

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

JOLITA RUSINAVIČIŪTĖ

ŠUNŲ PLAUKŲ MORFOLOGINIŲ,
GEOMETRINIŲ IR MECHANINIŲ RODIKLIŲ
ANALIZĖ IR ĮTAKA TEKSTILĖS MEDŽIAGŲ
SAVYBĖMS

Daktaro disertacija

Technologijos mokslai, medžiagų inžinerija (08 T)

2017, Kaunas

Disertacija rengta 2012–2017 m. Kauno technologijos universiteto Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakulteto Medžiagų inžinerijos katedroje. Mokslinius tyrimus rėmė Lietuvos mokslo taryba.

Mokslinis vadovas:

Doc. Dr. Audronė RAGAIŠIENĖ (Kauno technologijos universitetas, technologijos mokslai, medžiagų inžinerija – 08 T).

Mokslinis konsultantas:

Dr. Daiva MILAŠIENĖ (Kauno technologijos universitetas, technologijos mokslai, medžiagų inžinerija – 08 T).

Interneto sveitainės, kurioje skelbiama disertacija, adresas:

<http://ktu.edu>

Redagavo:

Aurelija Gražina Rukšaitė (leidykla „Technologija“)

© J. Rusinavičiūtė, 2017

ISBN 978-609-02-1360-5

Leidinio bibliografinė informacija pateikiama Lietuvos nacionalinės Martyno Mažvydo bibliotekos Nacionalinės bibliografijos duomenų banke (NBDB)

TURINYS

PAGRINDINIŲ SANTRUMPŲ SĄRAŠAS	5
ĮVADAS	6
1. LITERATŪROS APŽVALGA	10
1.1. Baltyminių pluoštų cheminė sandara ir morfologija	10
1.1.1. Baltyminių pluoštų cheminė sandara.....	10
1.1.2. Baltyminių pluoštų morfologijos tyrimai	15
1.1.3. Skirtingo apdorojimo poveikis baltyminiams pluoštams	18
1.2. Baltyminių pluoštų geometriniai rodikliai.....	21
1.2.1. Baltyminių pluoštų skersmuo ir ilgis.....	21
1.2.2. Papildomi veiksniai, lemiantys baltyminių pluoštų geometrinius rodiklius	25
1.3. Baltyminių pluoštų mechaniniai rodikliai	26
1.3.1. Įvairių veiksnių įtaka baltyminių pluoštų mechaniniams rodikliams	26
1.3.2. Pluoštų mechaninių ir šiluminių rodiklių tyrimai	29
1.3.3. Priklausomybė tarp baltyminių pluoštų geometrinių ir mechaninių rodiklių	31
1.4. Verpalų iš baltyminių pluoštų savybės.....	32
1.4.1. Vilnonių verpalų projektavimas	33
1.4.2. Technologinės eigos ir įrangos įtaka verpalams	34
1.4.3. Verpalų geometrinės ir mechaninės savybės.....	36
1.5. Tekstilės medžiagų iš baltyminių pluoštų savybės	38
1.5.1. Tekstilės medžiagų mechanines ir funkcines savybes nulemiantys veiksniai.....	38
1.5.2. Tekstilės medžiagų funkcinės savybės	40
1.5.3. Tekstilės medžiagų šiluminės savybės	41
1.6. Literatūros apžvalgos apibendrinimas	45
2. DARBO METODAI.....	47
2.1. Tyrimo objektas.....	47

2.2. Tyrimo metodai	50
2.2.1. Pluoštų morfologijos, skerspjūvio ir cheminės sudėties tyrimų metodai	50
2.2.2. Pluoštų geometrinių ir mechaninių rodiklių tyrimų metodai.....	54
2.2.3. Verpalų geometrinių ir mechaninių savybių tyrimų metodai	56
2.2.4. Tekstilės medžiagų struktūros, funkcinių ir šiluminių savybių tyrimų metodai	56
3. TYRIMŲ REZULTATAI.....	59
3.1. Modelinių verpalų su šunų plaukais kūrimas ir jų savybių analizė	59
3.2. Pluoštų morfologijos, skerspjūvio ir cheminės sudėties analizė.....	61
3.2.1 Pluoštų morfologijos, skerspjūvio ir išilginio vaizdo tyrimų rezultatai... 61	
3.2.2 Pluoštų cheminės sandaros tyrimų rezultatai.....	70
3.3 Pluoštų geometrinių rodiklių tyrimų rezultatai.....	79
3.4 Pluoštų mechaninių rodiklių tyrimų rezultatai	84
3.5 Kočiotinių verpalų geometrinių ir mechaninių rodiklių tyrimų rezultatai.....	88
3.6 Tekstilės medžiagų geometrinių ir mechaninių rodiklių tyrimų rezultatai.....	93
3.6.1 Mezginių struktūros ir funkcinių savybių tyrimų analizė.....	93
3.6.2 Veltinių šiluminių savybių tyrimų rezultatai	98
3.7. Megztų medžiagų ir veltinių iš avių vilnos ir šunų plaukų naudojimo rekomendacijos.....	103
IŠVADOS.....	104
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	106
MOKSLINIŲ PUBLIKACIJŲ DISERTACIJOS TEMA SĄRAŠAS	117
PADĖKA.....	119

PAGRINDINIŲ SANTRUMPU ŠARAŠAS

AmS	Amerikiečių spanielio veislės šuns plaukai
AnS	Anglų spanielio veislės šuns plaukai / verpalai / mežginiai
B	Bobteilo veislės šuns plaukai / verpalai / mežginiai / veltiniai
ČČ(M)	Čiau čiau veislės šuns plaukai / verpalai
DSC	Diferencinė skenuojamoji kolorimetrija
FB	Flamandų buvjė veislės šuns plaukai / verpalai / mežginiai / veltiniai
FTIR	Furjė infraraudonoji spektroskopija
JT	Jorkšyro terjero veislės šuns plaukai / verpalai / mežginiai / veltiniai
LS	Lazerinis skeneris
OFDA	Optinis pluoštų skersmens matuoklis
OM	Optinis mikroskopas
P	Pudelio veislės šuns plaukai / verpalai / mežginiai
PM	Projekcinis mikroskopas
P(M)	Pudelio veislės šuns plaukai / verpalai
R	Romanovų veislės avies vilna
RS	Rusų spanielio veislės šuns plaukai / veltiniai
SEM	Skenuojamasis elektroninis mikroskopas
SEM-EDX	Rentgeno spindulių energijos dispersinė analizė
ŠC	Ši cu veislės šuns plaukai / verpalai / mežginiai / veltiniai
ŠrA(M)	Šiurkščiavilnių avių vilna / verpalai
<i>T</i>	Ilginis tankis, tex
<i>V</i>	Variacijos koeficientas, proc.
VJ	Vokietijos juodgalvių avių vilna / verpalai / mežginiai / veltiniai
VKM	Vilnos komforto matuoklis
XRD	Rentgeno struktūrinė analizė
2θ	Kampas tarp krintančios ir difragavusios bangos su atomų plokštuma, °

IVADAS

Tiriamos problemos pagrindimas ir darbo aktualumas. Natūralūs, biodegraduojantys pluoštai yra labai plačiai naudojami tekstilės pramonėje, todėl, be klasiškinių linų, medvilnės ar vilnos pluošto verpalų bei siūlų, šiuolaikinis vartotojas gali įsigyti ir gaminių iš bambuko, kanapių, bananų, kazeino ar net durpių pluošto. Kiekvienas pluoštas ar skirtingų pluoštų mišinys pasižymi tik jam būdingomis, savitomis savybėmis, kurios sėkmingai išnaudojamos skirtingos paskirties gaminiuose. Pluoštų mišinių savybių ir iš jų pagamintų tekstilės medžiagų tyrimai vartotojui sudaro galimybes rinktis iš kelių galimų variantų, atsižvelgiant į kainą, ekologiškumą, ilgaamžiškumą ir kitus veiksnius.

Remiantis statistika, tekstilės pramonėje populiariausia ir vis dar plačiausiai naudojama avių vilna, tačiau verpiama ir ožkų, kupranugarių, lamų, alpų bei kitų gyvūnų vilna ir plaukai. Vilna – baltyminis pluoštas, sudarytas ne tik iš daugiau kaip 20 aminorūgščių, bet taip pat turintis ir riebalų bei kitų įvairių cheminių elementų. Vilnos pluoštas pasižymi daugiafunkčėmis savybėmis: yra laidus orui, mažai teplūs, tamprus, atsparus raukšlėms, gerai išlaiko formą, antistatinis, lėtai užsidega, yra geras garso izoliatorius. Išskirtinė vilnos pluošto sandaros savybė – žvyneliais padengtas plauko paviršius – sukuria galimybes puikiai sugerti drėgmę, sulaukyti šilumą, o plaukeliams tampriai sukibti vieniems su kitais. Taigi vilnos pluoštas yra labai plačiai naudojamas tiek gaminant aprangą, tiek buitines ar technines tekstilės pramonėje.

Pastaruju metu Lietuvoje ir pasaulyje vis paklausesni tampa verpalai su šunų plaukais. Tokių verpalų funkcinės, šiluminės ir netgi gydomosios savybės žinomos jau seniai, kai Šiaurės šalių, tarp jų ir Lietuvos, moterys iš jų megzdavo kojines, pirštines, šalikus, megztinius. Galima sakyti, kad šunų plaukų pluoštas išgyvena renesansą – po ilgo laiko tiesiog atrandamas iš naujo, tačiau išsamių skirtingų veislių šunų plaukų savybių, jų lyginamosios analizės bei verpalų ar tekstilės medžiagų su šunų plaukais geometrinių, mechaninių ar šiluminių savybių tyrimų atlikta ypač mažai.

Todėl šiame darbe tiriami, analizuojami ir tarpusavyje lyginami ne tik Vokietijos juodgalvių ir Romanovų veislių avių vilnos pluoštai, bet ir net 8 skirtingų veislių šunų: pudelio, ši cu, bobteilo, flamandų buvjė, anglų, amerikiečių ir rusų spanieliu bei Jorkšyro terjero plaukai.

Ne mažiau svarbus šunų plaukų naudojimo aspektu veiksny – šio pluošto ekologiškumas, todėl jų populiarinimas yra visuomeniškai skatintina akcija. Kaip žinoma, ekologija šiuo metu užima itin svarbią vietą vartotojų sąmonėje ir daug prisideda formuojant sveiką gyvenseną. Taip sukuriama galimybė išplėsti ir sėkmingai išnaudoti natūralių, ekologiškų pluoštų resursus, juos sėkmingai panaudojant pramoninėje gamyboje, kartu prisidedant prie atsinaujinančių pramoninių resursų naudojimo, puoselėjimo ir išsaugojimo.

Žinoma, kad, siekiant gerai sumaišyti kelis skirtingus komponentus, tikslinga naudoti kočiotinę verpalų verpimo sistemą, o šitaip verpiant labai svarbu parinkti tinkamus komponentus. Vidutinis pluošto ilgis, skersmuo, ilginis tankis, savitoji trūkimo jėga, santykinė trūkimo ištįsa bei kiti pluošto stiprumą nusakantys rodikliai

turi įtakos verpalų iš šių pluoštų savybėms. Kita vertus, pasirinkta verpalų verpimo sistema ir įvairūs jų gamybos technologiniai procesai (pluošto valymas, emulsavimas, karšimas ir verpimas) yra itin svarbūs veiksniai, turintys reikšmingą įtaką verpalų savybėms ir tolimesniam jų naudojimui. Taigi darbe sukurti verpalai yra pagaminti naudojant kočiotinę verpimo sistemą, kuri dažniausiai naudojama perdirbant trumpų plaukelių daugiakomponenčius mišinius.

Įvertinus padidėjusią verpalų, mezginių ar veltinių su šunų plaukais paklausą, ne tik aktualūs, bet ir labai reikšmingi yra tokių tekstilės medžiagų kūrimo, gamybos bei įvairių jų savybių tyrimai.

Darbo tikslas – išanalizavus ir įvertinus pasirinktų avių vilnos ir šunų plaukų pluoštų morfologinius, sandaros bei cheminius ypatumus, geometrinius ir mechaninius rodiklius, ištirti ir įvertinti procentinio šunų plaukų kiekio įtaką tekstilės medžiagų iš jų geometriniams, mechaniniams ir funkcinėms savybėms.

Darbo uždaviniai:

1. Įvairiais metodais ištirti ir tarpusavyje palyginti skirtingų veislių avių vilnos ir šunų plaukų sandaros, geometrinius ir mechaninius rodiklius bei įvertinti galimybes panaudoti juos gaminant kočiotinius verpalus.
2. Įvertinti priklausomybę tarp tirtų pluoštų morfologijos, sandaros, geometrinių ir mechaninių rodiklių.
3. Eksperimentiškai parinkus geriausias pluoštines sudėties ir pagaminus skirtingos procentinės sudėties kočiotinius avių vilnos ir šunų plaukų verpalus, įvertinti priklausomybę tarp tirtų verpalų geometrinių ir mechaninių savybių bei procentinės pluoštinės mišinių sudėties įtaką šioms savybėms.
4. Eksperimentiškai parinkus reikiamą komponentų sudėtį ir pagaminus mežtas bei veltas medžiagas, įvertinti priklausomybę tarp tirtų tekstilės medžiagų struktūros, funkcinių ir šiluminių savybių bei procentinės pluoštinės mišinių sudėties įtaką šioms savybėms.
5. Pateikti tekstilės medžiagų iš avių vilnos ir šunų plaukų naudojimo rekomendacijas.

Darbo mokslinis naujumas ir praktinė reikšmė. Išsami literatūros analizė rodo, kad pasaulyje baltyminių pluoštų tyrimai yra labai aktualūs, jų atliekama daug ir įvairių: pradedant pluoštų morfologijos, cheminių, geometrinių ir mechaninių rodiklių ir baigiant tekstilės medžiagų skirtingų funkcinių (tarp jų vartojamųjų bei šiluminių) savybių tyrimais, lyginamąja analize bei rekomendacijomis gamintojams ir vartotojams.

Tačiau galima konstatuoti faktą, kad šunų plaukų ar iš jų gaminamų verpalų, mezginių, veltinių ir kitų tekstilės medžiagų tyrimų įdirbis bei tyrimų rezultatų sklaida mokslinėje literatūroje yra labai nedideli. Taigi nors pastaruoju metu vartotojai yra ypač susidomėję gaminiiais, kurių sudėtyje yra šunų plaukų, ir nors dauguma jų teigia jaučiantys teigiamą šildomąjį ir gydomąjį šių gaminių poveikį, mokslinių tyrimų šia tema kol kas nėra.

Šioje disertacijoje yra tiriamos ne tik įvairios konkrečių baltyminių pluoštų (Vokietijos juodgalvių ir Romanovų veislių avių vilna bei pudelio, ši cu, bobteilo,

flamandų buvję, anglų, amerikiečių ir rusų spanielių bei Jorkšyro terjero veislių šunų plaukai) savybės, bet ir, iš jų pagaminus bei ištyrus kočiotinių verpalų, mezginių ir veltų tekstilės medžiagų geometrines, mechanines ir funkcines savybes, mokslinių tyrimų metu gautais rezultatais siekiama atsakyti į keletą klausimų: ar šunų plaukai, kaip natūralus baltyminis pluoštas, gali būti naudojamas gaminant verpalus ar mezginius? ar šis pluoštas yra tinkamas veltoms tekstilės medžiagoms gaminti? kaip šunų plaukai keičia (ar nekeičia) įvairias tekstilės medžiagų savybes? kuo panašūs ir kuo skiriasi skirtingų veislių šunų plaukai tarpusavyje ir palyginti su avių vilna? ar iš šunų plaukų pluošto pagaminti tekstiliniai gaminiai pasižymi geresnėmis šiluminėmis savybėmis nei iš avių vilnos?

Šimtai tūkstančių tonų vilnos pluošto kiekvienais metais yra nukerpama ir su-naudojama tekstilės pramonėje visame pasaulyje. Standartiškai vis dar daugiausiai yra naudojama avių vilna, gerokai mažiau – ožkų, kupranugarių, lamų ir kitų gyvūnų vilna bei plaukai. Statistiniai duomenys rodo, kad ir Lietuvoje į avių augintojų asociaciją įstoja vis daugiau naujų narių, avių ūkiai plečiasi, kartu vis daugiau tiekiama avių vilnos pluošto perdirbėjams, tačiau rinka vis dar nėra iki galo užpildyta.

O štai kitos rūšies baltyminis pluoštas – šunų plaukai – kiekvienais metais yra išmetamas, nors galėtų būti panaudojamas gaminant įvairias tekstilės medžiagas. Šiuo metu Lietuvoje yra apie 100 oficialiai registruotų įvairių veterinarijos klinikų ir gyvūnų kirpyklų, kuriose kiekvieną dieną (ypač pavasarį) yra nukerpami ir dažniausiai tiesiog išmetami skirtingų veislių šunų plaukai. Svarbu ir tai, kad šunų plaukų pluoštas, kaip ir avių vilna, yra priskiriamas atsinaujinantiems ištekliams ir kiekvienais metais jo galima gauti gana nemažus kiekius.

Šiame darbe, atlikus plačios apimties lyginamąją net 8 skirtingų šunų veislių plaukų morfologinių, geometrinių, mechaninių ir kitų savybių analizę, įrodoma, kad iki šiol nepakankamai realizuotas baltyminis pluoštas – šunų plaukai – gali būti naudojamas tekstilės medžiagoms gaminti. Gauti rezultatai parodė, kad šunų plaukai nepablogina kočiotinių verpalų stipruminių savybių, todėl gali būti naudojami mišiniuose su avių vilna, dedant jų į mišinį net iki 45 proc. Taip ne tik išplečiamas kočiotinių verpalų asortimentas, bet ir keičiamos jų panaudojimo galimybės. Ištyrus ir įvertinus šunų plaukų pluošto, kočiotinių verpalų ir tekstilės medžiagų su jais geometrines, mechanines ir funkcines savybes, siekiama ne tik panaudoti iki šiol išmetamus šunų plaukų resursus, bet galbūt ir rasti naują nišą natūralumą vertinančių pirkėjų rinkoje. Svarbus ir ekonominis aspektas, nes, naudojant šunų plaukus, kurie šiuo metu paprastai yra išmetami, galima smarkiai sumažinti tokių verpalų savikainą.

