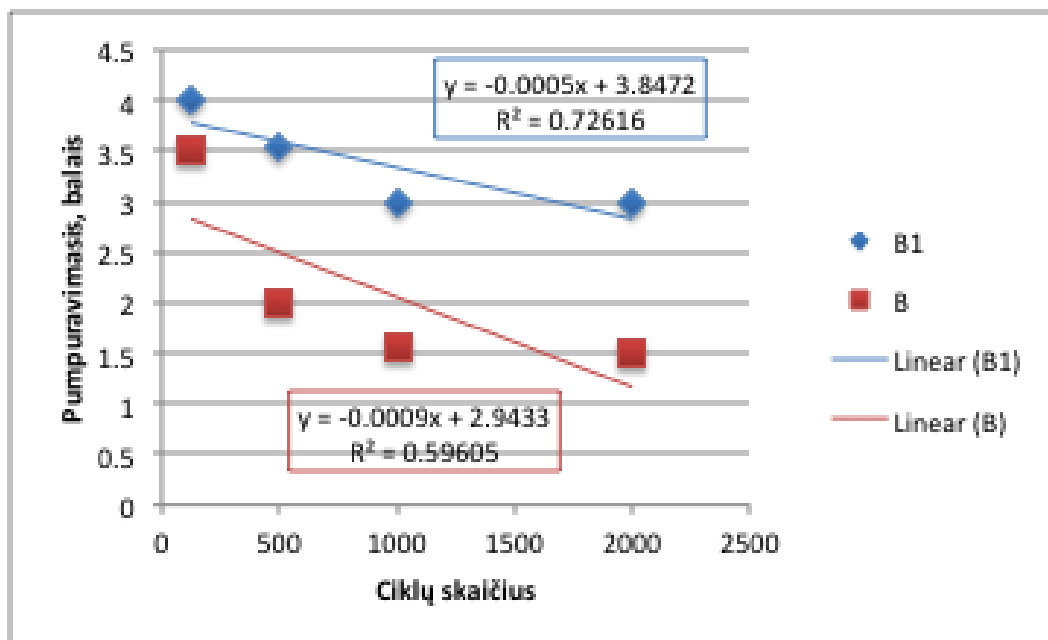


**3.18 pav.** Žalio audinio A1 ir audinio po apdailos A pumpuravimosi priklausomybė nuo ciklų skaičiaus

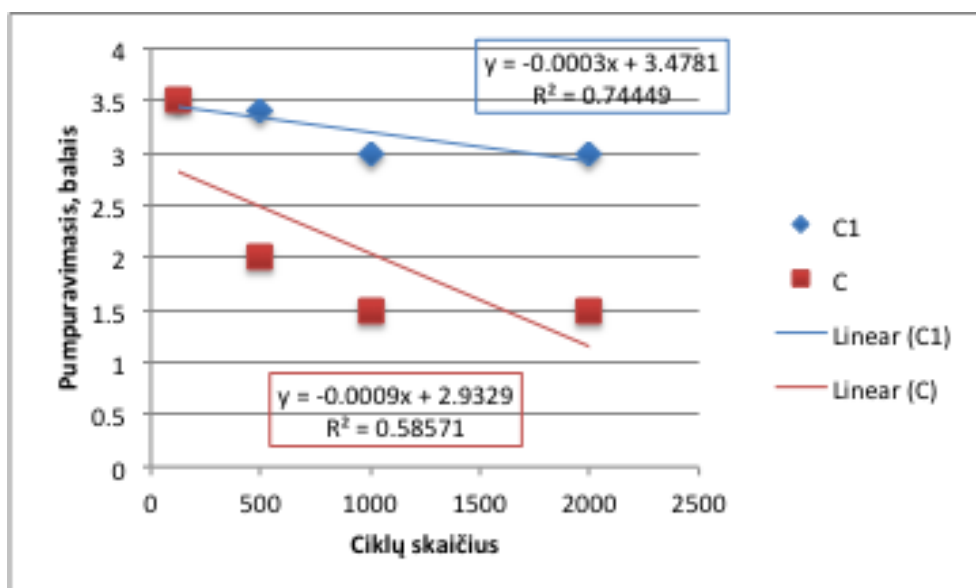
Paveiksle 3.19 parodyta žalio audinio B1 ir audinio po apdailos B pumpuravimosi balais priklausomybės nuo dilinimo ciklų skaičiaus. Matyti, kad didėjant ciklų skaičiui, pumpuravimosi įvertinimas balais mažėjo, t. y. pumpuravimasis didėjo. Žalio audinio pumpuravimosi įvertinimo balais kitimas yra mažiau intensyvus negu audinio po apdailos B. Tiek žalio audinio B1, tiek audinio po apdailos B priklausomybės yra tiesinės, tačiau jos nėra stiprios: žalio audinio B1 apibrėžties koeficientas yra vidutinis ( $R^2 = 0,72616$ ), o audinio po apdailos B – mažas ( $R^2 = 0,59605$ ).