Ginamieji disertacijos teiginiai:

1. Skirtingų veislių šunų plaukų morfologija, cheminė sandara bei kristalizacijos laipsnis skiriasi ne tik tarpusavyje, bet ir lyginant juos su avių vilna.
2. Šunų plaukų trūkimo jėga ir santykinė trūkimo ištįsa priklauso ne tik nuo jų skersmens, ilgio ir ilginio tankio, bet ir nuo plaukelių paviršiaus, skerspjuvio bei kanalo tipo. Tirti šunų plaukai pasižymi iki 21 proc. didesnėmis vidutinėmis santykinės trūkimo ištįsos vertėmis nei Vokietijos juodgalvių avių vilnos pluoštas.

3. Šunų plaukai gali būti perdirbami pramoniniu būdu verpiant kočiotine verpimo sistema; gaminant mišriapluoščius verpalus su avių vilna, šunų plaukų ribinis procentinis kiekis mišinyje yra 45 proc.
4. Šunų plaukų procentinio kiekio didinimas mišinyje iki 45 proc. reikšmingos įtakos kočiotinių verpalų iš to mišinio mechaninių rodiklių vertėms, palyginti su verpalais iš 100 proc. Vokietijos juodgalvių avių vilnos pluošto, neturi.
5. Priklausomybės tarp procentinio anglų spanielio, Jorkšyro terjero, ši cu ir pudelio veislės šunų plaukų kiekio mišinyje ir mezginių funkcinių savybių nėra.
6. Veltiniai su šunų plaukais pasižymi geresnėmis šiluminėmis savybėmis nei veltiniai iš 100 proc. Vokietijos juodgalvių avių vilnos.
7. Šunų plaukų, kurie šiuo metu yra nepanaudojamos verplios atliekos, perdirbimas į kočiotinius verpalus bei tekstilės medžiagas leidžia taupyti brangius baltyminius pluoštus ir išplečia tokių gaminių asortimentą.

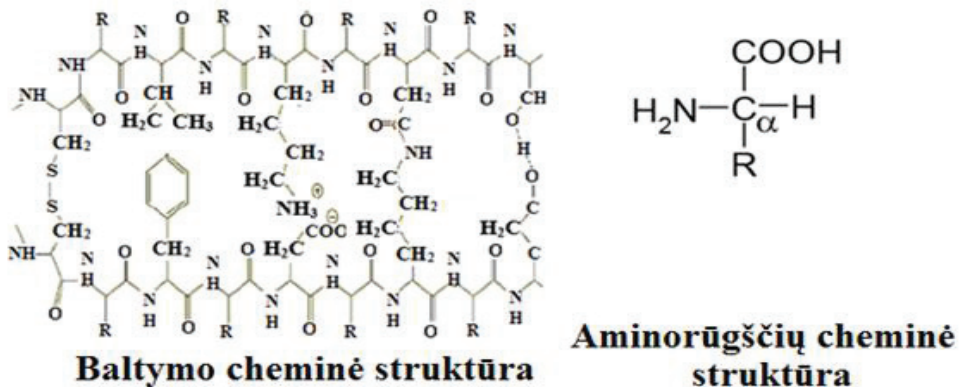
1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1. Baltyminių pluoštų cheminė sandara ir morfologija

Tekstilės pramonėje yra labai plačiai naudojami įvairūs baltyminiai, arba kitaip – gyvulinės kilmės, pluoštai. Nors pats žodis „vilna“ dažniausiai ir asocijuojasi su avimi ir nuo jos nukerpamu pluoštu, tačiau pasaulinėje tekstilės rinkoje, be įvairių veislių avių vilnos, yra naudojama ir kur kas įvairesnių gyvūnų vilna, plaukai ar pūkai: alpakų, ožkų, kupranugarių, įvairių hibridinių veislių gyvūnų, šunų, kačių, triušų ar net žašų (Atav ir Türkmen, 2015; Coates ir Ayerza, 2004; Czaplinski, 2012; Greer, 2003).

1.1.1. Baltyminių pluoštų cheminė sandara

Iš surinktų ir toliau šiame darbe detalai aprašytų duomenų yra žinoma, kad vilnos pluoštas – natūralus baltyminės sandaros junginys, kurio pagrindinė sudaromoji medžiaga – keratinas, taip pat jos sudėtyje yra daugiau nei 20 aminorūgščių. Dėl organinių molekulių sugebėjimo polimerizuotis ir sudaryti biomakromolekules peptidiniais ryšiais (kovalentiniais ryšiais, susidarančiais tarp vienos aminorūgšties karboksi-COOH ir tarp kitos aminorūgšties amino-NH₂ grupės) tarpusavyje sujungtos aminorūgštys (turinčios bent po vieną amino bei karboksi- grupę) sudaro baltymą (Kumar, Nagaraju, Pragasam ir Romgopal, 2013), o pagal šių grupių tarpusavio padėtį baltymo struktūroje aminorūgštys skirstomos yra į α, β, γ ir t. t. 1.1 pav. pateikta baltymo struktūra ir joje vyraujantys cheminiai ryšiai.



1.1 pav. Baltymo (kairėje) ir aminorūgščių (dešinėje) cheminė struktūra (Kumar ir kt., 2013)

Tiktai iš aminorūgščių sudaryti baltymai vadinami pirminiais, tačiau dažniausiai į baltymo sandarą įeina ir įvairios organinės bei neorganinės medžiagos. Mokslininkai Atav ir Türkmen (2015), Czaplinski (2012), Kohara, Kaney ir Nakajima (2001), Manich ir kt. (2005) nustatė, kad cheminėje vilnos pluošto sudėtyje taip pat yra riebalų, kalcio, anglies, deguonies, azoto ir sieros, o tyrimų (King, Millington, 2013; Patkowska-Sokola ir kt., 2009; Phillips, Chiy ir Omed, 2004; Rezić, Zeiner ir Steffan, 2011) metu įrodyta, kad vilnoje gali būti aptinkama metalų (aliuminio, geležies) ir sunkiųjų metalų (alavo, skandžio, bario, nikelio ir kt.) liekanų.

Tyrėjai Tonetti, Vineis, Aluigi ir Tonin (2012) tyrė skirtingus cheminės analizės būdus, leidžiančius išskirti keratiną iš kašmyro ir kupranugario vilnos. Šio tyrimo metu gauti rezultatai rodo, kad, priklausomai nuo naudoto būdo, iš kupranugario vilnos išskiriama 26–75 proc. keratino, o iš Kašmyro vilnos atitinkamai 27–78 proc.

Zimmerman (2011) nagrinėjo merinosų vilnos pluošto morfologijos įtaką aminorūgščių pasiskirstymui plauko paviršiuje ir nustatė, kad vilnos plauko paviršius yra *hidrofilinis* (t. y. drėkstantis nuo vandens) su nedideliais *hidrofobiškais* (t. y. atspariais vandeniui) ploteliais. Šio tyrimo metu taip pat gauta, kad vilnos paviršius nėra homogeninis (t. y. vienalytis), jame aptikta įvairių rūšių rūgščių sankaupų: karboksirūgščių grupės vienodai pasiskirsčiusios plauko paviršiuje, o aminorūgščių sankaupos labiau koncentruotos ties žvynelių kraštais.

Skenuojamosios elektroninės mikroskopijos ir energijos dispersinės rentgenospektrinės (SEM/EDX) analizės metodu tirtą avių ir suri bei huacaya alpų pluoštų cheminę sudėtį plačiai aprašė mokslininkai Atav ir Türkmen (2015). Tyrimo metu gauti rezultatai rodo, kad didžiausios sankaupos ant plauko paviršiaus yra iš anglies, azoto, deguonies ir sieros cheminių elementų. Nustatyta, kad suri alpakos pluošte yra didžiausias anglies (masė 76,03 proc.) ir sieros (masė 5,41 proc.) kiekis, o mažiausias tarp visų tirtų pluoštų – azoto (masė 4,62 proc.) kiekis.

Vilnos pluošto cheminis apdorojimas turi įtakos ne tik plauko paviršiaus struktūrai, bet ir cheminei sudėčiai – būtent taip teigia tyrėjai Kan, Chan ir Yeun (1998), kurie analizavo vilnos pluošto cheminę sudėtį prieš ir po 3 ir 5 min. apdorojimo deguonies (PO), azoto (PN) ir 25 proc. PO/75 proc. PN santykiu maišyta (PM) plazmomis. *Rentgeno fotoelektroninės spektroskopijos* (XPS) metodu gauti rezultatai (1.1 lentelė) rodo, kad po apdorojimo skirtingomis plazmomis anglies kiekis vilnos cheminėje sudėtyje sumažėja 8–12 proc., o deguonies kiekis 28–33 proc. padidėja, palyginti su plazmomis neapdorotu pluoštu. Ryškių azoto ir sieros kiekio pokyčių vilnos cheminėje sudėtyje prieš ir po apdorojimo nenustatyta.

1.1 lentelė. Plazmomis neapdoroto ir apdoroto vilnos pluošto cheminė sudėtis (Kan ir kt., 1998)

	C _{1s}	N _{1s}	O _{1s}	S _{2p}
Neapdorota vilna	74,72	8,78	13,55	2,58
PO plazma	65,61	8,88	20,16	2,26
PN plazma	68,31	10,19	18,86	2,23
PM plazma	68,67	9,34	18,82	2,14

Mokslininkai Kadam, Goud ir Shakyawar (2013) nustatė, kad vilnos pluošto apdorojimas ultragarsu neturi jokio poveikio šio pluošto cheminei sudėčiai.

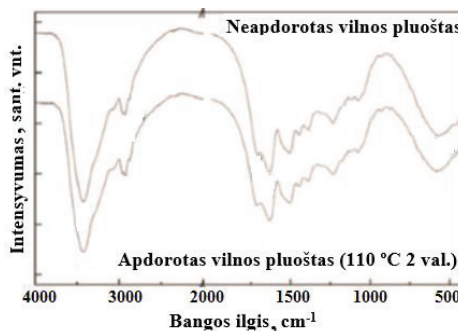
Natūralus vilnos pluoštas pasižymi blyškia gelsva spalva, tačiau geltonumo indekso vertę gali nulemti hidroterminis pluošto apdorojimas, cheminė vilnos pluošto sudėtis ar geometriniai pluošto rodikliai. Treigienė (2010) nagrinėjo, kaip kinta drėgnos merinosų vilnos spalva ją apdorojant žema (85 °C) ir aukšta (165 °C) temperatūra. Gauti rezultatai rodo, kad hidroterminis merinosų vilnos pluošto apdorojimas teigiamai veikia geltonumo indeksą: drėgną pluoštą paveikus 85 °C šiluma, vilnos geltonumo indeksas padidėja 1,88–3,2 proc., palyginti su pradine pluošto spalva. Zhang, Sun ir Zhang (2014) hidroterminio apdorojimo įtaką merinosų vilnos

spalvai jau tyrinėjo šiek tiek mažesniu temperatūros intervalu (100–130 °C) ir nustatė, kad po 2 val. apdorojimo 110 °C šiluma merinosų vilnos pluošto geltonumo indeksas nuo 16,6 padidėja iki 30,1, o baltumo indeksas atitinkamai sumažėja nuo 0,38 iki 0,01.

King ir Millington (2013) nustatė, kad, priešingai nei varis ir geležis, tam tikras kalcio ir magnio kiekis vilnos pluošto cheminėje sandaroje tiesiogiai veikia vilnos pluošto geltonumo indeksą. Anot autorių, tokį rezultatą lemia ant vilnos pluošto paviršiaus esanti *Pseudomonas* bakterija, kuri iš kalcio ir magnio dalelių ant vilnos plauko paviršiaus suformuoja savitą intensyviai geltoną dangą, dėl to vilnos geltonumo indeksas didėja.

Be to, tirta ir priklausomybė tarp vilnos pluošto spalvos ir pluošto skersmens (Fleet, Millington, Smith ir Grimson, 2009). Nustatyta, kad, didėjant vilnos pluošto skersmeniui, palaipsniui didėjančia tvarka keičiasi ir pluošto geltonumo indeksas. Suprantama, kad šią priklausomybę, be pluošto skersmens, gali lemti daugelis papildomų veiksnių: pluošto optinės savybės, pluošto struktūra ir sudėtis, pluošto ilginis tankis, folikulo tipas, vaško ar dažų sudėtis ir t. t.

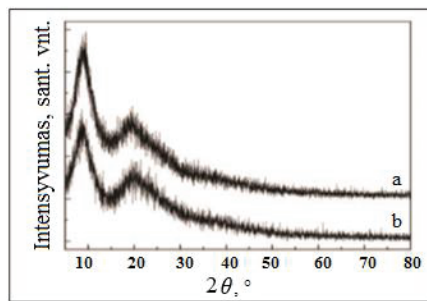
Spektrinė analizė – tai tyrimo metodas, kai pagal medžiagos spektrą yra nustatoma tos medžiagos cheminė sudėtis. Dauguma baltymus sudarančių aminorūgščių yra optiškai aktyvios, todėl suka poliarizuotos šviesos plokštumą. Tačiau nė viena iš šių baltymų įeinančių aminorūgščių nesugeria šviesos matomų bangų srityje. Išanalizavus literatūrą pastebėta, kad dažniausiai naudojami spektrinės analizės būdai yra *Furjė infraraudonųjų spindulių spektroskopija* (FTIR) ir *rentgeno struktūrinė analizė* (XRD). Naudodami FTIR ir XRD analizes, mokslininkai Niu ir kt. (2012) nagrinėjo trijų rūšių (1) neapdorotą, 2) apdorotą ultravioletiniais spinduliais, 3) padengtą silicio dioksido, papildomai įkrautą sidabro jonais, danga) vilnos pluošto cheminę struktūrą ir kristališkumą (t. y. polimero kristalinės būsenos) laipsnį ir nustatė, kad apdorojimas ultravioletiniais spinduliais ir antibakterinės dangos užnešimas turi įtakos procentiniam sieros kiekiui vilnos pluošte. Apskaičiuota, kad mažiausia kristališkumo laipsnio vertė (50,56 proc.) pasižymėjo ultravioletiniais spinduliais apdorotas vilnos pluoštas, o didžiausia šio rodiklio vertė (53,45 proc.) – antibakterine danga padengtas pluoštas. Zhang ir kt. (2014) nagrinėjo neapdorotą ir 2 val. 110 °C šiluma hidrotermiškai apdorotą merinosų vilnos pluoštą ir tyrė skirtumą tarp šių pluoštų FTIR (1.2 pav.) ir XRD (1.3 pav.) spektrų.



1.2 pav. Neapdorotos ir apdorotos merinosų vilnos FTIR spektrai (Zhang ir kt., 2014)

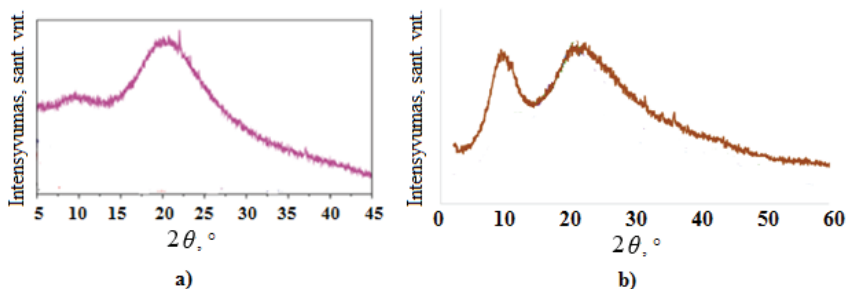
Kaip matyti iš FTIR spektro (1.2 pav.), po hidroterminio apdorojimo merinosų vilnos pluošte N–H grupei priskirtos smailės pasislinko trumpesnių bangų kryptimi nuo 3430 cm^{-1} iki 3425 cm^{-1} . Zhang ir kt. (2014) teigimu, tai susiję su padidėjusiu vandens molekulių absorbuavimu hidroterminio proceso metu. Po vilnos pluošto hidroterminio apdorojimo CH_2 grupių asimetriniams ir CH_3 grupių simetriniams virpesiams priskiriamos difrakcinės smailės ties 2932 cm^{-1} ir 2877 cm^{-1} atitinkamai pasilenka trumpesnių bangų kryptimi link 2927 cm^{-1} ir 2875 cm^{-1} , o N–H deformacijos smailės ties 568 cm^{-1} ir C–O valentinių virpesių smailės ties 1126 cm^{-1} persistumia ilgesnių bangų kryptimi link 588 cm^{-1} ir 1129 cm^{-1} . Nustatyta, kad, merinosų vilną apdorojus hidrotermiškai, joje esančios C=O grupei priskiriamos difrakcinės smailės šiek tiek persistumia nuo 1636 cm^{-1} iki 1634 cm^{-1} , o disulfido jungtį atitinkanti smailė, buvusi ties bangos ilgiu 526 cm^{-1} , visiškai išnyksta.

Iš rentgenogramoje pateiktų kreivių (1.3 pav.) matyti, kad neapdoroto ir hidrotermiškai apdoroto merinosų vilnos pluošto difrakcijos smailės sutampa su baltyminiams pluoštui būdingomis smailėmis ties $2\theta = 9^\circ$ ir 20° . Apdoroto vilnos pluošto kristalizacijos laipsnio sumažėjimą nuo 63,7 proc. iki 61,5 proc. ir pluošto orientacijos laipsnio ryškų kritimą nuo 69,3 proc. iki 45,8 proc. Zhang ir kt. (2014) aiškina pluošto apdorojimu karštu vandeniu, kuris suardo tinklinius ryšius tarp cheminių grupių, esančių tiek amorfinėse, tiek kristalinėse vilnos srityse.



1.3 pav. Neapdorotos (a) ir apdorotos (b) merinosų vilnos XRD spektrai (Zhang ir kt., 2014)

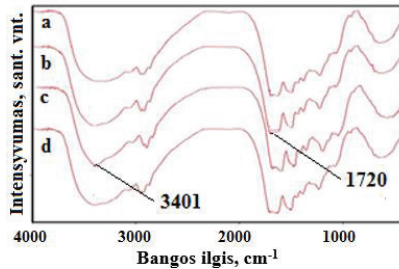
Nors baltyminiai pluoštai pasižymi tiek amorfine, tiek kristaline struktūra, tačiau šių organinių junginių XRD kreivės (1.4 pav.) ne visada turi aiškiai išreikštas smailės, kaip neorganiniuose junginiuose.



1.4 pav. XRD kreivės: a) keratino miltelių (Li ir Yang, 2014), b) vilnos pluošto (Tran ir Mututuvari, 2016)

Mokslininkai Li ir Yang (2014) nustatė, kad tyrimo metu tirtų keratino miltelių XRD kreivės (1.4 pav., a) turi difrakcinius maksimumus ties $2\theta = 9,5^\circ$ ir ties $2\theta = 20,5^\circ$, vadinasi, ir antrinę baltymo β klostytą struktūrą. Kito tyrimo metu nustatyta, kad vilnos pluošto XRD kreivės (1.4 pav., b) taip pat turi difrakcinius maksimumus ties $2\theta = 9^\circ$ ir ties $2\theta = 20^\circ$, o tai atitinkamai rodo α spiralės ir β klostytos struktūros buvimą antrinėje baltymo struktūroje (Tran ir Mututuvari, 2016).

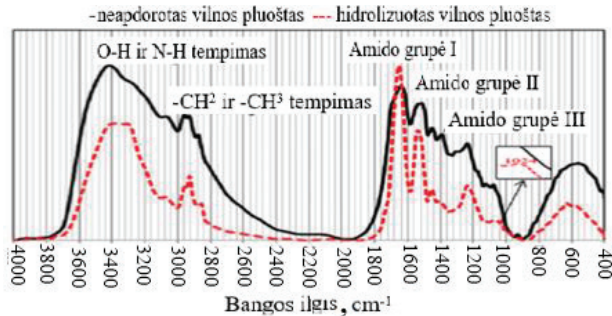
Daugelyje šaltinių tiriamas ir apdorojimo skirtingomis plazmomis poveikis vilnos pluoštui. Mokslininkas Shahidi (2007) taikė FTIR metodą (1.5 pav.), ieškodamas skirtumų tarp 7 min. žemos temperatūros plazmomis (a) argono dujomis ant katodo, b) deguonies dujomis ant katodo, c) deguonies dujomis ant anodo, d) azoto dujomis ant anodo) apdoroto ir neapdoroto vilnos pluošto. Iš 1.5 pav. pateiktų FTIR kreivių matyti, kad, vilnos pluoštą apdorojus deguonies dujomis ant katodo (1.5 pav. kreivę b), absorbcijos smailėje CO_2 grupei priskiriamas pikas šiek tiek padidėja iki 1720 cm^{-1} , o, pluoštą paveikus azoto dujomis (1.5 pav. kreivę d), N–H grupei priskiriamas absorbcijos smailės pikas padidėja iki 3400 cm^{-1} .



1.5 pav. Neapdoroto ir plazmomis apdoroto vilnos pluošto FTIR spektrai (Shahidi, 2007)

Neapdorotos ir hidrolizės būdu apdorotos Naujosios Zelandijos avių vilnos cheminės sudėties analizę FTIR metodu atliko tyrėjai Eslahi, Dadashian ir Nejad (2013). Šiame darbe redukuojantis agentas buvo naudojamas suskaldyti vilnos pluošto cheminėje sudėtyje esančias disulfitines grupes, o proteazės metu pluošte esantys baltymai buvo suskaidyti į mažesnes polipeptidines gardeles.

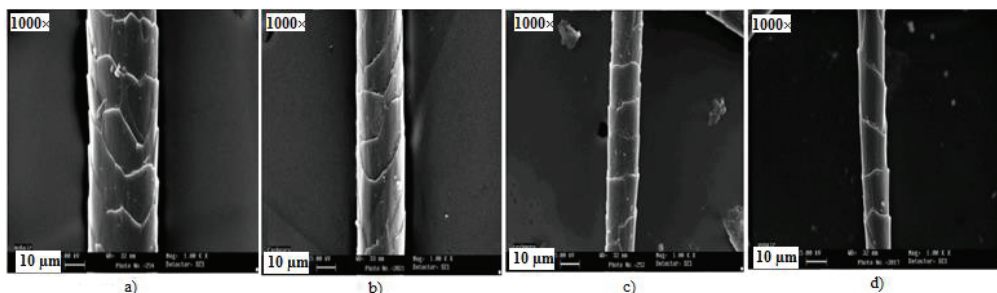
Tyrimo metu gauti FTIR spektrai (1.6 pav.) rodo, kad akivaizdžių pokyčių cheminėje vilnos struktūroje po pluošto apdorojimo fermentais neįvyksta.



1.6 pav. Neapdoroto ir hidrolizuoto vilnos pluošto FTIR spektrai (Eslahi ir kt., 2013)

1.1.2. Baltyminių pluoštų morfologijos tyrimai

Žinoma, kad pagrindinis vilnos pluošto paviršiaus unikalumas yra žvyneliai (Baba, Nagasawa, 2001; Kan, Yuen, Chan ir Lan, 2007; Manich ir kt., 2005). Anot Varley (2006), Zhang, Palmer ir Wang (2010), vilnos plaukelio žvyneliai, jų kampas, aukštis, skaičius ir išsidėstymas plauko paviršiuje sukuria unikalią, savitą šio pluošto struktūrą, kuri vėliau nulemia ir pluošto elgseną įvairių technologinių procesų metu. Mokslininkai Vineis, Aluigi ir Tonin (2008) nustatė, kad skirtingų rūšių ožkų (angoros, kašgoros, kašmyro, yangiro) pluoštai pasižymi ne tik skirtingomis vidutinio skersmens (25,2 μm , 20,8 μm , 13,9 μm ir 13,6 μm) vertėmis, bet ir paviršiaus struktūra: žvynelių ilgiu, aukščiu, orientacija ir pasiskirstymo dažniu plauko paviršiuje (1.7 pav.). Šio tyrimo metu apskaičiuota (1.7 pav.), kad moherio plauko žvynelių ilgis yra 18–22 μm , žvynelių skaičius per 100 μm plauko ilgį – 5, o žvynelių aukštis apie 0,6 μm . Tai pat nustatyta, kad kašmyro ir yangiro ožkų plauko paviršiaus struktūros rodikliai yra atitinkamai: per 100 μm kašmyro plauko ilgį yra 6–7 žvyneliai, o žvynelių aukštis – 0,5 μm ; yangiro ožkų plaukuose yra nuo 5–6 iki 18–20 žvynelių, o jų aukštis yra didžiausias tarp visų tirtų – 0,8 μm .

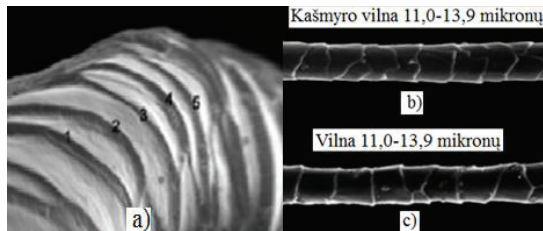


1.7 pav. Vilnos pluoštų SEM nuotraukos: a) angoros, b) kašgoros, c) kašmyro ir d) yangiro ožkų (Vineis ir kt., 2008)

Mokslininkai Liu ir Wang (2007), konstatuodami faktą, kad alpakos, avių ir kašmyro pluoštų skersmuo ir ilgis turi didžiausią įtaką jų susivėlimui (plaukelių sukibimui tarpusavyje), kartu pažymi, kad šis procesas labai priklauso ir nuo žvynelių aukščio bei dažnio plauko paviršiuje.

Vilnos pluošto morfologija gali būti tiriama įvairiais metodais, tačiau išanalizavus literatūrą matyti, kad dažniausiai pluoštų paviršiuje esančių žvynelių aukštis ar žvynelių pasiskirstymo dažnis per plauko ilgį analizuojamas naudojant *skenuojamąją elektroninę mikroskopą* (SEM) (Varley, 2006; Zhang, Palmer ir Wang, 2010). Šiuo būdu galima ne tik labai tiksliai nuskenuoti ir atkurti vilnos paviršius reljefiškumą, plaukelį dengiančius žvynelius ar išmatuoti žvynelių aukštį, tačiau ir rezultatus nuotraukose pateikti ne tik 2D, bet ir 3D formatu (Bahi ir kt., 2007). Kaip matyti iš SEM nuotraukų (1.8 pav., a), nors vidutinis kašmyro ir merinosų vilnos skersmuo yra panašus (15–17 μm), tačiau vidutinis žvynelių aukštis skiriasi net 23,9 proc. (kašmyro vilnos vidutinis žvynelių aukštis 563 nm, merinosų – 740 nm). Šiuo atveju vilnos pluošto paviršiuje esančių žvynelių aukštis priklauso ne nuo plaukelio skersmens, bet nuo vilnos rūšies. Analogiškas išvadas konstatavo ir mokslininkai (Atav, Türk-

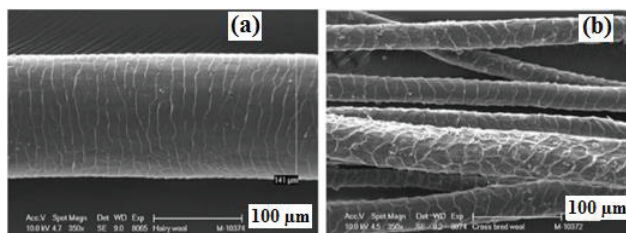
men, 2015). Anot jų, suri ir huacaya alpakų pluoštas pasižymi itin panašiomis vidutinio skersmens vertėmis (25–26,5 μm), tačiau jų žvynelių aukštis svyruoja 0,51–0,62 μm , o žvynelių dažnis per plauko ilgį kinta net nuo 6,65 vnt/100 μm iki 9,08 vnt/100 μm plauko. Liu ir Wang (2007) įrodė, kad nors alpakos pluošto vidutinis skersmuo (40,08 μm) yra 2,5 karto didesnis nei avių vilnos (16,04 μm), tačiau žvynelių aukštis yra beveik tris kartus mažesnis nei avių vilnos ir siekia 374,59 nm. Taigi storesnio plaukelio paviršiuje nebūtinai yra aukštesni žvyneliai. Lemiamą vaidmenį čia atlieka būtent gyvūno veislė, labai svarbi ir kitam morfologiją nusakančiam rodikliui – žvynelių pasiskirstymo dažniui per plauko ilgį.



1.8 pav. a) Vilnos pluošto paviršiuje esančių žvynelių (SEM) nuotraukos (Varley, 2006), b) kašmyro ir c) merinosų vilnos pluošto paviršius (SEM) (Zhang, Palmer ir Wang, 2010)

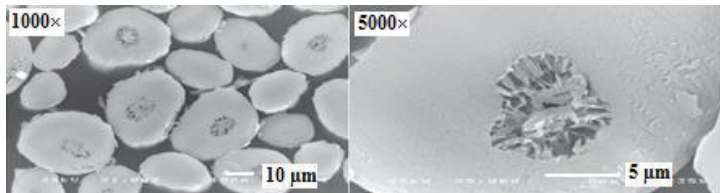
Nustatyta, kad žvynelių ant kašmyro vilnos plauko yra daugiau nei ant tokio paties skersmens merinosų vilnos plauko (1.8 pav., b ir c) (Zhang ir kt., 2010), o, mokslininkų Liu ir Wang (2007) teigimu, alpakos pluoštas pasižymi didesniu žvynelių dažniu per 100 μm plauko ilgį (10,58), palyginti su šiuo avių vilnos rodikliu (7,6). Su tokiomis išvadomis sutinka ir mokslininkai Li, Hurren ir Wang (2005) bei Wang, Wang, Liu ir Wang (2004), jie, atlikę avių ir alpakų pluoštų palyginamuosius tyrimus, nustatė, kad žvyneliai ant alpakos plaukelių yra tankiau išsidėstę nei ant vilnos plauko paviršiaus, kampas tarp žvynelio ir alpakos plauko paviršiaus yra nuožulnesnis, todėl šių alpakų plaukelių paviršius yra lygesnis, o kartu švelnesnis ir minkštesnis nei avių vilnos.

Storos ir pusplonės Kartanaka regione gyvenančių avių vilnos morfologiją (1.9 pav.) tyrinėjo Indijos mokslininkai Raja ir kt. (2013). Tyrimų metu išmatuotas vidutinis abiejų vilnų skersmuo ir ilgis buvo atitinkamai: 60,39 μm ir 5,15 cm bei 27,03 μm ir 4,19 cm. Nors pluoštų ilgis ir yra panašus, tačiau skersmuo skiriasi beveik 2 kartus. Anot autorių, šis veiksnys turi įtakos ir žvynelių aukščiui: nustatyta, kad vidutinis storos vilnos žvynelių aukštis yra 0,1 μm , pusplonės vilnos – 1,0 μm .



1.9 pav. a) storos ir b) pusplonės avių vilnos paviršiaus SEM (350 \times) nuotraukos (Raja ir kt., 2013)

Czaplinski (2012) nustatė, kad alpakos vilnos plaukelių skerspjūvis (1.10 pav.) yra įvairios (apskritimo, ovalo, netaisyklingos) formos. Australijos tyrėjai Wang, Mahar, Liu ir Wang (2007) taip pat padarė išvadą, kad merinosų vilnos plauko skerspjūvis dažniau buvo elipsės negu apskritimo formos. Czaplinski (2012) alpakos vilnos skerspjūvio centre aptiko porėtos struktūros netaisyklingos formos kanalus (1.10 pav.). Autoriaus teigimu, alpakos vilnos plauko skerspjūvyje esančiame kanale šiluma yra sulaikoma ilgiau, todėl toks pluoštas gali pasižymėti geresnėmis termozoliacinėmis savybėmis.



1.10 pav. Alpakos pluošto skerspjūvio nuotraukos (Czaplinski, 2012)

Mokslininkai Vineis, Aluigi ir Tonin (2011) tyrinėjo įvairių rūšių grynaveislių ir hibridinių gyvūnų vilną ir angoros triušio pūkų skerspjūvyje aptiko kanalą. Jų kolegos Broeck, Mortier ir Simoens (2001), nagrinėdami laukinių Naujosios Zelandijos baltųjų ir angoros triušių pūkų paviršių ir skerspjūvį, nustatė, kad laukinių triušių plauko viduje taip pat yra kanalas. Anot autorių, gyvūnas taip prisitaiko prie atšiauresnių sąlygų laukinėje gamtoje. Štai mokslininkų Shakyawar ir kt. (2013) teigimu, ypač plono (9–20 μm), švelnaus ir minkšto kašmyro pluošto skerspjūvyje kanalo visai nėra.

Įrodyta, kad ne tik pats kanalas, bet ir kanalo išsidėstymo dažnis pluošte yra svarbus sandaros rodiklis. Pasak Herrmann, Wortmann ir Wortmann (1996) gaminiai iš angoros triušių pūkų išsiskiria ne tik plonumu, minkštumu, bet ir puikiomis terminėmis savybėmis, nes net 99,9 proc. Prancūzijos angoros triušių plaukelių skerspjūvyje yra kanalas, o Kinijos ir Vokietijos triušių pūkuose kanalo dažnis yra mažesnis, atitinkamai 90,5 proc. ir 96,8 proc. Šio tyrimo metu gauta, kad, didėjant vidutiniam plauko skersmeniui, vidutinis kanalo skersmuo taip pat didėja. Mokslininkai Gupta, Shakyawar ir Sinha (1998) išmatavo, kad Bharato ir Kekri-Chokla merinosų pluoštų mišinio vidutinis skersmuo tiesiogiai susijęs su kanalo dažniu: didėjant vidutiniam skersmeniui, didėja ir kanalo dažnumas pluošte.

Remiantis atliktais tyrimais galima pastebėti, kad net ir panašaus skersmens bei ilgio plaukelių skerspjūvyje nebūtinai turi būti panašus kanalo dažnis – tai irgi priklauso nuo vilnos rūšies. Štai Raja, Shakyawar ir Parthasrathy (2008) aprašytos Koimbatore avių vilnos pluošto skersmuo siekia 45,8 μm, ilgis yra 5,5 cm, o kanalo dažnis 47,4 proc., tačiau kitų mokslininkų tirtoje (Tariq ir kt., 2013) labai panašaus skersmens (41,62±4,57 μm) ir ilgio (6,25±1,12 cm) Mengali veislės avių vilnoje kanalas randamas tik 11,2±3,2 proc. dažniu.

Pagal tai, kokį plotą kanalas užima plaukelyje, plaukai gali būti priskiriami vienai ar kitai grupei. Mokslininkas C. J. Lupton šerdiniams plaukeliams priskiria vilnos plaukus, kurių viduje esančio kanalo plotas užima mažiau nei 60 proc. plauko

dalies, o korėtiems – kai kanalo plotas užima didesnę nei 60 proc. plauko dalį (Berger, Lupton, 1994; Lupton, Pfeiffer, 1998).