Žalio audinio C1 ir audinio po apdailos C pumpuravimosi balais priklausomybės nuo dilinimo ciklų skaičiaus pateiktos 3.20 paveiksle. Žalio audinio C1 pumpuravimosi įvertinimo balai kito ne taip intensyviai kaip audinio po apdailos C, tačiau abiejų audinių kitimo tendencijos

išliko tos pačios, t. y. didėjant dilinimo ciklų skaičiui, pumpuravimosi įvertinimas balais mažėjo (pumpuravimasis didėjo). Priklausomybės, aprašytos tiesinėmis lygtimis, nėra stiprios: žalio audinio  $R^2=0,74449$  (vidutinio stiprumo priklausomybė), audinio po apdailos  $R^2=0,58571$  (silpna priklausomybė).



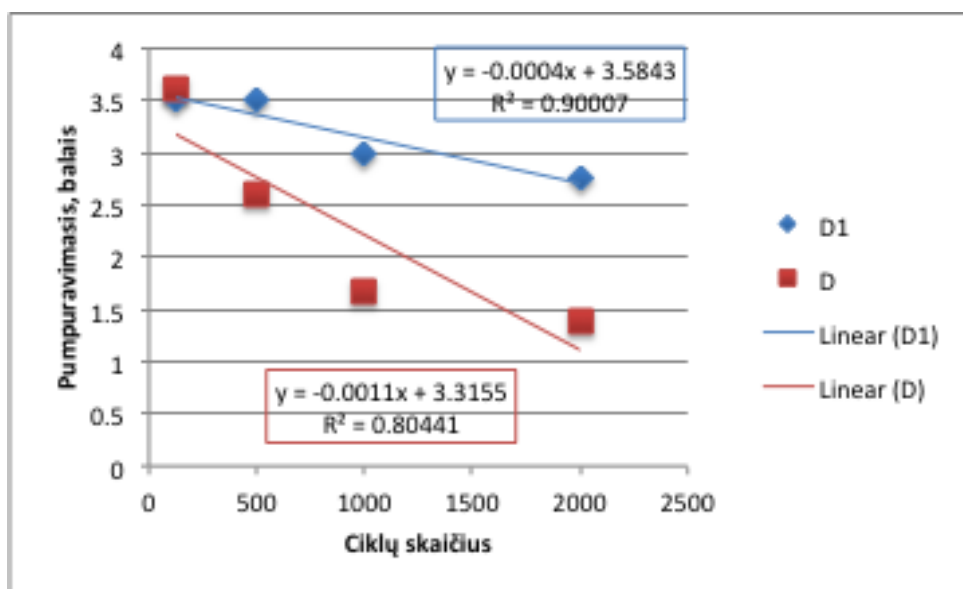
**3.19 pav.** Žalio audinio B1 ir audinio po apdailos B pumpuravimosi priklausomybė nuo ciklų skaičiaus



**3.20 pav.** Žalio audinio C1 ir audinio po apdailos C pumpuravimosi priklausomybė nuo ciklų skaičiaus

Žalio audinio D1 ir audinio po apdailos pumpuravimosi įvertinimo balais priklausomybės nuo dilinimo ciklų skaičiaus ir audinio po apdailos pumpuravimosi įvertinimo balais priklausomybės nuo dilinimo ciklų skaičiaus parodytos 3.21 paveiksle. Abiem atvejais, didėjant

dilinimo ciklų skaičiui, įvertinimas balais mažėja, o tai reiškia, kad pats pumpuravimasis didėja. Žalio audinio D1 tiesės kitimo intensyvumas yra mažesnis negu audinio po apdailos D. Priklausomybes gana tiksliai aprašo tiesinės priklausomybės: žalio audinio D1 –  $R^2=0,90007$  (stipri priklausomybė), audinio po apdailos –  $R^2=0,80441$  (vidutinio stiprumo priklausomybė).