Įvertinus Berger ir Lupton (1994) gautus rezultatus pastebima, kad nors Fill/Targhee (FT) ir Romanovų/Targhee mišrūnių (RT) avių vilnos pluoštai pasižymi panašiu vidutiniu skersmeniu (apie 26 μm) ir ilgiu (apie 10 cm), tačiau RT veislės avių vilnos pluošte net 5–7 kartus daugiau randama korėtų ir šerdinių plaukelių nei FT pluošte. Ištyrę Kari avių veislės pluoštą, mokslininkai Ahmad, Khan ir Khan (2010) nustatė, kad vidutinis jų skersmuo svyruoja 23,1–23,3 μm , o procentinis plaukų su kanalu skerspjūvyje dažnis pluošte priklauso nuo gyvūno lyties: 6,9 proc. plaukų rasta patelių vilnos pluošte, o patinų – 5,5 proc. Sharma ir Pant (2013a) teigimu, Bikaneri veislės kupranugarių pluošte esančio kanalo dažnis susijęs su gyvūno amžiumi: jauniklių pluošte nustatytas kanalo dažnis 25,99 proc., o suaugusių kupranugarių pluošte kanalas aptinkamas jau beveik 2 kartus rečiau – 13,33 proc. Tuniso kupranugarių pluošte taip pat yra plaukelių su kanalais ir be jų (Kuźnicka, Groundkowska, 2013). Šio tyrimo metu nustatyta, kad 78,38 proc. visų tirtų plaukų turi ištisinį kanalą per plauko ilgį, 16,91 proc. plaukų yra su fragmentiškai pasitinkančiu kanalu ir tik 4,71 proc. kupranugario plaukų kanalo skerspjūvyje neturi.

Nustatyti kanalo dažnį pluošte ir kanalo užimamą plotą plauko skerspjūvyje galima įvairiais būdais. Tam plačiai naudojamas ne tik SEM, bet ir *optinis mikroskopas* (OM) ar *optinis pluoštų skersmens matuoklis* (OFDA). Tarpusavyje lygindami šiais metodais gautus rezultatus, mokslininkai Lupton ir Pfeiffer (1998) nustatė, kad OM metodu rasta net iki 52 proc. daugiau šerdinio ir korėto tipo plaukelių tiek vilnos, tiek moherio pluošte, todėl autoriai konstatuoja faktą, kad šis metodas tokiems tyrimams atlikti yra tinkamesnis nei OFDA.

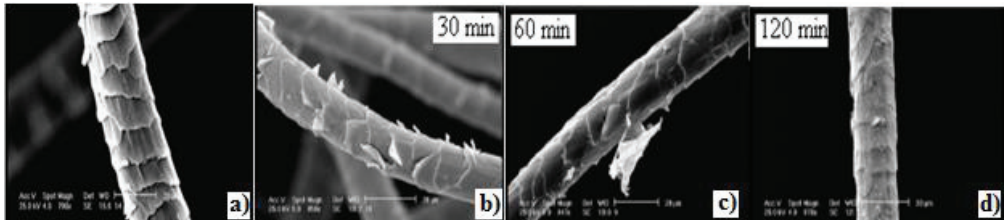
1.1.3. Skirtingo apdorojimo poveikis baltyminiams pluoštams

Anot Goudarzi, Sephehrizadeh, Yazdi ir Jamshidiha (2008) bei Atav ir Yurdakul (2011), žvyneliai lyg skydas apsaugo vilnos plauko vidų nuo cheminių (dažymo) ir mechaninių (valymo, kedenimo, karšimo ir t. t.) poveikių. Neteisingai parinkus vilnos pluošto apdirbimo technologinę eigą ar jos parametrus, plaukelio paviršiuje gali susiformuoti įtrūkimų ir plyšių, o žvyneliai ne tik pašiaušiami, bet ir visai išnyksta. Taigi įvairūs biologinių ir cheminių veiksnių sukelti morfologiniai baltyminių pluoštų paviršiaus pokyčiai gali turėti įtakos dažymo procesui ir tolimesniems cheminiams apdorojimo procesams (Atav, Yurdakul, 2011; Kan, 2007). Šiuolaikinė tekstilės pramonė ieško inovatyvių sprendimų, galinčių ne tik technologiškai palengvinti įvairių pluoštų apdirbimą, bet ir leidžiančių sukurti draugiškus aplinkai pluoštų apdailos būdus (Atav, Yurdakul, 2011; Kan, 2007), pvz., apdailos metu vietoje sintetinių dažų naudoti natūralius (Kamel, Abdelghaffar ir El-Zawahry, 2011).

Atav ir Yurdakul (2011) įrodė, kad baltyminius pluoštus dengiantys žvyneliai apsaugo vilnos plaukelius nuo dažų įsiskverbimo, todėl šis procesas tampa labai imlus laikui, o kartu ir suvartoja daug energijos bei žemiškųjų išteklių. Autoriai nustatė, kad, 31,47 μm skersmens moherio pluoštą apdorojus deguonies, azoto ir argono plazmomis, pluošto dažymas gali būti atliktas per trumpesnę laiką (nuo 1 val. iki 1 val. 30 min.) ir žemesnėje temperatūroje (90 °C) nei įprasta. Be to, nudažyto pluošto

atspalvis nenukenčia ir išlieka vienodai intensyvus tiek plazmomis apdoroto, tiek neapdoroto pluošto. Tačiau tyrimo metu padarytos SEM nuotraukos rodo, kad plazma suardo moherio pluošto žvynelius, todėl dažai greičiau ir geriau išsiskverbia į patį vilnos plauką. Kaip alternatyvą, siekiant geresnio padengimo dažais, bet nepažeidžiant vilnos plaukelių, mokslininkai Kamel ir kt. (2011) siūlo naudoti natūralius ir ekologiškus dažus, kurie per ilgesnį laiką vilnos plauko paviršių padengia taip pat gerai, kaip ir sintetiniai. Tačiau šis ekologiškas procesas nėra ekonomiškas, todėl masinėje vilnos dažymo pramonėje vis dar yra sunkiai pritaikomas.

Mokslininkai Goudarzi ir kt. (2008) nustatė, kad *proteolitiniai* (t. y. baltymą iki aminorūgščių skaldantys) fermentai suardo merinosų vilnos plaukelių paviršiuje esančius žvynelius (1.11 pav.).



1.11 pav. Neapdoroto (a) ir skirtinga laiko trukme apdoroto (b, c, d) merinosų vilnos pluošto SEM (790×) nuotraukos (mastelis 20 μm) (Goudarzi ir kt., 2008)

Pepsino fermentu neapdoroto plaukelio paviršiuje esantys žvynelių kraštai yra vienodi, jų kampas ir pasiskirstymas paviršiuje yra panašūs. Po apdorojimo (30 min.) plaukelių žvyneliai tampa pasišiaušę, jų kraštai pakeičia formą, o, apdorojimo laiką pailginus iki 60 min., žvyneliai ima lūžinėti ir kristi nuo plaukelio paviršiaus, kol jų beveik nelieka (120 min). Taigi, pluoštą apdorojant fermentais, žvyneliai yra labai stipriai pažeidžiami ir netgi visai pašalinami nuo plauko paviršiaus (Goudarzi ir kt., 2008).

Kan (2007) bei Kan ir Yuen (2009) teigimu, žemos temperatūros nesipolimerizuojančių plazmų dujos neigiamai veikia vilnos pluoštą dengiančius žvynelius. Išanalizavę 1 min., 30 min. ir 60 min. trukmės apdorojimo 100 proc. deguonies, 100 proc. azoto ir 25 proc. vandenilio / 75 proc. azoto plazmomis poveikį vilnos pluoštui, šie mokslininkai nustatė, kad po 30 min. apdorojimo plazmomis ant žvynelių padaugėja įtrūkimų ir plyšių, o žvynelių paviršius tampa lyg nugludintas. Po 60 min. apdorojimo plazmomis žvynelių struktūra ant vilnos plauko stipriai pakinta, o žvynelių aukštis ir kampas sumažėja. Po 60 min. apdorojimo 25 proc. vandenilio / 75 proc. azoto plazma žvynelių ant vilnos plauko paviršiaus praktiškai nebelieka.

O rusų mokslininkas Хазанов (2002) pažymi, kad vilnos plaukelio paviršius yra tarsi specifinė mikroflora, kuri išskiria tam tikrą *fermentą tripsiną*. Jo teigimu, šis fermentas su plauko pagrindu – keratino baltymu – sudaro peptidinius ryšius ir, esant pH 8,5, palengva ardo plaukelio struktūrą. Šis mokslininkas tyrė, kaip įvairių chrominių dažiklių naudojimas veikia vilnos pluošto atsparumą grybeliams, o jo kolegos Уруджев, Демирова ir Бабаева (2004) nustatė, kad, taikant terminį vilnos apdorojimą (didinant temperatūrą nuo 170 °C iki 230 °C), pasikeičia polimero keratino fazė, t. y. iš kietos pereina į skystą.

Apibendrinant galima teigti, kad cheminis vilnos pluošto apdorojimas turi neigiamos įtakos plauko paviršiuje esančių žvynelių struktūrai, tačiau apdorojimas ultravioletiniais spinduliais šiam išskirtiniam vilnos plauko sandaros elementui jokio poveikio neturi, taip pat ir baltyminių pluoštų cheminei sudėčiai (1.1.1. skyrelį).

Būtina pastebėti, kad, be cheminio apdorojimo, baltyminiai pluoštai įvairiuose technologiniuose etapuose yra apdorojami ir mechaniškai. Valant vilnos pluoštą, ne tik pašalinamos augalinės priemaišos, bet ir sumažinamas verpalų trūkumas verpiant, padidėja jų trūkimo jėga ir verptuvų našumas. Vadinasi, pluošto valymo būdas ir eiga gali nulemti ir tam tikras pusverpalio savybes.

Black ir kt. (2001) atliko labai plačius ir reikšmingus tyrimus, analizuodami priklausomybę tarp skirtingų merinosų vilnos valymo būdų ir iš tos vilnos pagamintų pusverpalių cheminio imlumo. Merinosų vilna valyta keturiais skirtingais būdais – tai tradicinis valymas, Siro valymas, valymas žemoje temperatūroje I (ŽT I) ir II (ŽT II). Valytos vilnos ir pusverpalių bandiniai buvo *ekstrahuoti* (lot. *extrahere* — ištraukti, pašalinti) dichlormetane, išskalauti ir išdžiovinti, taip pašalinant vaško, augalinių ląstelių ir teršalų liekanas. Po to 30 min. pusverpaliai buvo apdorojami 0,1 M KOH (kalio šarmu) ir išskalauti distiliuotu vandeniu bei pakartotinai ekstrahuoti tirpikliu. Black ir kt. (2001) nustatė, kad tirpikliu ir skirtingais būdais vandeniu valytuose vilnos pluoštuose procentinė atominė sudėtis skiriasi: anglis 0,5÷3 proc.; deguonis 6÷21 proc.; azotas 1,5÷4,5 proc.; siera 6÷20 proc. Autoriai taip pat nustatė, kad šukavimo technologinės operacijos metu yra pašalinami valymo tirpikliu pažeisti plaukelių galai, todėl tirtuose pusverpaliuose nustatytas mažesnis oksiduotos sieros skirtumas. Taigi, pusverpalį apdorojus mechaniškai, sumažinamas natūralus plaukelių membranos paviršiaus atsparumas, kartu padidinamas cheminis poveikis jiems. Vadinasi, cheminėmis medžiagomis yra lengviau apdoroti pusverpalį nei pluoštą.

Remiantis Botha ir Hunter (2007) gautais rezultatais galima teigti, kad savitas vilnos plaukelio paviršius taip pat gali turėti svarbią įtaką verpimo proceso eigai, verpalų vienodumo ir tūsumo savybėms. Anot jų, vilnos plaukeliai, kurių skersmuo didesnis nei 30 μm, vadinami šiurkštaus paviršiaus, ir būtent jie lemia vilnos dygumą. Rekomenduojama, kad tokių plaukelių klasikiniuose verpaluose turėtų būti iki 5 proc. Tyrimo metu nustatė stiprią priklausomybę ($R^2 = 0,98$) tarp vilnos plaukelių skersmens ir šiurkštaus paviršiaus, mokslininkai Botha ir Hunter (2007) siūlo naudoti rodiklį CE_R , kuris santykinai parodo santykį tarp šiurkštaus paviršiaus plaukelių skaičiaus ir vidutinių plaukelių skaičiaus pluošte.

Apibendrinimas. Remiantis šiame etape atlikta literatūros analize pastebėta, kad vilnos pluošto cheminė sudėtis gali priklausyti ne tik nuo gyvūno mitybos bei gyvenamosios aplinkos, bet ir apdorojimo skirtingomis plazmomis ar net genetinių veiksnių. Baltyminių pluoštų cheminės sandaros bei struktūros tyrimai dažniausiai atliekami naudojant FTIR ir XRD analizę, o morfologijos ir skerspjūvio ypatumams nustatyti labiausiai tinka skenuojamasis elektroninis mikroskopas (SEM). Daugelio tyrėjų darbuose aptikta, kad, be mikro- ir makroelementų, vilnos pluošto cheminėje sandaroje randama ir sunkiųjų metalų (Al, Fe, Ti, Pb ir kt.) liekanų, o rentgeno struktūrinės analizės metu nustatyta, kad baltyminiai pluoštai dažniausiai pasižymi

smailėmis ties $2\theta = 9^\circ$ ir ties $2\theta = 20^\circ$. Baltyminio pluošto paviršius pasižymi žvyneliais, kurių aukštis, pasiskirstymo dažnis per plauko ilgį bei išsidėstymas plauko paviršiuje daugiausiai priklauso nuo gyvūno rūšies. Žvyneliai plauką papildomai apsaugo nuo cheminio ir mechaninio aplinkos poveikio, todėl, vilnos pluoštą apdorojus įvairiomis plazmomis ir taip pažeidus žvynelius, vėliau atliktas pluošto ar pusverpalio dažymas yra greitesnis. Cituojamų autorių teigimu, plauko skerspjūvio forma nėra taisyklingo apskritimo, dažniausiai pasitaikančios formos būna: ovalo, elipsės, netaisyklingo apskritimo. Be to, kai kurių rūšių baltyminio pluošto skerspjūvyje yra įvairios struktūros (ištisinių, korėtų, išsidėsčiusių fragmentiškai ir t. t.) kanalų, kurie netgi gali daryti įtaką to pluošto šiluminėms savybėms. Autorių teigimu, kanalo buvimą ir pasiskirstymo dažnį plauko skerspjūvyje gali nulemti gyvūno rūšys, lytis ir amžius.

1.2. Baltyminių pluoštų geometriniai rodikliai

Pagrindiniai ir svarbiausi baltyminių pluoštų geometriniai rodikliai yra skersmuo, ilgis, rangytumas, ilginis tankis ir jų variacija. Nuo šių rodiklių priklauso ne tik pluošto, bet ir pusverpalių, verpalų savybės, jų kokybė ir naudojimo perspektyvos.

1.2.1. Baltyminių pluoštų skersmuo ir ilgis

Atlikus literatūroje pateiktą duomenų analizę rasta, kad yra sukurti ir plačiai naudojami keli baltyminių pluoštų skersmens nustatymo metodai ir su jais susijusi matavimo įranga. Vis dėlto skirtinga įranga gautų pluoštų skersmens matavimo rezultatų vertės gali svyruoti, todėl dažnai atliekami tyrimai, kuriais siekiama palyginti skirtingais metodais išmatuotas skersmens vertes. Lenkų mokslininkas Czaplinski (2012) *lazeriniu skeneriu* (LS) ir SEM metodais matavo alpacos pluošto skersmenį ir, atlikęs lyginamuosius gautų rezultatų tyrimus, nustatė, kad skirtumas tarp skirtingais metodais išmatuoto vidutinio plaukelių skersmens yra vos $0,4 \mu\text{m}$.

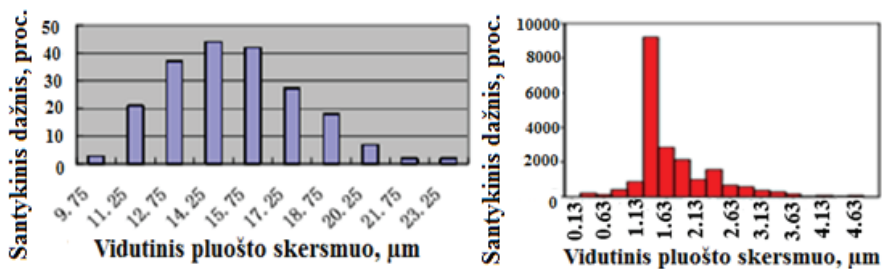
Plačiai vilnos pluošto skersmens matavimams atlikti naudojamas ir dar vienas būdas – OFDA. Ši automatinė vaizdo analizės technologija greitai ir itin patikimai išmatuoja ne tik vidutinį pluošto skersmenį, bet ir jo skirstinį. Prancūzijos ir Australijos mokslininkai Rafat ir kt. (2007) naudojo OFDA ir šiuo prietaisu išmatavo įvairius Prancūzijos angoros triušių pūkų geometrinius rodiklius: vidutinį pluošto skersmenį ($14,6 \mu\text{m}$), skersmens variacijos koeficientą (net $40,4 \text{ proc.}$) bei vidutinį pluošto skersmenį per $200 \mu\text{m}$ plauko ilgį ($15,4 \mu\text{m}$). Kitų mokslininkų (Mengüç, Özdil ir Hes, 2015) atlikto tyrimo metu apskaičiuotas vidutinis angoros triušių pūkų skersmuo ir ilgis yra $16,25 \mu\text{m}$ ir $60,55 \text{ mm}$, o ilgio ir skersmens variacijos koeficientai atitinkamai $21,51\text{--}29,52 \text{ proc.}$ Autoriai taip pat nustatė, kad ilgiausias iš Australijos avių, kašmyro, moherio, alpacos ir angoros triušių pluoštų yra kašmyro vilnos pluoštas ($60,57 \text{ mm}$), o ilgio variacijos koeficientas tarp visų pluoštų svyruoja $11\text{--}29 \text{ proc.}$ Vidutinis paminėtų vilnos pluoštų skersmuo kinta nuo $14,8 \mu\text{m}$ iki $28,2 \mu\text{m}$, jo variacijos koeficientas yra $17\text{--}29 \text{ proc.}$

Mokslininkai Qi, Lupton, Pfeiffer ir Minikhiem (1994) ištyrė ir tarpusavyje lygino skirtingais matavimo būdais (OFDA, *projekciniu mikroskopu* (PM) ir *pluošto skersmens analizės metodu* (FDA200)) nustatytą Rambuljė avių vilnos ir angoros

triušių pūkų skersmenį. Australai Peterson ir Gherardi (2002) vidutinio vilnos pluošto skersmens matavimams atlikti naudojo Sirolan FLEEESCAN ir OFDA2000 metodus. Nors abiem metodais gautos vidutinės pluošto skersmens vertės yra labai panašios (19,23–19,54 μm), tačiau, plaukelius pagal skersmenį išskirsčius į tris grupes (plonesni nei 19 μm , 19–20 μm ir storesni nei 20 μm), nustatyta, kad OFDA2000 metodu randama daugiau plonų (iki 19 μm) vilnos plaukelių, o Sirolan FLEEESCAN – daugiau storesnių plaukelių. Vadinasi, tyrimo metu iš anksto reikia labai tinkamai pasirinkti pluoštų skersmens nustatymo metodus arba bent jau atlikti jų lyginamąją analizę.

Labai svarbus faktas, kad ne visuomet to paties ar panašaus skersmens baltyminiai pluoštai pasižymi ir tokia pačia variacija. Pavyzdžiui, ištyrus 15,2–25 μm vidutinio skersmens merinosų avių vilną, nustatyta, kad jos vidutinio skersmens variacijos koeficientas svyruoja 4,8–6,0 proc. (Wang ir kt., 2007). O panašaus vidutinio skersmens (16,7–20,6 μm) pluošto skersmens variacijos koeficientas jau kinta nuo 19,2 iki 21,8 proc. (Naylor, Stanton, Speijers, 2014). Išanalizavus literatūros apžvalgą nustatyta, kad baltyminių pluoštų vidutinis skersmuo dažnai pasižymi didelėmis variacijos koeficientų vertėmis. Kužnicka ir Groudowska (2013) išmatavo, kad Tuniso kupranugarių vidutinis skersmuo kinta 28,8–43,13 μm , o šio pluošto skersmens variacijos koeficientas yra 47,61 proc. Irano avių vilnos vidutinis skersmuo pasižymi 30,30 μm verte, o pluošto variacijos koeficientas svyruoja 34,19–35,53 proc. (Montez, Lessan, Pajootan ir Dadarshian, 2011). Vidutinis įvairių veislių šunų plaukų skersmuo kinta 15,98–66,63 μm , o skersmens variacijos koeficientas svyruoja 21,8–64,65 proc. (Greer, 2003; Greer, Banks-Lee ir Jones, 2007).

Be vidutinio vilnos pluošto skersmens ir jo variacijos koeficiento, dar vienas svarbus rodiklis, pateikiamas tyrimų rezultatuose, yra pluošto skersmens skirstinys, kuris dažniausiai vaizduojamas skirstinio histograma. Štai mokslininkai Shang, Liu, Yi ir Zhang (2010) išmatavo vidutinį vilnos plaukelių skersmenį ir, sugrupavę gautas vertes kas 1,5 μm , nubraižė skersmens pasiskirstymo histogramas (1.12 pav.).



1.12 pav. Normalinis skirstinys **1.13 pav.** Žemėjantis dešinėje skirstinys (Shang ir kt., 2010) Li ir kt., 2015)

Šiuo atveju vilnos pluošto skersmuo pasiskirstęs normaliniu skirstiniu, kai išmatuotos vertės daugiausia išplitusios apie vidutinę vilnos pluošto skersmens vertę (15,97 μm) ir lygiagrečiai mažėja į abi puses. Tokį patį skersmens bei skersmens variacijos koeficiento pasiskirstymą huacaya alpakos vilnos pluošte nustatė ir tyrėjai Montes ir kt. (2008). Tačiau pluoštų skersmuo gali pasiskirstyti ir pagal kitus dės-

nus: Plato, šukučių, žemėjantį kairėje ir t. t. 1.13 pav. pateiktas ypač plonos Australijos vilnos pluošto vidutinis skersmuo yra pasiskirstęs pagal žemėjantį dešinėje pasiskirstymą (Li, Ke, Li, Xu, 2015).

Yra žinoma, kad vidutinis pluoštų skersmuo per plaukelio ilgį gali būti nevienodas (Sun, Chen, Yao ir Zhang, 2007). Šie mokslininkai nustatė, kad, esant vidutiniam tirtų merinosų vilnos pluošto skersmeniui 16,5 μm , plauko skersmuo per visą plaukelio ilgį kinta itin smarkiai: plaukas ties avies oda gali būti net 35–66 μm skersmens, ir šis plauko segmentas gali sudaryti 16–22 mm ilgio atkarpą per visą plauko ilgį.

Žinoma, kad plaukų augimas ir gyvavimo ciklas priklauso nuo gyvūno amžiaus: gyvūnui bręstant / augant, jo plaukai storėja, ilgėja ir tvirtėja, o, gyvūnui sensant, plaukai silpnėja ir pradeda slinkti. Mokslininkai Mandage, Bhosle ir Kapadnis (2007) nustatė, kad 0–3 mėnesių amžiaus Deccani veislės avys pasižymi pūkiniais ir už juos storesniais akuotiniais plaukais. 4–6 mėnesių amžiaus avių odą dengia pūkiniai ir akuotiniai plaukai, tačiau pastarieji yra storesni ir ilgesni nei pūkiniai. 7–9 mėnesių amžiaus pūkinių bei akuotinių plaukų skersmens ir ilgio vertės mažėja, palyginti su 0–3 ir 4–6 mėnesių amžiaus avių vilnos. Išnagrinėję 10–12 mėnesių amžiaus gyvūnų plaukus, autoriai teigia, kad, gyvūnui augant, akuotinių plaukų kiekis didėja, tačiau plaukų skersmeniui ar ilgiui jokio poveikio tai nebeturi.

Mokslininkai Dick ir Sumner (1996) taip pat teigia, kad, gyvūnui augant, keičiasi ir jo pluošto geometriniai rodikliai. Nustatyta, kad 3 mėnesių Perendale veislės ėriukų vilna pasižymi 28,1–29,1 μm vidutiniu skersmeniui ir 51,6–63,8°/mm pluošto rangytumu, o 1 metų amžiaus šios veislės avių vilnos pluošto vidutinis skersmuo ir rangytumas atitinkamai padidėja iki 30,2–30,3 μm ir 57,7–72,5°/mm. O štai mokslininkai Negahdari ir Salehi (2012) reziumuoja, kad suaugusių ožkų pluoštas pasižymi 43 proc. didesne išėiga nei jauniklių pluoštas. Vilnos pluošto geometrinių rodiklių priklausomybę nuo gyvūno amžiaus taip pat įrodo ir Stobart, Gott ir Parker (1986) gauti rezultatai: Polypay veislės avims augant, nuo 1 iki 3 metų pluošto skersmuo didėja nuo 27,03 μm iki 29,01 μm , o 4-tais avių gyvenimo metais pluošto skersmens vidutinė vertė sumažėja iki 27,27 μm . Gutiérrez ir kt. (2011) išmatuotos skirtingo amžiaus alpakos avių pluošto vidutinio skersmens vertės taip pat tik patvirtina faktą, kad šis rodiklis didėja nuo 14 μm iki 38 μm , proporcingai didėjant gyvūno amžiui nuo 0 iki 12 metų.

Tyrimais patvirtinta, kad gyvūno amžius turi įtakos ir vidutiniam pluošto ilgiui: metų amžiaus Polypay veislės avių vilna yra 112 mm vidutinio ilgio, o 2–4 metų amžiaus jau tik 90–101 mm (Stobart ir kt., 1986), didėjant amžiui, Peppin veislės avių vilnos pluošto ilgis sumažėja nuo 105,66 mm iki 84,85 mm (Rose, Pepper, 2000). Ištyrę ir įvertinę skirtumus tarp suaugusių ir jauniklių ožkų pluošto, mokslininkai Negahdari ir Salehi (2012) teigia, kad suaugusių gyvulių pluoštas yra 43 proc. ilgesnis ir 12 proc. storesnis nei jauniklių ožkų. Ne tik avių vilnos, bet ir kitų gyvūnų pluoštų geometriniai rodikliai gali priklausyti nuo amžiaus. Štai Rafat ir kt. (2007) tyrimo rezultatai rodo, kad, didėjant Prancūzijos angoros triušių amžiui, didėja ir vidutinis pluošto skersmuo bei skersmens variacijos koeficientas, vidutinis pluošto skersmuo per plauko ilgį ir vidutinis pluošto rangytumas. Indijos mokslininkai

Sharma ir Pant (2013b) teigia, kad Bikaneri veislės kupranugarių jauniklių pluoštas yra plonesnis (23,49 μm), trumpesnis (7,08 cm) ir pasižymi didesniu rangytumu (1,6 ringiai/cm) nei suaugusių kupranugarių. Nustatyta, kad, didėjant amžiui, kačių plaukai taip pat storėja: jaunesnių kačių plaukų vidutinis skersmuo – 23,40 μm , vyresnių kačių – 25,70 μm , (Erat, Arikani, 2012).

Literatūros analizė parodė, kad baltyminių pluoštų geometrinius rodiklius gali nulemti gyvūno amžius, tačiau dar svarbesnis veiksnys yra gyvūno veislė. Išnagrinėjusi 18 skirtingų veislių šunų plaukus, Greer pateikia informaciją, kad šunų plaukų vidutinis ilgis skiriasi ne tik palyginti su avies vilnos ilgiu, bet ir tarpusavyje: pvz., ši cu veislės šuns plauko ilgis yra 3,9 cm, pudelio – 4,4 cm, Springerio spanielio ir Jorkšyro terjero 8,3–8,9 cm, o avių vilnos – 10,16 cm. Išmatuota, kad vidutinis visų veislių šunų plaukų ilgis yra 5,76 cm (Greer, 2003; Greer ir kt., 2007).

Nustatyta, kad ne tik gyvūno veislė, bet ir lytis turi įtakos pluošto geometriniams rodikliams. Rasta, kad vyriškos lyties huacaya veislės alpakų pluoštas pasižymi mažesne vidutinio skersmens verte nei moteriškos lyties (Montes ir kt., 2008). Edriss ir kt. (2007) nustatė, kad vidutinis Naeini veislės avinų vilnos ilgis (10,5–12,5 cm) yra didesnis nei avelių (10–11 cm). Panaši išvada apie gyvūno lyties poveikį pluošto ilgiui gauta ir Enciu ir kt. (2007) tyrime, kai vidutinis avinų plaukelių ilgis buvo 18,70 proc. didesnis negu avelių ir siekė 12,19 cm. Negahdari ir Salehi (2012) rado, kad vyriškos lyties ožkų vilnos skersmens vidutinė vertė yra 6,2 proc., o išeiga net 28 proc. didesnė nei patelių. Mokslininkai Erat ir Arikani (2012) ne tik nustatė, kad Turkijos van kačių skersmuo (25,62 μm) yra didesnis nei Turkijos angoros kačių (23,48 μm), bet ir įrodo, kad visų tyrime tirtų katinų plaukų skersmuo (27,24 μm) pasižymi didesnėmis vertėmis nei kačių (21,87 μm).

Geometriniai baltyminių pluoštų vidutiniai rodikliai bei jų variacijos koeficientų vertės turi įtakos ir gyvūno kūno vietai, nuo kurios pluoštas buvo nukirptas. Mokslininkai Enciu ir kt. (2007) nustatė, kad nuo Palaso veislės avių krūtinės, pilvo ir šlaunies nukirpti plaukeliai yra storesni (25,17–25,54 μm) nei nuo menties, kaklo ir nugaros (23,97–24,84 μm). Išmatavus Naeini veislės avių vilnos ilgį nustatyta, kad vidutinis pluošto ilgis skirtingose kūno dalyse yra 9,71–10,99 cm. Plaukų, nukirptų nuo gyvūno šono, ilgio variacijos koeficientas buvo didžiausias ir siekė 32,34 proc. (Edriss ir kt., 2007). Tyrimo metu tirtų šunų plaukų skersmuo buvo matuojamas „Motic Microscope“, o apskaičiuotas skersmens variacijos koeficientas svyravo nuo 25,92 iki 64,64 proc. (Greer, 2003; Greer ir kt., 2007).

Svarbus veiksnys, nuo kurio priklauso baltyminių pluoštų geometriniai rodikliai, yra ir vilnos nukirpimo laikotarpis. Ištyrus avių vilną, kuri buvo periodiškai nukerpama nuo tų pačių 105 gyvūnų nuo 2007 m. liepos iki 2009 m. liepos, matyti, kad, kerpant tą patį liepos mėnesį, pluošto rodikliai vis dėlto yra nevienodi. Nustatyta, kad 2009 m. liepą nukirptas vilnos pluoštas yra ilgiausias – 9,46 cm ir vienas iš stambiausių – 27,06 μm , o 2008 m. nukirptas pluoštas yra trumpiausias – 7,75 cm ir ploniausias – 26,77 μm (Qureshi ir kt., 2013). Rafat ir kt. (2007) tyrimo rezultatai taip pat rodo, kad Prancūzijos angoros triušių vilnos skersmuo priklauso nuo metų sezono, kada vilna nukirpta. Šiuo atveju vasarą nukirptas pluoštas pasižymėjo mažiausiu skersmeniu. Tyrinėtojai Erat ir Arikani (2012) nustatė, kad kovo mėnesį nu-

kirpti Turkijos van ir angoros kačių plaukai pasižymi didesnėmis vidutinėmis skersmens ir ilgio vertėmis nei nukirpti rugsėji.

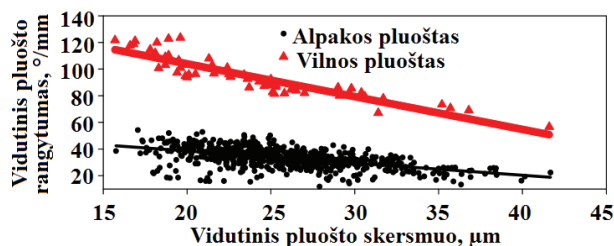
1.2.2. Papildomi veiksniai, lemiantys baltyminių pluoštų geometrinius rodiklius

Pagrindinių, tiesioginių veiksnių – gyvūno amžiaus, lyties, vietos, nuo kurios kerpamas pluoštas, ir kitų – įtaka baltyminių pluoštų sandaros ir geometrinių rodiklių vertėms buvo aptarta skyrelyje 1.2.2. Šiame skyrelyje pateikta apibendrinta ne tokių svarbių ir galbūt mažiau analizuojamų veiksnių analizė.

Vilna – gyvulinės kilmės pluoštas, todėl gyvūno mitybos racionas turi įtakos ne tik baltyminei pluošto struktūrai, bet ir vidutiniam plauko skersmeniui bei pluošto išėgimai (Reis ir Sahl, 1994; Helal ir Fayed, 2013). Pasak iranietiški mokslininkų Salehi, Mahdavi ir Mirzaei (2011), vidutinis Afshari veislės avių vilnos ilgis ant gyvūno mentės padidėjo nuo 5,9 cm iki 6,8 cm, nugarinėje dalyje nuo 6,7 cm iki 7,2 cm, o vidutinis pluošto skersmuo nuo 37,1 μm iki 38,5 μm vien dėl pakeisto gyvūno mitybos raciono. Anot Karim ir Shakyawar (2011), baltymų kiekis gyvūno mitybos racione skatina greitesnę vilnos pluošto augimą ir teigiamai veikia jo kokybinius rodiklius. Coates ir Ayerza (2004) analizavo dviejuose Argentinos regionuose gyvenusių lamų pluoštą ir nustatė, kad gyvūno gyvenamoji vieta nulemia ir vidutinį pluošto skersmenį. Tačiau Montes ir kt. (2008) nustatė, kad 8 skirtingose Peru regionuose gyvenančių huacaya veislės alpakų vilnos skersmeniui gyvenamoji vieta jokio poveikio neturėjo.

Vilnos pluošto cheminis apdorojimas turi neigiamos įtakos vidutiniam pluošto skersmeniui: po balinimo natrio šarmu ir apdorojimo transgliutaminazės fermentu Irano avių vilnos vidutinis skersmuo nuo 30,30 μm pradinės vertės sumažėjo iki 21,90 μm (Monterez, Lessan, Pajootan ir Dadarshian, 2011). Anot mokslininkų Kadam ir kt. (2013), vilnos pluošto apdorojimas ultravioletiniais spinduliais didelio poveikio pluošto skersmeniui neturi.

Vilnos pluošto rangytumas yra labai savita ypatybė, kuri nulemia šio pluošto elgseną mišinyje. Mokslininkai Wang, Liu ir Wang (2004) tyrė Australijos avių ir alpacos vilnos pluošto rangytumą ir nustatė, kad alpacos pluošto rangytumas yra daugiau nei du kartus mažesnis nei Australijos avių, t. y. alpacos pluošto rangytumas svyruoja 50–15/mm, o Australijos avių 125–58/mm (1.14 pav.). Kaip matyti iš 1.14 pav., mažėjant Australijos avių ir alpacos pluošto skersmeniui, mažėja ir plaukelio rangytumas. Mokslininkai Umehara ir kt. (1990) taip pat nustatė, kad Australijos merinosų vilna pasižymi didžiausia rangytumo verte (5,77 ringių/cm¹), o Šorpšyro bei Naujosios Zelandijos lusterio pluoštų rangytumas atitinkamai kinta nuo 1,31 iki 0,4 ringių/cm¹. Reikia paminėti, jog, kaip ir prieš tai nagrinėtame tyrime (Wang ir kt., 2004), taip ir šiame (Umehara ir kt., 1990) nustatyta, kad, mažėjant vidutiniam vilnos pluošto skersmeniui, natūralus pluošto rangytumas taip pat mažėja.