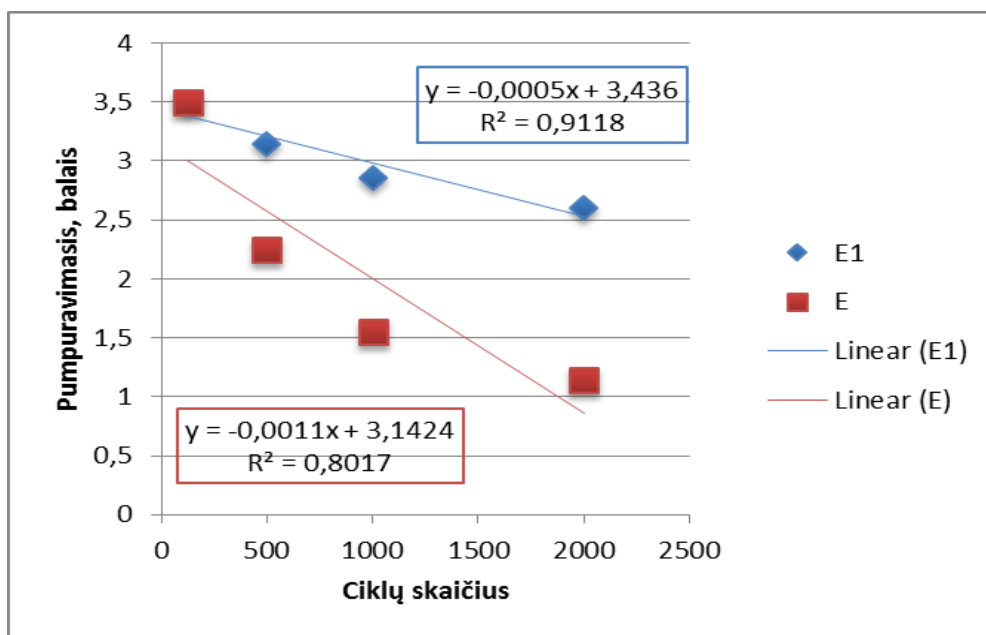
**3.21 pav.** Žalio audinio D1 ir audinio po apdailos D pumpuravimosi priklausomybė nuo ciklų skaičiaus

Iš 3.22 paveikslo matyti, kad tiek žalio audinio E1, tiek audinio po apdailos E pumpuravimosi balai mažėjo, dilinant audinį, t. y. pumpuravimasis didėjo. Žalio audinio tiesės kitimo intensyvumas yra mažesnis negu audinio po apdailos, tačiau jo pumpuravimasis buvo mažesnis (įvertinimas balais didesnis) negu audinio po apdailos. Priklausomybės aprašytos tiesinėmis lygtimis. Jų apibrėžties koeficientai: žalio audinio E1 –  $R^2=0,9118$  (stipri priklausomybė), audinio po apdailos E –  $R^2=0,8017$  (vidutinio stiprumo priklausomybė).

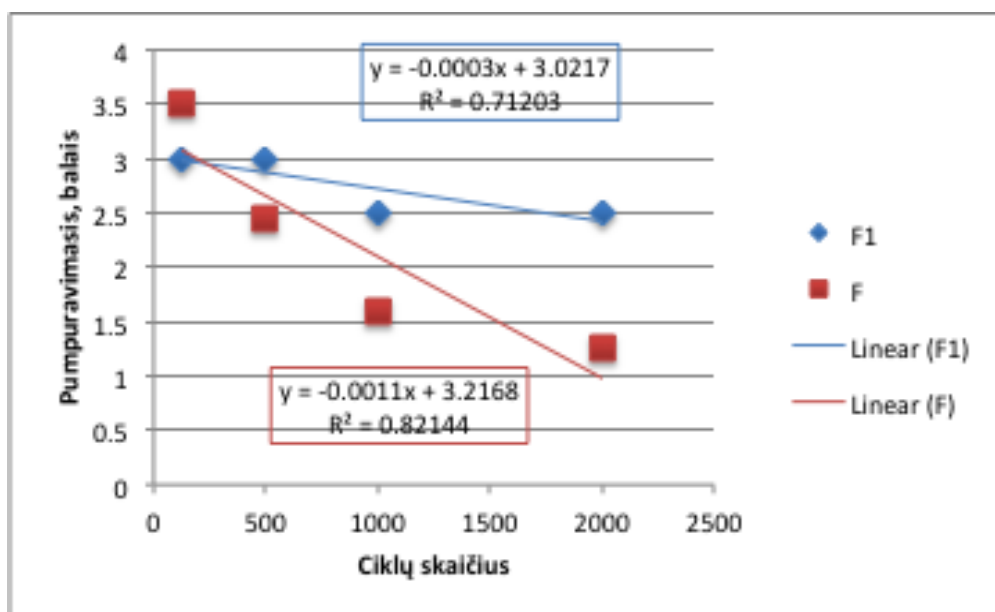
Iš 3.23 paveiksle pateiktų žalio audinio F1 ir audinio po apdailos F pumpuravimosi balų priklausomybių nuo dilinimo ciklų skaičiaus matyti, kad didėjant ciklų skaičiui, pumpuravimosi balai mažėja, tačiau žalio audinio tiesės kitimo intensyvumas yra mažesnis negu audinio po apdailos. Priklausomybes aprašančios tiesinės priklausomybės yra vidutinio stiprumo, t. y. žalio audinio F1 apibrėžties koeficientas  $R^2=0,71203$ , audinio po apdailos –  $R^2=0,82144$ .

3.24 paveiksle parodytos pumpuravimosi balų priklausomybės nuo dilinimo ciklų skaičiaus žaliai audiniui G1 ir audiniui po apdailos G. Iš pateikto grafiko matyti, kad didėjant dilinimo ciklų skaičiui, žalio audinio G1 ir audinio po apdailos G pumpuravimosi balai mažėja. Žalio audinio G1 pumpuravimosi balai yra didesni (t. y. pumpuravimasis yra mažesnis) negu audinio po apdailos G, tačiau tiesės kitimo intensyvumas yra mažesnis. Priklausomybės aprašytos

tiesinėmis lygtimis, kurių apibrėžties koeficientai yra: žalio audinio –  $R^2=0,71203$  (vidutinio stiprumo priklausomybė); audinio po apdailos –  $R^2=0,90106$  (stipri priklausomybė).



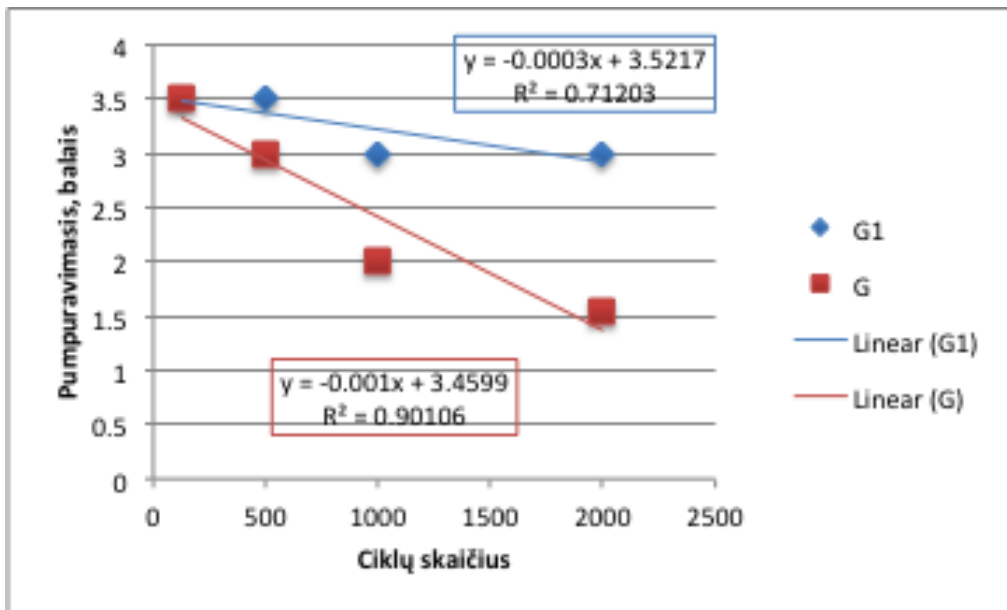
**3.22 pav.** Žalio audinio E1 ir audinio po apdailos E pumpuravimosi priklausomybė nuo ciklų skaičiaus



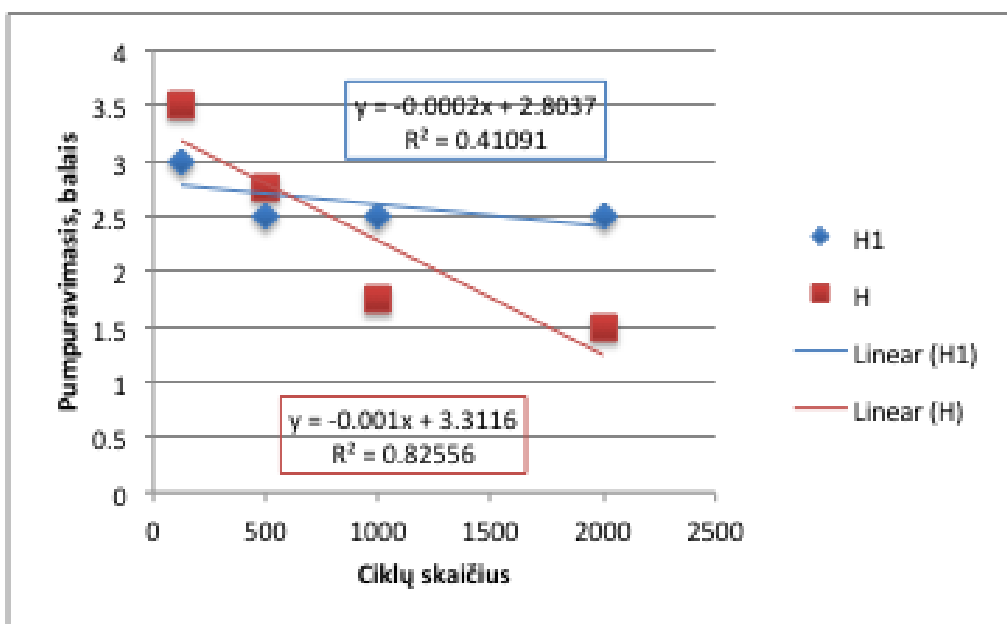
**3.23 pav.** Žalio audinio F1 ir audinio po apdailos F pumpuravimosi priklausomybė nuo ciklų skaičiaus

Iš grafiko 3.25 paveiskle matyti, kad žalio audinio H1 ir audinio po apdailos H pumpuravimosi balai mažėja, didėjant dilinimo ciklų skaičiui. Žalio audinio H1 tiesės kitimo intensyvumas yra mažesnis negu audinio po apdailos H, nors žalio audinio įvertinimas balais yra didesnis, t. y. žali audiniai pumpuruojasi mažiau negu audiniai po apdailos. Priklausomybės

aprašytos tiesinėmis lygtimis, kurių apibrėžties koeficientai yra: žalio audinio H1 –  $R^2=0,41091$ ; audinio po apdailos  $R^2=0,82556$ . Pagal apibrėžties koeficientų vertes galima sakyti, kad žalio audinio pumpuravimosi priklausomybė yra silpna, o audinio po apdailos – vidutinio stiprumo.