1.14 pav. Priklausomybė tarp avių ir alpakos vilnos skersmens ir rangytumo (Wang ir kt., 2004)

Apibendrinimas. Siekiant gauti kuo tikslesnius vilnos pluošto geometrinių rodiklių tyrimų rezultatus, tikslinga juos išmatuoti keliais metodais. Priklausomai nuo pasirinkto metodo, tiriamo pluošto vidutinio skersmens vertės gali būti skirtingos, o pluošto vidutinio skersmens variacijos koeficientas svyruoti itin smarkiai. Pagrindiniai vilnos pluošto geometriniai rodikliai (skersmuo ir ilgis) labiausiai priklauso nuo gyvūno veislės, lyties ir amžiaus, tačiau yra ir papildomų veiksnių: gyvūno mitybos racionas, gyvenamoji vieta, vilnos nukirpimo laikas bei vieta, nuo kurios pluoštas nukirptas, ir kiti. Nustatyta, kad pluošto skersmuo per plauko ilgį kartais būna nevienodas, o pluoštai su panašiomis vidutinio skersmens vertėmis gali pasižymėti skirtingu skersmens variacijos koeficientu. Mažėjant vidutiniam vilnos skersmeniui, pluošto rangytumas taip pat mažėja. Nustatyta, kad literatūros šaltinių apie tirtų baltyminių pluoštų geometrinius rodiklius ir juos nulemiančius veiksnius yra pakankamai ir ši tematika moksliniuose leidiniuose ypač populiarai, tačiau analogiškų šunų plaukų tyrimų aptikta itin mažai.

1.3. Baltyminių pluoštų mechaniniai rodikliai

Įvertinant tai, kad tekstilės medžiagas labai stipriai veikia išilginės jėgos, dažniausiai yra nustatomi jų tempimo rodikliai. Stipruminės pluošto charakteristikos yra šios: absoliučioji ir savitoji trūkimo jėga, absoliutusias ir savitasis trūkimo darbas, santykinė trūkimo išťažsa, pradinis tamprumo modulis, jų variacijos koeficientai ir kt.

1.3.1. Įvairių veiksnių įtaka baltyminių pluoštų mechaniniams rodikliams

1.2. skyriuje jau buvo pateikta informacija apie tai, kad įvairūs pluoštų geometriniai rodikliai labai priklauso nuo gyvūno veislės, amžiaus, lyties, gyvenamosios vietos, mitybos ir pan. Šiame skyrelyje aptariami tyrimai ir jų metu gauti rezultatai taip pat rodo, kad, norint išanalizuoti mechaninius vilnos pluošto rodiklius, reikia analogiškai įvertinti daug genetinių, aplinkos bei technologinių veiksnių.

Greer ir kt. (2003; 2007) išmatavo, kad avių vilnos santykinė trūkimo išťažsa (42,9 proc.) yra 20,3 proc. mažesnė nei šunų plaukų, nors avių vilnos vidutinis ilgis yra 7,5–61,6 proc. didesnis nei tirtų veislių šunų plaukų. Tyrimo metu nustatyta, kad Jorkšyro terjero veislės šuns plaukai pasižymi mažiausia savitosios trūkimo jėgos verte (13,25 cN/tex), tačiau kitų 9 iš 18 tirtų įvairių veislių šunų plaukų savitoji trūkimo jėga kito nuo 16,78 iki 20,31 cN/tex.

Australijos mokslininkų Rose ir Pepper (2000) teigimu, Peppin veislės avių lytis turi įtakos pluošto savitajai trūkimo jėgai: nors avino ir avies pluošto ilgis beveik identiškas (96–97 mm), tačiau savitoji trūkimo jėga atitinkamai svyruoja net nuo 24,26 iki 31,89 N/kTex. Nustatyta, kad Paloso mėšinių avinų vilnos plaukeliai yra storesni (24,17–26,43 μm) ir stipresni (12,92–14,78 cN/tex), o savitosios trūkimo jėgos variacijos koeficientas mažesnis (22,74–28,18 proc.) nei avių: atitinkamai 23,97–25,54 μm , 11,8–13,69 cN/tex ir 28,15–32,78 proc. (Enciu ir kt., 2007). Analogiškas išvadas savo tyrime gavo ir mokslininkai Negadhari ir Salehi (2012), kai ožių vilnos pluoštas 7,8 proc. buvo tvirtesnis ir 17,9 proc. tampresnis negu ožkų.

Literatūroje paskelbti duomenys rodo, kad skirtingų rūšių gyvūnų amžius skirtingai veikia pluošto mechaninius rodiklius. Negadhari ir Salehi (2012) nustatė, kad suaugusių ožkų pluošto trūkimo bei savitoji trūkimo jėga yra 21–27 proc. didesnė nei jauniklių, o Sharma ir Pant (2013) tyrimų rezultatai rodo, kad Bikaneri veislės kupranugarių jauniklių pluoštas pasižymi didesne savitąja trūkimo jėga (21,99 g/tex) ir santykinė trūkimo ištįsa (31,73 proc.) nei suaugusių kupranugarių (15,98 g/tex ir 29,06 proc.).

Be aukščiau išnagrinėtų veiksnių (gyvūno veislė, lytis, amžius), pluošto mechaniniai rodikliai taip pat priklauso ir nuo gyvūno kūno vietos, nuo kurios pluoštas nukirptas. Mokslininkai Enciu ir kt. (2007) įrodė, kad didžiausiomis savitosios trūkimo jėgos vertėmis pasižymi nuo Paloso veislės avių krūtinės, šlaunies ir pilvo nukirpti plaukai. Paminėtina ir tai, kad plaukelių nuo kaklo, menties ir nugaros šis rodiklis yra 3,8 proc. mažesnis.

Vilnos pluošto stiprumas labai priklauso nuo technologinės eigos bei įvairių tarpinių pluošto apdirbimo ar cheminio apdorojimo operacijų. Mokslininkai Greer ir kt. (2003; 2007) nustatė, kad pluošto valymas 3,9 proc. padidina vidutinį šunų plaukų ilgį, o kartu ir net 12 proc. pluošto savitąją trūkimo jėgą. Wang ir Wang (2000) tyrė, kaip plaukelių trūkimo jėga kinta po šių technologinių procesų: vilnos plovimo, karšimo, tempimo, šukavimo ir pusverpalio gamybos. Nustatyta, kad plauta vilna stipruminių savybių nepraranda, o didžiausius stiprumo nuostolius šis pluoštas (19 proc.) patiria karšimo metu. Kadangi šukavimo metu iš pluošto sluoksnelio pašalinami karšimo metu susilpninti, ploni ir trumpi plaukeliai, tai po šukavimo pluošto trūkimo jėga netgi padidėja nuo 4,18 cN iki 4,63 cN. Wang ir Wang (2000) taip pat nustatė, kad net ir idealaus pluošto trūkimo jėga bus visada mažesnė už atitinkamų pavienių plaukelių trūkimo jėgą.

Kwak, Lee, Lee ir Jeon (2007) tyrė vilnos pluošto pratempimo (procesu, kurio metu vilnos plaukelio galai yra suspaudžiami dviem skirtingu greičiu besisukančiais velenėliais ir tempiami ta pačia kryptimi) įtaką pluošto mechaniniams rodikliams. Dėl skirtingo priekinio ir galinio velenėlio greičio pluošto vidinė struktūra yra tempama ir palaipsniui įvyksta jos deformacija, o pratempimo zonoje plaukelis tampa plonesnis ir ilgesnis. Pratempto vilnos pluošto trūkimo jėga yra didesnė, o santykinė trūkimo ištįsa mažesnė, palyginti su nepratemptu pluoštu.

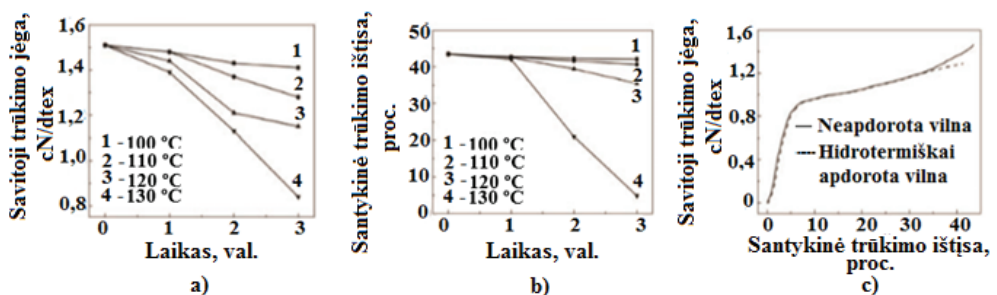
Umehara ir kt. (1990) nustatė, kad surangyto Naujosios Zelandijos Lusterio avių vilnos pluošto Jango modulis, trūkimo jėga ir santykinė trūkimo ištįsa, palyginti

su natūraliai rangyta vilna, sumažėja atitinkamai: nuo 174,6 kg/mm² iki 157,1 kg/mm², nuo 17,9 kg/mm² iki 16,1 kg/mm² ir nuo 70,9 proc. iki 67,8 proc.

Vilnos pluošto padengimas antibakteriniu sluoksniu yra plačiai naudojama nanotechnologija, nuo kurios priklauso ir pluošto mechaniniai rodikliai (Niu ir kt., 2012). Minėti mokslininkai įrodė, kad, padengus vilną antibakteriniu sluoksniu, jos trūkimo jėga, savitoji trūkimo jėga ir santykinė trūkimo išťažsa, palyginti su neapdorota vilna, padidėja atitinkamai: 18 proc., 16 proc. ir 7 proc. Tai aiškinama faktu, kad, vilnos pluoštą padengus antibakterine nanodanga, pluošto kristališkumo laipsnis padidėja, kartu padidindamas ir jo stiprumą. Mantarez ir kt. (2011) nustatė, kad balinimo amoniaku ir apdoravimo TG fermentu procedūros kartu turi teigiamą įtaką avių vilnos pluošto savitajai trūkimo jėgai, t. y. po 45 min. trukmės apdoravimo minėtais būdais vilnos pluošto savitoji trūkimo jėga padidėja 2,5 proc., o po 60 min. – jau 9 proc., palyginti su neapdorotu vilnos pluoštu.

Nors žmogaus plaukai yra itin retai naudojami pramoniniams tikslams (pvz., natūralių plaukų perukai, šinjonai), vis dėlto jie yra priskiriami gyvulinės kilmės pluoštams ir analizuojami mokslinių tyrimų metu. Mokslininkai Ragelienė, Treigienė ir Musnickas (2009) tyrė, kokį poveikį plovimas ir balinimas turi moteriškų plaukų trūkimo jėgai ir santykinėi trūkimo išťažsai. Šio tyrimo metu plaukai 10 min. 55 °C buvo apdorojami tirpalu (pH 10,7), paskui, nuskalavus šiltu bei šaltu demineralizuotu vandeniu, buvo apdorojami 6 proc. vandenilio peroksidu. Gauti rezultatai rodo, kad natūralūs ir specialiu tirpalu (pH 10,7) apdoroti plaukai pasižymi panašiomis mechaninėmis savybėmis: trūkimo jėga 100 cN, santykinė trūkimo išťažsa 35–36 proc., tačiau po plaukų balinimo stipruminės savybės pakinta: trūkimo jėga sumažėja iki 78 cN, o santykinė trūkimo išťažsa padidėja iki 40 proc. Taigi cheminis baltyminių pluoštų apdoravimas turi skirtingą poveikį tam tikriems pluošto stipruminiams rodikliams.

Mokslininkai Zhang ir kt. (2014) įrodė, kad hidroterminis vilnos pluošto apdoravimas keičia ne tik geometrines, bet ir mechanines šio pluošto savybes (1.15 pav.). Kaip matyti iš 1.15 pav., a ir b, didinant temperatūrą, pradinė merinosų vilnos pluošto (vidutinis skersmuo 20 μm, ilginis tankis 0,32 tex) savitoji trūkimo jėga (1,5 cN/dtex) ir santykinė trūkimo išťažsa (44 proc.) atitinkamai mažėja iki 0,8 cN/dtex ir 5 proc. Iš 1.15 pav., c, matyti, kad hidroterminis vilnos pluošto apdoravimas tempimo kreivės kitimo pobūdžiui lemiamos įtakos neturi.



1.15 pav. Neapdorotos ir hidrotermiškai apdorotos merinosų vilnos mechaniniai rodikliai (Zhang ir kt., 2014)

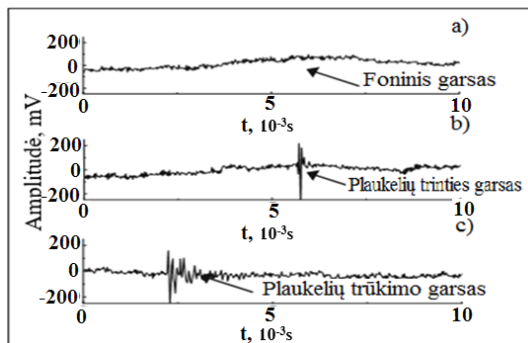
1.3.2. Pluoštų mechaninių ir šiluminių rodiklių tyrimai

Svarbiausi ir dažniausiai analizuojami baltyminių pluoštų rodikliai yra trūkimo ir savitoji trūkimo jėgos bei santykinė trūkimo ištįsa. Nustatyta, kad panašaus skersmens suri, huacaya alpakos ir alpakos pluoštai pasižymi panašiomis pluošto trūkimo jėgos (6,3–14,8 cN), savitosios trūkimo jėgos (10,08–16,07 cN/tex) bei santykinės trūkimo ištįsos (38–51 proc.) kitimo ribomis (Atav ir Türkmen, 2015, Czaplinski, 2012, Mengüç ir kt., 2015), o Australijos avių ir kašmyro vilnos pluoštų savitoji trūkimo jėga svyruoja nuo 14,51 iki 16,57 cN/tex (Mengüç ir kt., 2015). Rasta, kad stipriausi tarp tirtų baltyminių pluoštų yra angoros triušių pūkai ir angoros ožkų vilna 19,26–20,46 cN/tex (Mengüç ir kt., 2015).

Kai kurie baltyminiai pluoštai pasižymi itin išskirtinėmis savybėmis. Štai moherio, alpakos, kašmyro, vikunijų pluoštų skiriamasis bruožas ir kainą pagrindžiantis veiksnys yra minkštumas arba švelnumas. Didėjant alpakos ir avių vilnos pluošto skersmeniui, didėja ir savitoji trūkimo jėga. Tačiau, tarpusavyje palyginus to paties skersmens (20,6 μm) alpakos ir avių vilnos pluoštą, išryškėja esminis skirtumas: alpakos vilnos pluošto savitoji trūkimo jėga yra mažesnė, kadangi dėl lygesnio paviršiaus plaukas pats lengviau slysta, ir jo pasipriešinimas tempimui yra mažesnis nei avių vilnos (Wang ir kt., 2004).

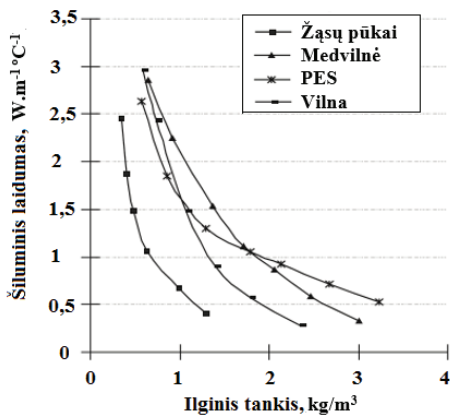
Kaip jau buvo minėta 1.1.2 skyrelyje, mokslininkai Atav ir Türkmen (2015), Liu ir Wang (2007) bei Wang ir kt. (2004) nustatė, kad alpakos vilna pasižymi rečiau ant paviršiaus išsidėsčiusiais žvyneliais ir net keletą kartų mažesniu žvynelių aukščiu nei avių vilna, o tai alpakos vilnos pluoštui ir suteikia lygumo ir slydumo.

Stipruminių vilnos pluošto rodiklių matavimai gali būti atliekami ne tik dinamometrais, bet ir *akustinės emisijos analizės* (AE) būdu, kai pluošto tempimo ir trūkimo metu yra išgaunamos garso bangos. Siekdami panaikinti šio metodo trūkumus (foninį triukšmą ir pluošto tarpusavio trinties garsą), mokslininkai Wu, Zhong ir Yu (2015) naudojo specialią matavimo metodiką, kai gaunamas garsas išskiriamas į tris dalis: foninį garsą, plaukelių tarpusavio trinties garsą ir plauko trūkimo garsą (1.16 pav.). Kompiuterizuota akustinės emisijos fiksavimo įranga (InFiBTensor) su mikrofonu (garso amplitudė 50–20000 Hz) matuoja pavienių vilnos plaukelių trūkimo garsą ir braižo garso bangą laiko t ašyje.