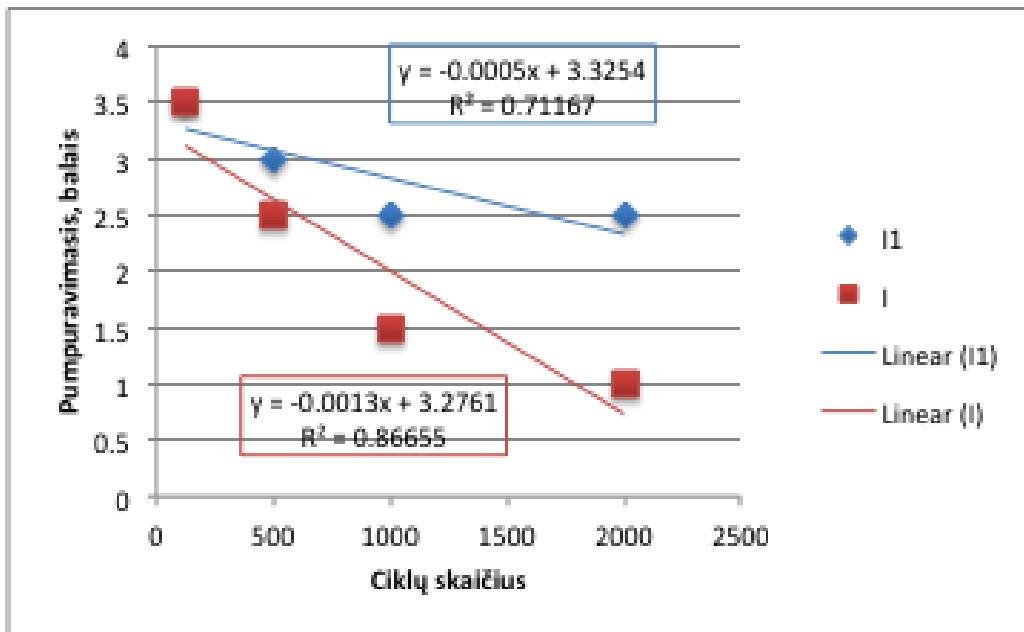
**3.24 pav.** Žalio audinio G1 ir audinio po apdailos G pumpuravimosi priklausomybė nuo ciklų skaičiaus



**3.25 pav.** Žalio audinio H1 ir audinio po apdailos H pumpuravimosi priklausomybė nuo ciklų skaičiaus

Iš 3.26 paveikslo matyti, kad žalio audinio I1 ir audinio po apdailos pumpuravimosi balai mažėjo, didėjant ciklų skaičiui. Tačiau kaip ir anksčiau aptartais atvejais, žalio audinio pumpuravimosi balai yra didesni negu audinio po apdailos. Taip pat mažesnis ir tiesės kitimo intensyvumas. Žalio audinio I1 ir audinio po apdailos I pumpuravimosi balų priklausomybės nuo

dilinimo ciklų skaičiaus vidutiniu stiprumu aprašo tiesinės lygtys, kurių apibrėžties koeficientai yra: žalio audinio I1 –  $R^2=0,71167$ ; audinio po apdailos I –  $R^2=0,86655$ .



**3.26 pav.** Žalio audinio I1 ir audinio po apdailos I pumpuravimosi priklausomybė nuo ciklų skaičiaus

Iš atliktų eksperimentų ir aptartų jų rezultatų matyti, kad žalių audinių ir audinių po apdailos atsparumui pumpuravimuisi daro įtaką tiek audinių pluoštinė sudėtis, tiek ir audiniams atlikta apdaila.

## IŠVADOS

1. Nustatyta, kad verpalų trūkimo jėga ir trūkimo ištįsa priklauso nuo juos sudarančio pluošto, nes kintant verpalo pluoštinei sudėčiai, trūkimo jėga kinta nuo 2,3N iki 5,7N, trūkimo ištįsa – nuo 1,9% iki 15,19%. Tačiau tikslios trūkimo jėgos ir trūkimo ištįsos priklausomybės nuo žaliavos tankio nustatyti nepavyko (priklausomybių apibrėžties koeficientai yra labai maži, t. y. trūkimo jėgos 0,02979, trūkimo ištįsos 0,10269).
2. Ištirta, kad audinių, išaustų iš ištirtų verpalų, trūkimo jėgai ir ištįsai daro įtaką audiniui atlikta apdaila – atlikus apdailą, audinio trūkimo jėga sumažėja, t. y. audinys susilpnėja nuo 13N iki 76N, o audinio trūkimo ištįsa padidėja nuo 0,5% iki 16,76%, t. y. audinys tampa tasesnis.
3. Nustatyta, kad skirtingos pluoštinės sudėties audinių atsparumui dilinimui daro įtaką tiek audinio pluoštinė sudėtis, tiek atlikta apdaila. Dilinant pirmiausiai keičiasi audinių išvaizda: audinių paviršius pasišiaušia, paviršiuje išryškėja verpalų plaukelių galai, po to audinį padengia pumpurėliai, pradeda trūkinėti iš pradžių verpalus sudarantys plaukeliai, o vėliau ir patys verpalai, audinyje atsiranda skylės.
4. Pastebėta, kad žali audiniai sudilo greičiau negu audiniai po apdailos, t. y. žali audiniai atlaikė 6000-8000 dilinimo ciklą, o audiniai po apdailos – 8000-10000 ciklą. Taigi galima teigti, kad apdaila pagerino audinių atsparumą dilinimui nuo 20% iki 40%.
5. Dilinant audiniai neteko savo svorio, t. y. didėjant dilinimo ciklą skaičiui, audinių masės nuostoliai didėjo tiek žaliems audiniams, tiek audiniams po apdailos. Masės nuostolių priklausomybės nuo dilinimo ciklą skaičiaus aprašytos tiesinėmis lygtimis, kurių apibrėžties koeficientai kito nuo 0,76271 iki 1, t. y. priklausomybės buvo vidutinio stiprumo arba stiprios.
6. Audinių atsparumui pumpuravimuisi taip pat didelę įtaką daro apdaila, kuri pablogina šią audinių savybę, t. y. audiniai po apdailos susipumpuroja nuo 25% iki 75% greičiau.
7. Pumpuravimosi balais priklausomybės nuo dilinimo ciklą skaičiaus yra silpnesnės negu atsparumo dilinimui, nes jų apibrėžties koeficientai kinta nuo 0,58571 (silpna priklausomybė) iki 0,95159 (stipri priklausomybė). Žalio audinio priklausomybių kitimo intensyvumas visais atvejais buvo mažesnis negu audinių po apdailos.
8. Žalių audinių ir audinių po apdailos, išaustų iš įvairių natūralių pluoštų, mechaninėms (trūkimo jėgai, trūkimo ištįsai) ir vartojamosioms (atsparumui dilinimui, atsparumui pumpuravimuisi) savybėms daro įtaką verpalų pluoštinė sudėtis ir audiniams atlikta apdaila.



## **PADĖKA**

Norėčiau padėkoti įmonei „Klasikinė tekstilė“ už galimybę pasigaminti audinių pavyzdžius ir nuoširdų bendradarbiavimą bei konsultacijas, atliekant baigiamąjį darbą.

## LITERATŪROS ŠALTINIAI

1. KUMPIKAITĖ E. Analysis of dependencies of woven fabric's breaking force and elongation at break on its structure parameters. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 2007, vol. 15, no. 1 (60), pp. 35-38. ISSN 1230-3666.
2. KUMPIKAITĖ, E., MILAŠIUS, V. Influence of fabric structure on its weavability. *Materials Science (Medžiagotyra)*, 2003, vol. 9 no. 4, pp. 395 – 400. ISSN 1392 – 1320.
3. KUMPIKAITĖ E., SVIDERSKYTĖ A. The influence of woven fabric structure on the woven fabric strength. *MATERIALS SCIENCE (MEDŽIAGOTYRA)*, 2006, vol. 12, no. 2, pp. 162 –166. ISSN 1392 – 1320.
4. KUMPIKAITĖ E. The fabric weave's influence on the character of fabric break. *MATERIALS SCIENCE (MEDŽIAGOTYRA)*, 2007, vol. 13, no. 3, pp. 245 – 248. ISSN 1392 – 1320.
5. RATHOD A., KOLHATKAR A. Analysis of physical characteristics of bamboo fabrics. *International Journal of Research in Engineering and Technology*. 2014, vol. 03, no. 08, pp. 21-25 ISSN 2319-1163.
6. GABRIJELČIČ H., ČERNOŠA E., DIMITROVSKI K. Influence of weave and weft characteristics on tensile properties of fabrics. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 2008, vol. 16, no. 2 (67), pp. 45-51. ISSN 1230-3666.
7. KUMPIKAITĖ E., KOT L., TAUTKUTĖ-STANKUVIENĖ I. Double-layer fabrics with folk motives. Experimental and theoretical study of their characteristics. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 2016, vol. 24, no. 6(120), pp. 100-108. ISSN 1230-3666.
8. ADOMAITIENĖ A., RAVINIENĖ G., KUMPIKAITĖ E. Influence of weaving loom setting parameters on changes of woven fabric structure and mechanical properties. *MATERIALS SCIENCE (MEDŽIAGOTYRA)*, 2011, vol. 17, no. 4, pp. 417-422. ISSN 1392–1320.
9. ADOMAITIENĖ A., KUMPIKAITĖ E. Analysis of mechanical properties of fabrics of different raw material. *MATERIALS SCIENCE (MEDŽIAGOTYRA)*, 2011, vol. 17, no. 2, pp. 168 - 173. ISSN 1392 – 1320.
10. ABROMAVIČIUS R., LAURECKIENĖ G., MILAŠIUS R. Influence of yarn texturing technological parameters and fabric structure on tensile properties of the polipropylene fabric. *MATERIALS SCIENCE (MEDŽIAGOTYRA)*, 2011, vol. 17, no. 2, pp. 174 - 179. ISSN 1392 – 1320.