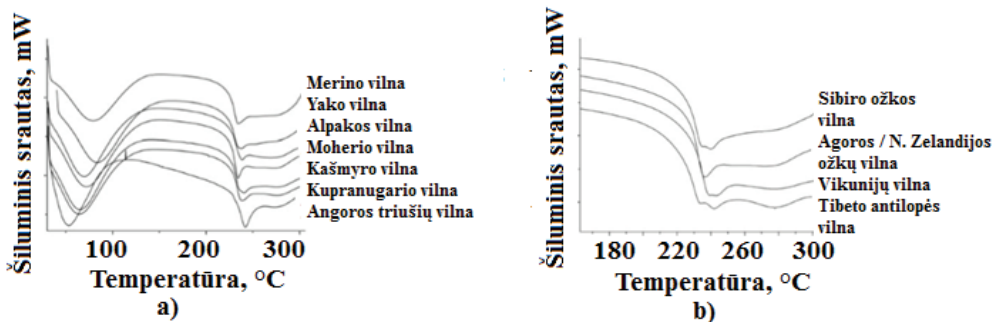
1.16 pav. Vilnos pluošto stipruminių rodiklių matavimas akustinės emisijos metodu (Wu ir kt., 2015)

Labai svarbios ir vilnos pluošto šiluminės savybės arba vilnos gebėjimas su-laikyti šilumą. Nagrinėjant literatūrą pastebėta, kad tyrimų šia tematika, o ypač duomenų apie šunų plaukų šiluminių savybių analizę vis dar yra labai mažai. McNeil (2016) nustatė, kad vilnos pluoštas pasižymi mažesniu šiluminiu laidumu (193 mW/mK) nei akrilinis, elastano, viskozės ar medvilnės pluoštai. Gao, Yu ir Pan (2007) tyrė avių vilnos, žąsų pūkų, medvilnės ir *poliesterinio* (PES) pluoštų šiluminių laidumą ir nustatė, kad šis rodiklis yra atvirkščiai proporcingas pluošto ilginiam tankiui. Kaip matyti iš 1.17 pav. pateiktų kreivių, ilginiam tankiui didėjant, visų tirtų pluoštų šiluminis laidumas mažėja, o geriausiomis termoizoliacinėmis savybėmis, esant mažiausiam ilginiam tankiui, pasižymi žąsų pūkai.

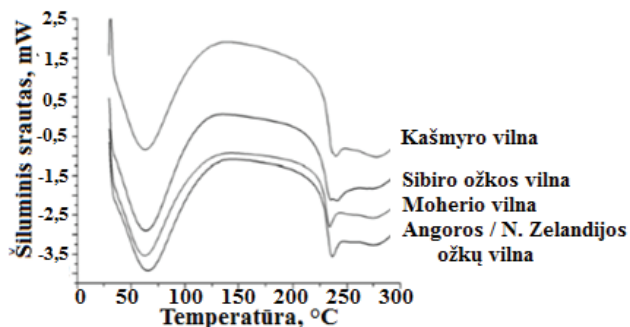


1.17 pav. Įvairių pluoštų šiluminis laidumas (Gao ir kt., 2007)

Diferencinės skenuojamosios kolorimetrijos (DSC) metodu gauti šiluminio denatūravimo spektrai išsamiai analizuojami Vineis ir kt. (2011) (1.18 pav.) ir Vineis ir kt. (2008) (1.19 pav.) darbuose. Šių tyrimų metu gautos bimodalinės endoterminės smailės buvo nagrinėjamos temperatūros intervalu nuo 230 °C iki 255 °C. Apibendrinant abiejų tyrimų metu gautas DSC kreives (žr. 1.18 ir 1.19 pav.) nustatyta, kad endoterminiai pikai, esant 230–240 °C temperatūrai, rodo skirtingą para-kortekso išplitimą kiekvieno tirto pluošto plauko viduje.



1.18 pav. Prijaukintų (a) ir laukinių (b) gyvūnų vilnos pluoštų DSC kreivės (Vineis ir kt., 2011)



1.19 pav. Įvairių vilnos pluoštų šiluminio denatūravimo kreivės (Vineis ir kt., 2008)

Kaip jau buvo minėta 1.1.2. skyrelyje, Vineis ir kt. (2011) nustatė, kad angoros triušių plauko viduje yra kanalas, o iš 1.18 pav. matyti, kad tarp visų tirtų žmogaus prijaukintų gyvūnų veislių angoros pluošto šiluminio denatūravimo spektro endoterminė viršūnė yra tik esant 242 °C temperatūrai. Laukinių veislių gyvūnų vilnos pluošto endoterminiai pikai DSC kreivėse aptikti tik esant 234–244 °C temperatūrai, ir tai paaiškinama gyvūnų gyvenimu laukinėje gamtoje bei natūraliu prisitaikymu prie atšiaurių jos sąlygų. Taigi šie rezultatai patvirtina, kad kanalas turi įtakos pluošto šiluminėms savybėms.

1.3.3. Priklausomybė tarp baltyminių pluoštų geometrinių ir mechaninių rodiklių

Daugumos tyrėjų teigimu, pluoštų geometriniai ir mechaniniai rodikliai yra glaudžiai tarpusavyje susiję. Štai ir Rose ir Pepper (2000) teigia, kad pluošto ilgis ir stiprumas yra tarpusavyje tiesiogiai susiję rodikliai. Tyrimo metu gauti rezultatai rodo, kad, avių vilnos pluošto vidutiniam ilgiui mažėjant nuo 97,16 mm iki 85,03 mm, mažėja ir pluošto savitoji trūkimo jėga (nuo 31,65 N/ktex iki 16,42 N/ktex). Greer ir kt. (2003; 2007) teigimu, ilgesni šunų plaukai pasižymi ir didesne pluošto santykinė trūkimo ištįsa: ši cu veislės šunų plaukai, kurių ilgis 3,9 cm, pasižymi 64,94 proc. vertės santykinė trūkimo ištįsa, pudelio ir Pekino veislės šunų plaukams su 4,4–4,6 cm vidutinėmis ilgio vertėmis nustatytos 73,5–69,1 proc. santykinės trūkimo ištįsos vertės, o Jorkšyro terjero ir springerio spanielio plaukų minėti rodikliai atitinkamai yra 8,9–8,3 cm ir 74,22–96,37 proc.

Žinoma, kad plaukelių skersmuo turi įtakos jų atsparumui dildymui. Liu ir kt. (2005) nustatė, kad 20,89 μm vidutinio skersmens avių vilnos pluoštas atlaiko vidutiniškai 870 ciklų prieš suirdamas, o 21,67 μm vidutinio skersmens alpakos pluoštas atlaiko didesnę ciklų skaičių – 1209. Tyrimo metu nustatyta, kad plonesnio vilnos pluošto (20,89 μm) savitoji trūkimo jėga (1,23 cN/dtex) ir santykinė trūkimo ištįsa (34,80 proc.) yra mažesnė nei storesnio (21,67 μm) alpakos vilnos pluošto – 1,44 cN/dtex ir 38,35 proc. Anot, Liu ir kt. (2005), didėjant vidutiniam avių vilnos pluošto skersmeniui nuo 16,8 μm iki 28,5 μm, pluošto atsparumas gniuždymui mažėja nuo 10 kPa iki 6,8 kPa.

Daugelio tyrėjų gauti rezultatai rodo, kad alpakos pluošto priklausomybė tarp geometrinių ir mechaninių rodiklių yra priešinga nei avių vilnos. Pavyzdžiui, viduti-

niam alpakos pluošto skersmeniui didėjant nuo 24,4 μm iki 32,8 μm , atsparumas gniuždymui didėja nuo 4,5 kPa iki 5,4 kPa (Liu ir kt., 2005), alpakos pluošto ilgiui mažėjant, jo santykinė trūkimo ištįsa didėja: trumpiausias pluoštas (65 mm) pasižymi didžiausia ištįsa (51 proc.), o ilgesnių pluoštų (105–110 mm) šis rodiklis atitinkamai mažesnis (40–46 proc.) (Czaplinski, 2012).

Atliekant tyrimus labai svarbu atsižvelgti ne tik į vidutines pluoštų geometrinų ir mechaninių rodiklių vertes, bet ir į jų variacijos koeficientus. Štai Wang (2000) tyrinėjo ryšį tarp vilnos pluošto trūkimo jėgos variacijos koeficiento ir minimalaus pluošto skersmens variacijos koeficiento. Mokslininkas naudojo savo paties ankstesniuose tyrimuose (Wang, Wang, 1998) išvesta formule ir, tyrimais nustatęs, kad yra nedidelis neatitikimas tarp išmatuoto ir apskaičiuoto vilnos pluošto stiprio, pabrėžė, kad pluoštas dažniausiai trūksta ploniausiose vietose. Autorius teigia, kad plaukelių trūkimo jėgos variacijos koeficientas teoriškai yra lygus dvigubai minimalaus pluošto skersmens variacijos koeficiento vertei, todėl minimalaus pluošto skersmens variacijos koeficientas gali labai tiksliai apibrėžti pluošto trūkimo jėgos variacijos koeficientą, kuris labai šiek tiek skirsis nuo faktiškai išmatuotos jo vertės.

Kaip jau buvo akcentuota 1.3.1. skyrelyje, tempimo metu vilnos pluoštas negrįžtamai deformuojamas, suardant jo natūralią struktūrą (Kwak ir kt., 2007). Mokslininkai Deng, Wang ir Wang (2007) *pavienujų plaukelių matuokliu* (SIFAN) išmatavo vilnos pluošto skersmens variaciją po įtempio skirtingomis įtampomis (pradinis įtempis 1 cN palaiapsniui buvo didinamas iki 12 cN) ir nustatė, kad, didinant įtempį, vilnos pluošto skersmens nuostolis ir skersmens variacijos koeficientas per plauko ilgį tik didėja. Wang ir kt. (2004) nustatė, kad pluošto trūkimo ilgį paveikia ne tik pluošto skersmuo, bei ir jo rangytumas: mažėjant vilnos pluošto skersmeniui (nuo 32 μm iki 18 μm) ir, didėjant plaukelio rangytumui (nuo 25 $^{\circ}/\text{mm}$ iki 75 $^{\circ}/\text{mm}$), pluošto trūkimo ilgis didėja nuo 1 m iki 5 m.

Apibendrinimas. Mechaniniams baltyminių pluoštų rodikliams turi įtakos gyvūno veislė, amžius, lytis, mityba, cheminio apdorojimo būdas ir / ar režimas bei kiti veiksniai. Pluošto paviršiuje esančių žvynelių pobūdis gali nulemti pluošto stipruminius rodiklius, tačiau labiausiai pluoštų mechaniniai rodikliai priklauso nuo jų geometrinų rodiklių. Baltyminiai pluoštai, kurių vidutinio ilgio vertės mažesnės, taip pat pasižymi ir mažesnėmis savitosios trūkimo jėgos vertėmis. Labai svarbu įvertinti ne tik vidutinę trūkimo jėgą, savitąją trūkimo jėgą bei santykinę trūkimo ištįsą, bet ir šių rodiklių variacijos koeficientų vertes. Atlikus literatūros apžvalgą nustatyta, kad įvairių veislių šunų plaukų mechaniniai rodikliai skiriasi nuo avių vilnos bei tarpusavyje. Be pagrindinio ir itin paplitusio pluoštų stiprumines savybes matuojančio dinamometro, šiuo metu galima naudoti ir akustinės emisijos metodą.

1.4. Verpalų iš baltyminių pluoštų savybės

Vilnos pluoštas pasižymi itin išskirtinėmis paviršaus ir sandaros ypatybėmis, kurios turi įtakos geometriniais ir mechaniniams pluošto rodikliams. Tačiau pluoštas yra tik pradinė žaliava, kuri naudojama tolimesniuose gamybos procesuose projektuojant pusverpalius ir verpalus. Kadangi vilnos pluošto geometriniai (ypač

skersmuo) ir mechaniniai rodikliai bei jų variacija yra svarbūs pusgaminių ir gaminių iš šių pluoštų savybėms, todėl ir tyrimų šioje srityje yra atliekama nemažai.

1.4.1. Vilnių verpalų projektavimas

Žinoma, kad projektuojant verpalus reikia įvertinti daugelį veiksnių ir ypač pluošto stipruminius rodiklius. Atlikę išsamius pavienių plaukelių stipruminių rodiklių transformavimosi į verpalo stiprumines savybes tyrimus, mokslininkai Ning ir Tao (2001) teigia, kad plaukelių stiprumo išnaudojimas verpale labiausiai priklauso nuo kritinio plaukelių ilgio ir pluošto trūkimo jėgos variacijos koeficiento. Jeigu plaukelių sanglauda verpale yra nedidelė, tuomet verpalo trūkis neįvyksta, o plaukeliai tiesiog atsiskiria vieni nuo kitų. Jeigu plaukelių sanglauda verpale yra didelė, tuomet verpalo trūkimo metu stipriai išnaudojamos plaukelių stipruminės savybės.

Anot Pan (1993), pluoštai verpale gali trūkinėti daugybę kartų tol, kol vyksta verpalo tempimas. Ning ir Tao (2001) konstatuoja, kad trūkinėjimas baigiasi tik tada, kai pluošto ilgis pasiekia minimalią vertę, kitaip vadinamą kritinį ilgį l_c . Verpalo įtempimo metu plaukeliai veikia kaip atskirų segmentų seka, kur kiekvienas plaukelis turi trūkimo įtempį. Ryšys tarp pavienių plaukelių ir pluošto stiprio gali būti įvertinamas Kolemano faktoriumi. Pluošto stipruminių rodiklių išnaudojimas verpale gali būtų apskaičiuojamas naudojantis (1.1) formule (Ning ir Tao, 2001):

$$\langle \sigma_y \rangle / \langle \sigma_b \rangle = (l_f / l_c)^{1/\beta \times V_f \eta_q} \quad (1.1)$$

čia $\langle \sigma_y \rangle / \langle \sigma_b \rangle$ – santykis tarp pluošto ir verpalo stiprumo; l_f – pluošto ilgis (mm); l_c – pluošto kritinis ilgis (mm); β – plaukelio formos parametras; V_f – plaukelio užimama dalis pluošto tūryje; η_q – rodiklis, išreiškiantis plaukelių sanglaudos pluošte efektyvumą.

Verpalų naudojimo galimybės labiausiai priklauso nuo jų stiprumo, todėl, žinant jų paskirtį, reikia atitinkamai suprojektuoti ir jų stiprumines charakteristikas. Radivojevic ir kt. (2008) projektuojamų suktų verpalų trūkimo jėgą pasiūlė skaičiuoti pagal (1.2) formulę:

$$Fb_{proj} = Fb_{plis} \times N_{plis} \times \eta \times \cos \beta \quad (1.2)$$

čia Fb_{proj} – verpalų trūkimo jėga (cN); Fb_{plis} – pluošto trūkimo jėga (cN); N_{plis} – plaukelių skaičius verpalo skerspjuvyje; η – pluošto stiprumo išnaudojimo verpale koeficientas (proc.); $\cos \beta$ – sukrio kampas.

Pagal (1.2) formulę suprojektuotos verpalų trūkimo jėgos vertės yra artimos eksperimentiškai išmatuotoms jėgos vertėms. Skirtumas tarp jų siekia tik 7–8 proc., todėl konstatuojama, kad šis teorinis skaičiavimas yra tinkamas verpalams projektuoti.

Žinant procentines mišinio komponentų dalis ir tų komponentų įvairių rodiklių vertes, galima ne tik projektuoti įvairias būsimo verpalo savybes, bet ir išrinkti patį tinkamiausią mišinio variantą (Примагенко, Привалов ir Азамов, 2002). Siekiant tai įrodyti, iš skirtingų rūšių vilnos pluoštų buvo suprojektuoti keturi mišiniai: 1 ir 2 mišiniai buvo suverpti ПБ, o 3 ir 4 – „NOIGET“ firmos verptuvais. Gautus verpalus palyginus pagal planuotą (teorinį) ir faktinį jų trūkinėjimą bei išleidimo greitį, nusta-

tyta, kad vilnionių verpalų, sudarytų iš mišinio 1, faktinis trūkinėjimas 19 proc. mažesnis už planuotą, tačiau faktinis išleidimo greitis 8 proc. mažesnis už planuotą, o tie patys mišriapluoščių vilnionių, sudarytų iš mišinio 3, verpalų rodikliai: faktinis trūkinėjimas viršijo planuotą 59 proc., o teorinis išleidimo greitis buvo 19 proc. mažesnis už faktinį. Taigi trūkinėjimą lemia mišinių sudarančių pluoštų geometriniai ir mechaniniai rodikliai bei komponentų suderinamumas, o išleidimo greitis priklauso ir nuo tinkamo verptuvų parinkimo.

Verpalų kaina – labai svarbus rodiklis, į kurį pirmiausia ir atsižvelgia vartotojas. Ji priklauso nuo avių veislės, auginimo regiono, transportavimo kainos ir t. t. (Разумеев, 2002). Taigi, be kokybinių parametrų, prieš projektuojant verpalus būtina įvertinti ir kainą. Pagal (1.3–1.5) formules galima optimizuoti mišinių sudarymo procesą taip, kad stipruminės verpalų charakteristikos būtų maksimalios, o kaina minimali (Примагенок и kt., 2002):

$$F(\alpha) = \sum_{i=1}^n C_i \times \alpha_i \quad (1.3)$$

čia C_i – i-tojo mišinio komponento kaina (Eur); α_i – i-tojo komponento procentinė dalis mišinyje.

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1 \quad (1.4)$$

Visų komponentų procentinių dalių suma mišinyje turi būti lygi vienam.

$$X_{pr\ verp} = \sum_{i=1}^n \alpha_i \times A_i \quad (1.5)$$

čia $X_{pr\ verp}$ – projektuojama verpalų savybė; α_i – i-tojo komponento procentinė dalis mišinyje; A_i – i-tojo mišinio komponento savybės vertė.

Žinoma, kad, parinkus kuo panašesnių geometrinių rodiklių komponentus mišinyje, iš jų gaunami vienodesni verpalai ir, atvirkščiai – jeigu komponentai mišinyje skiriasi skersmeniu, ilgiu, ilginiu tankiu, tuomet ir verpalai bus labai nevienodi. Indijos mokslininkas Samanta (2014) mišinyje santykiu 75:25, 65:35, 55:45 ir 40:60 maišė 22,5 μm skersmens ir 71,49 mm ilgio merinosų vilną su 2,5 denjė skersmens ir 84,29 mm ilgio poliesterio pluoštu. *Poliesterio pluoštas* (PES) yra 100 proc. sintetinis, o jį sudarančios gijos pasižymi idealiai vienodu skersmeniu per visą ilgį. Gauta, kad, didinant procentinį poliesterio pluošto kiekį mišinyje, 48 nm ir 60 nm ilginio tankio verpalų nevienodumo koeficientas atitinkamai mažėja nuo 13,86 proc. iki 12,89 proc. ir nuo 15,10 proc. iki 13,56 proc.