11. KUMPIKAITĖ E. Influence of fabric structure on the character of fabric breakage. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 2008, vol. 16, No. 3 (68), pp. 44-46. ISSN 1230-3666.
12. RAGAIŠIENĖ A., MILAŠIENĖ D. Mathematical simulation of elongation at break after fatigue loading of fabrics containing fancy yarns. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 2013, vol. 21, no. 4(100), pp. 67-74. ISSN 1230-3666.
13. ELNASHAR A. E., DUBROVSKI P. D. The influence of the weave and the method of stitching on selected mechanical properties of woven double fabrics. *AUTEX Research Journal*, 2008, vol. 8, no. 2, pp. 41-43. ISSN 1470-9589.
14. AKAYDIN M., CAN Y. Pilling performance and abrasion characteristics of selected basic weft knitted fabrics. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 2010, vol. 18, no. 2 (79), pp. 51-54. ISSN 1230-3666.
15. JASIŃSKA J. Assessment of a fabric surface after the pilling process based on image analysis. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 2009, vol. 17, no. 2 (73), pp. 55-58. ISSN 1230-3666.
16. LOHRASBI F., GHAHI J. M., YASDANSHENAS M. E. Influence of weave type and weft density on worsted fabric pilling. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 2011, vol. 19, no. 5 (88), pp. 64-69. ISSN 1230-3666.
17. HAJILARI M., ESFANDIARI A. H., DABIRYAN H., MOSAVI POUR GHARBI S. H. Investigation of effect of fibres modulus on pilling of acrylic fabrics. *The Journal of the Textile Institute*, 2009, vol. 100, no. 2, pp.135-140. ISSN: 1754-2340.
18. UKPONMWAN J. O., MUKHOPADHYAY A., CHATTERJEE K. N. Pilling. *Journal Textile Progress*, 1998, vol. 28, no. 3, pp. 1-57. ISSN 1754-2278.
19. BRZEZIŃSKI S., KOWALCZYK D., BORAK B., JASIORSKI M., TRACZ A. Nanocoat finishing of polyester/cotton fabrics by the sol-gel method to improve their wear resistance. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 2011, vol. 19, no. 6 (89), pp. 83-88. ISSN 1230-3666.
20. DOUSTANEH A. H., MAHMOUDIAN Sh., MAHMOUDIAN M., JANAGIR A. The effects of weave structure and yarn fiber specification on pilling of woven fabrics. *World Applied Sciences Journal*, 2013, 24 (4), pp. 503-506. ISSN 1818-4952.
21. CAN Y. Pilling performance and abrasion characteristics of plain-weave fabrics made from open – end and ring spun yarns. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 2008, vol. 16, no. 1 (66), pp.81-84. ISSN 1230-3666.

22. KAYNAK H. K., TOPALBEKIROĞLU M. Influence of fabric pattern on the abrasion resistance property of woven fabrics. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 2008, vol. 16, no. 1 (66), pp. 54-56. ISSN 1230-3666.
23. ULKU S., ORTLEK H. G., OMERÖĞLU S. The effect of chenille yarn properties on the abrasion resistance of upholstery fabrics. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 2003, vol. 11, no. 3 (42), pp. 38-41. ISSN 1230-3666.
24. PADLECKIENĖ I., PETRULIS D. Effect of abrasion on the air permeability & mass loss of breathable-coated fabrics. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 2009, vol. 17, no. 2 (73), pp. 50-54. ISSN 1230-3666.
25. KUMPIKAITĖ E., RAGAIŠIENĖ A., BARBUSKI M. Comparable analysis of the end-use properties of woven fabrics with fancy yarns. Part I: Abrasion resistance and air permeability. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 2010, vol. 18, no. 3 (80), pp. 56-59. ISSN 1230-3666.
26. RAGAIŠIENĖ A., KUMPIKAITĖ E. Investigation of end-use properties of woven fabrics with synthetics fancy yarns. *MATERIALS SCIENCE (MEDŽIAGOTYRA)*, 2010, vol. 16, no. 4, pp. 337-440. ISSN 1392-1320.
27. SEKERDEN F. Effect of fabric weave and weft types on the characteristics of bamboo/cotton woven fabrics. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 2011, vol. 19, no. 6 (89), pp. 47-52. ISSN 1230-3666.
28. OMERÖĞLU S., ULKU S. An investigation about tensile strength, pilling and abrasion properties of woven fabrics made from conventional and compact ring-spun yarns. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 2007, vol. 15, no. 1 (60), pp. 39-42. ISSN 1230-3666.
29. ALAMDAR-YAZDI A., HEPPLER G. R. Abrasion behavior of yarns at right angle for ring and rotor spun yarn. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 2012, vol. 20, no. 6A(95), pp. 54-57. ISSN 1230-3666.
30. JERKOVIC I., PALLARÉS J. M., CAPDEVILA X. Study of the abrasion resistance in the upholstery of automobile seats. *AUTEX Research Journal*, 2010, vol. 10, no. 1, pp. 14-20. ISSN 1470-9589.
31. JERKOVIC I., PALLARÉS J. M., ARDANUY M., PhD, CAPDEVILA X. Abrasive elements and abrasion resistance tests for car seat upholstery. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 2013, vol. 8, no. 3, pp. 35-41. ISSN 1558-9250.
32. PAMUK G., ÇEKEN F. Comparative study of the abrasion resistance of automobile seat covers. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, 2008, vol. 16, no. 4 (69), pp. 57-61. ISSN 1230-3666.

33. VARNAITĖ S., KATUNSKIS J. Influence of abrasion on electrostatic charge decay of woven fabrics with conductive yarns. *MATERIALS SCIENCE (MEDŽIAGOTYRA)*, 2009, vol. 15, no. 2, pp. 160-166. ISSN 1392–1320.
34. TRUNCYTĖ D., GUTAUSKAS M. The influence of the technological treatment regime on the mechanical properties of textile fabrics. *MATERIALS SCIENCE (MEDŽIAGOTYRA)*, 2006, vol. 12, no. 4, pp. 350 – 354. ISSN 1392 – 1320.
35. NAUJOKAITYTĖ L., STRAZDIENĖ E. The effect of finishing upon textile mechanical properties at low loading. *MATERIALS SCIENCE (MEDŽIAGOTYRA)*, 2007, vol. 13, no. 3, pp. 249 – 254. ISSN 1392 – 1320.
36. KOŽENIAUSKIENĖ J., DAUKANTIENĖ V. Modification of textile materials' surface properties using chemical softener. *MATERIALS SCIENCE (MEDŽIAGOTYRA)*, 2011, vol. 17, no. 1, pp. 52 – 55. ISSN 1392 – 1320.
37. LST EN ISO 139:2005 / A1 : 2011. Tekstilė. Standartinė kondicionavimo ir bandymo aplinka. 1 keitinys (ISO 139:2005/Amd.1:2011) = Textiles - Standard atmospheres for conditioning and testing - Amendment 1 (ISO 139:2005/AMD 1:2011). *Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2011.*
38. LST EN ISO 2062 . Tekstilė. Siūlai pakuotėse. Pavienio siūlo trūkimo jėgos ir ištiesos trūkstam nustatymas naudojant bandymo aparatą, tempiantį pastoviu greičiu (ISO 2062:2009) = Textiles - Yarns from packages - Determination of single-end breaking force and elongation at break using constant rate of extension (CRE) tester (ISO 2062:2009). *Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2010.*
39. LST EN ISO 13934 – 1. Tekstilė. Tekstilės medžiagų tempimo savybės. 1 dalis. Didžiausiosios jėgos ir pailgėjimo esant šiai jėgai nustatymas juostelės metodu ( ISO 13934 – 1: 1999) = Textiles – Tensile properties of fabrics – Part 1 : Determinations of maximum force and elongation at maximum force using the strip method ( ISO 13934 – 1: 1999). *Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2000.*
40. LST EN ISO 12947-2. Tekstilė. Tekstilės medžiagų atsparumo dilinimui nustatymas Martindale'o metodu. 2 dalis. Bandinio suirimo nustatymas (ISO 12947-2:1998) = Textiles – Determination of the abrasion resistance of fabrics by the Martindale method – Part 2 : Determination of specimen breakdown ( ISO 12947 –2:1998). *Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2001.*
41. LST EN ISO 12945-2. Tekstilė. Tekstilės medžiagų polinkio pūkuotis ir pumpuruotis nustatymas. 2 dalis. Modifikuotas Martindale'o metodas (ISO 12945-2:2000) = Textiles – Determination of fabric propensity to surface fuzzing and to pilling – Part 2. Modified

Martindale method (ISO 12945-2:2000). *Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2001.*

42. MILAŠIUS, RIMVYDAS. *Tekstilės eksperimento teorija ir praktika.* Kaunas Technologija, 2010. ISBN: 9789955258995