1.4.2. Technologinės eigos ir įrangos įtaka verpalams

Verpalai gaminami jau nuo seno, o jų pasirinkimas šiuo metu yra ypač platus. Jie gali būti kočiotiniai, pusiau šukuotiniai, šukuotiniai, pagaminti naudojant skirtingas verpimo sistemas (rankinis verpimas, žiedinis verpimas, rotorinis verpimas, ir t. t.). Projektuojant ir gaminant verpalus būtina žinoti, kad verpalų struktūra, jo gamybos būdas bei papildomos apdorojimo technologijos turi įtakos verpalų savy-

bėms. Todėl, iš anksto žinant norimą verpalų struktūros ir savybių derinį, galima tinkamai parinkti gamybos technologijų derinius (Basu, 2009).

Norint pagaminti verpalus, reikia, kad vilnos plaukeliai tarpusavyje kuo stipriau sukibtų, sudarydami sluoksnelį. Greeff, Schlink ir Dowling (2005) įrodė, kad didžiausią įtaką pluošto sukibimui verpalų gamybos metu turi vidutinis vilnos pluošto skersmuo ir jo nevienodumas per plauko ilgį.

Žinoma, kad verpalų geometrinės ir mechaninės savybės priklauso ne tik nuo pusverpalio bei jo kokybinių parametrų, bet ir nuo daug kitų veiksnių, taip pat ir jų gamybos technologinės eigos, pasirinktos verpimo sistemos, naudojamų technologinių įrenginių ir t. t. Pavyzdžiui, nuo būgnų skaičiaus karštuvuose priklauso būsimų verpalų ilginis tankis (Jonaitienė, 2009). Nustatyta, kad mažesne ilginio tankio verčių sklaida pasižymi verpalai, pagaminti naudojant trijų karštuvų (t. y. didesnį būgnų skaičių turintį) agregatą. Šiame literatūros šaltinyje taip pat reziumuojama, kad verpalų ilginis tankis priklauso nuo žaliavos kokybės, karštuvų dangos, atstumų tarp karštuvų dalių, verptuvo tipo ir kitų veiksnių.

Kukcinavičiūtė, Jonaitienė ir Abromavičius (2007) nustatė, kad naujesnio modelio pusverpe FMV 41 pagaminti verpalai yra stipresni, elastingesni, jų trūkimo laikas pailgėja iki 1,36 s, o savitoji trūkimo jėga ir santykinė trūkimo ištįsa padidėja, atitinkamai iki 11,3 cN/tex ir 20,4 proc. nei senesnio tipo pusverpe FMV 30 pagaminti verpalai. Taigi mokslininkai įrodė, kad verpalų stipruminėms savybėms turi įtakos technologinių procesų kokybiniai veiksniai: geresnės, šiuolaikiškesnės kočiojimo ir šukavimo zonos verpalus susilpnina mažiau nei įprastose įrangoje.

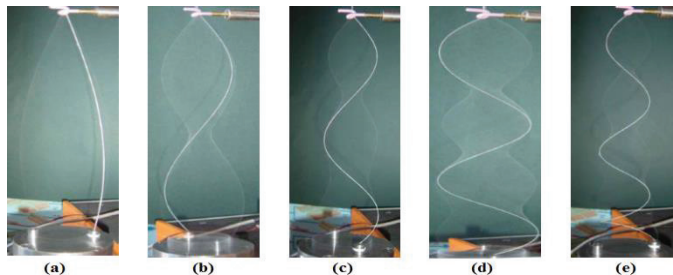
Czekalski, Cyniak, Jackowki ir Sieradzki (2007) nagrinėjo, kaip kinta sanglaudžiojo verpalų ilginis tankis, savitoji trūkimo jėga ir santykinė trūkimo ištįsa priklausomai nuo jų gaminant naudoto sukto ir kočiotinio pusverpalio tipo (55 proc. PES ir 45 proc. vilnos pluoštas). Atsižvelgdami į gautų verpalų ilginį tankį, plonas vietas, plaukuotumą, savitosios trūkimo jėgos variacijos koeficientą, mokslininkai nustatė, kad verpalų, pagamintų iš sukto pusverpalio, kokybė yra patenkinama, o pagamintų iš kočiotinio pusverpalio – labai gera.

Lewandowski (2011) nagrinėjo 15 tex, Z krypties, 770 m⁻¹ sukrio „Suessen“ firmos žiediniais verptuvais Fiomax2000 suverptų verpalų geometrinius ir mechaninius rodiklius ir nustatė, kad šių verpalų ilginio tankio variacijos koeficientas 20,58 proc.; verpalų savitoji trūkimo jėga – 5,03 cN/tex, o verpalų santykinė trūkimo ištįsa – 7,48 proc.

Iš vilnos pluošto šukuotine verpimo sistema suverptų verpalų trūkimo jėga yra atvirkščiai proporcinga verpalų ilginiam tankiui ir sukrumui (Radivojevic ir kt., 2008). Tyrimo metu nustatyta, kad verpalų ilginiam tankiui ir sukriui atitinkamai mažėjant nuo 22,4 tex iki 21 tex ir nuo 665,4 m⁻¹ iki 570,5 m⁻¹, verpalų trūkimo jėga analogiškai sumažėja nuo 42,3 cN iki 33,2 cN. Anot autorių, mažėjant verpalų ilginiam tankiui, mažėja ir jų išeiga.

Mokslininkai Radivojevic, Stamenkovic, Stepanovic ir Traikovic (2008) bei Tang, Wang ir Fraser (2005) tyrinėjo „baliono“ efektą (1.20 pav.), siekdami įvertinti šio efekto poveikį verpalų savybėms. Kaip matyti iš 1.20 pav. pateiktų nuotraukų, 70,1 tex ilginio tankio vilnionių verpalų ilgis „balione“ yra skirtingas: a) 10,3 cm,

b) 11 cm, c) 12 cm, d) 13,5 cm, e) 16,5 cm. Mokslininkai Tang ir kt. (2005) nustatė, kad, mažėjant verpalų ilgiui „balione“, proporcingai mažėja ir verpalų įtempis jame, tačiau svarbų vaidmenį taip pat atlieka ir verpalų sukamasis greitis.



1.20 pav. Įvairios „baliono“ formos (Tang ir kt., 2005)

Anot Radivojevic ir kt. (2008), matuojant įtempį verpalų užvijimo proceso metu reikia nepamiršti, kad galutinė įtampa būtent ir priklauso nuo „baliono“ aukščio, pervijimo greičio ir papildomos temptuvuose sudarytos įtampos. Šie mokslininkai taip pat nustatė, kad nuo įtempio „balione“ priklauso verpalų tamprumas ir išėiga.

1.4.3. Verpalų geometrinės ir mechaninės savybės

Projektuojant verpalus labai svarbus veiksnys yra tinkamas komponentų parinkimas ir jų vienodumas (Samanta, 2014, Tvarijonavičienė ir kt., 1990). Nustatyta, kad, didinant PES pluošto kiekį vilnos ir PES mišinyje, pusvilnionių ir vilnionių verpalų geometrinės ir mechaninės savybės skiriasi: pusvilnionių verpalų ilginis tankis padidėja nuo 23,9 tex iki 25 tex, savitoji trūkimo jėga – nuo 6,08 cN/tex iki 9,94 cN/tex, santykinė trūkimo ištįsa – nuo 8,3 proc. iki 16 proc., o savitasis trūkimo darbas nuo 3,2 J/g padidėja net 3 kartus. Taip pat, didinant PES pluošto kiekį mišinyje, verpalų santykinės trūkimo ištįsos ir savitojo trūkimo darbo variacijos koeficientai atitinkamai sumažėja nuo 30,6 proc. iki 12,9 proc. ir nuo 44,9 proc. iki 23,8 proc. (Tvarijonavičienė ir kt., 1990).

Įrodyta, kad pagamintų verpalų garinimas garo kameroje pagerina ne tik jų pušiausvrumą, bet ir mechanines savybes. Ištyrus grynvilnių ir pusvilnionių (70 proc. vilnos pluoštas, 30 proc. PES) verpalų ilginį tankį, absoliučiąją ir savitąją trūkimo jėgas bei santykinę trūkimo ištįsą po 15 min. garinimo garo kameroje (1000 °C) $6,7 \times 10^{-4}$ Pa (0,7 atm) vakuume, gauta, kad grynvilnių verpalų savitoji trūkimo jėga po garinimo padidėja nuo 5,69 cN/tex iki 6,08 cN/tex, o santykinė trūkimo ištįsa nuo 6,6 proc. iki 8,3 proc. (Tvarijonavičienė ir kt., 1990).

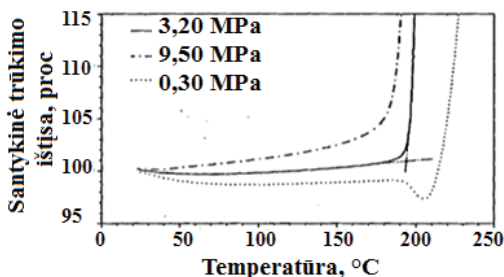
Vilnionių verpalų dažymas yra labai dažna technologinė operacija, be kurios šiuolaikinė vilnos pramonė jau sunkiai įsivaizduojama. Vilnai dažyti naudojami dažai ir pigmentai gali būti natūralūs arba dirbtiniai / cheminiai. Iranietis mokslininkas Haji (2012) ištyrė beicų kiekio, laiko ir šilumos poveikį natūralių katijoninių dažų iš raugerškio šaknies ryškumui dažant vilnionius antrinius verpalus ($N_m=400$). Nustatyta, kad, didinant dažymo laiką bei temperatūrą, dažų spalvos intensyvumas didėja. Anot autorių, dažai greičiau įsisiskverbia į tuos verpalus, kurie yra beicuoti: dažų mo-

lekulės prisijungia prie metalo atomų ant vilnos pluošto paviršiaus ir tampa didesnės, todėl lengviau išiskverbia į pluoštą.

Hajilaki, Ashjaran ir Hoseinkhani (2012) nustatė, kad skirtingos dažymo sąlygos (t. y. parinkti skirtingi natūralūs ir cheminiai beicai) ir pH turi skirtingą poveikį mechaninėms vilnionių verpalų savybėms: savitajai trūkimo jėgai ir santykinei trūkimo ištįsai. Rasta, kad vilnionių verpalų, apdorotų chromu, šie rodikliai yra atitinkamai 4,7 cN/tex ir 4,4 proc., o apdorotų meta chromu – tik 2 cN/tex ir 3,7 proc. Taigi oksidacija turi neigiamą įtaką vilnioniams verpalams.

Mokslininkų Cao ir Bhojra (2001) tyrimo metu merinosų vilnos verpalai specialioje dujų kameroje buvo apdoroti helio dujomis, tuomet, palaipsniui nuo 20 °C iki 350 °C didinant temperatūrą, drėgnos būklės (drėgnis 50 proc.) pratempti ir ištemptos būklės išdžiovinti.

Kaip matyti iš 1.21 pav. pateiktų *termomechaninės analizės* (TMA) kreivių, esant mažiausiai 0,3 MPa apkrovai, merinosų vilnos verpalai nutrūksta esant 200 °C temperatūrai. Anot autorių, tai susiję su tuo, kad, esant tokiai temperatūrai, α spiralinės antrinės struktūros kristalitai vilnos pluošte išsilydo ir taip sumažina pluošto stiprumą. Šio tyrimo metu nustatyta, kad, apkrovą didinant nuo 0,3 MPa iki 9,5 MPa, temperatūra, kai verpalai nutrūksta, mažėja. Vadinasi, apkrova, o ne temperatūra turi didesnę poveikį vilnionių verpalų stiprumui.



1.21 pav. Vilnionių verpalų termomechaninės analizės kreivės (Cao, Bhojra, 2001)

Jau buvo minėta, kad gyvūno amžius turi įtakos pluošto geometriniais ir mechaniniams rodikliams, o šie savo ruožtu keičia ir verpalų savybes. Mokslininkų Sharma ir Pant (2013) gauti rezultatai rodo, kad iš 100 proc. Bikaneri veislės kupranugarių jauniklių pluošto (KJ) verpalai yra plonesni ($N_m = 8,88$) ir pasižymi mažesniu sukriu ($9,93 \text{ m}^{-1}$), todėl pasižymi mažesne savitąja trūkimo jėga ($1,02 \text{ g/tex}$) ir santykine trūkimo ištįsa (4,62 proc.) nei verpalai iš 100 proc. suaugusių kupranugarių pluošto (KS). Nustatyta, kad jauniklių pluoštas plonesnis ($23,49 \mu\text{m}$), trumpesnis (7,08 cm), labiau rangytas (1,6 ringiai/cm), pasižymi didesne savitąja trūkimo jėga ($21,99 \text{ g/tex}$) ir santykine trūkimo ištįsa (31,73 proc.), todėl ir tyrimo metu nustatyta, kad, nuo 25 proc. iki 75 proc. didinant procentinį kupranugario jauniklio pluošto kiekį mišinyje, verpalų iš šio mišinio savitoji trūkimo jėga atitinkamai didėja nuo $1,525 \text{ g/tex}$ iki $1,65 \text{ g/tex}$. Stobart ir kt. (1986) įrodė, kad šukuotinių verpalų ilginio tankio vertės mažėja priklausomai nuo avių amžiaus: 1–2 metų Polypay veislės avių amžiaus grupėje ilginis tankis yra didžiausias: 99,4–104,5 tex, o 4 metų amžiaus grupėje mažiausias ir kinta nuo 97,6 iki 98,0 tex. Nustatyta, kad, gyvūno amžiui

didėjant nuo 1 iki 4 metų, šukuotinių verpalų iš to pluošto savitoji trūkimo jėga atitinkamai mažėja nuo 5,34 cN/tex iki 4,41 cN/tex.

Apibendrinimas. Pluošto geometriniai ir mechaniniai bei kiti kokybiniai (pvz., gyvūno amžius) rodikliai turi ypač didelę įtaką verpalų savybėms, todėl verpalų projektavimo etape būtina atsižvelgti į procentinę komponentų dalį mišinyje ir įvertinti įvairius jų rodiklius. Norint pagaminti kokybiškus, vienodus verpalus, labai svarbu apgalvotai ir teisingai parinkti mišinio komponentus. Tam tikro komponento procentinis kiekis mišinyje gali nulemti verpalų mechaninių rodiklių variacijos koeficientų vertes, pvz., PES procentinis kiekis didinimas mišinyje sumažina verpalų santykinės trūkimo ištįsos bei savitojo trūkimo darbo variacijos koeficientų vertes. Tinkamas verpalų gamybos technologinės eigos bei agregatų parinkimas – dar vienas svarbus žingsnis, kuris gali itin smarkiai nulemti būsimų verpalų stiprumines savybes. Projektuojant verpalus taip pat reikia įvertinti ir jų tolimesnį konkretų panaudojimą, verpalų savikainą ir kitus veiksnius. Pavyzdžiui, verpalų apdorojimas dažais gali neigiamai paveikti stiprumines jų savybes.

1.5. Tekstilės medžiagų iš baltyminių pluoštų savybės

Technologinis procesas nuo pluošto iki tekstilės medžiagos yra labai ilgas – vilnos pluošto nukirpimas, jo skalbimas ir džiovinimas, karšimas, šukavimas, verpimas, dažų paruošimas ir verpalų dažymas, cheminė apdaila, vėlimas, audimas arba mezgimas (Roy, Farooque, Sharma ir Palni, 2002).

1.5.1. Tekstilės medžiagų mechanines ir funkcines savybes nulemiantys veiksniai

Kaip jau buvo aptarta 1.4.3. skyrelyje, pluošto geometrinės ir mechaninės savybės lemia verpalų savybes, kurios savo ruožtu turi įtakos jau tekstilės medžiagų savybėms. Sharma ir Pant (2013a, 2013b) atliko net kelis tyrimus, kurių metu nagrinėjo lygiuoju skersiniu pynimu 6E klasės mezgimo mašina numegztų mezginių geometrines ir mechanines savybes. Nustatyta, kad nors didžiausia storio ($N_m = 13,70$), savitosios trūkimo jėgos (2,02 g/tex) ir santykinės trūkimo ištįsos (7,74 proc.) vertė pasižymi verpalai iš 100 proc. merinosų vilnos pluošto, o mažiausiomis minėtų rodiklių vertėmis – verpalai iš kupranugario jauniklio plaukų, tačiau, didinant kupranugario jauniklio plaukų kiekį tiek mišinyje su suaugusio kupranugario, tiek su merinosų vilnos pluoštu, mezginio savybės kinta taip: mezginio storis, trūkimo jėga ir šiluminė varža didėja, oro laidumas – mažėja.

Pluošto rangytumas taip pat turi įtakos mezginio savybėms. Santykiu 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 tarpusavyje maišant ypač ploną avių (pluošto banguotumas 74°/mm ir 114°/mm) ir kašmyro pluoštą (pluošto banguotumas 49°/mm), buvo gauti verpalai, iš kurių 23 klasės mezgimo mašina mokslininkai McGregor ir Postle (2008) numezgė lygiojo skersinio pynimo mezginius. Anot autorių, didinant kašmyro pluošto kiekį mišinyje, mezginys tampa švelnesnis, minkštesnis, lygesnis ir elastingesnis. Išmatuota, kad mezginiai iš mažo banguotumo vilnos verpalų pasižymi panašiomis stipruminėmis savybėmis, kaip ir mezginiai iš kašmyro pluošto verpalų.

Kaip jau buvo aptarta 1.1.2. skyrelyje, skirtingi baltyminiai pluoštai pasižymi skirtingu žvynelių aukščiu bei pasiskirstymo dažniu per plauko ilgį, todėl mokslininkai tiria gyvūno veislės įtaką pluošto vėlimosi ypatumams bei būsimo veltinio savybėms. Indijos mokslininkai Raja ir kt. (2013), įvairiu santykiu tarpusavyje maišydami storą (60,39 μm) ir pusplonę (27,03 μm) avių vilną, pagamino mišinius, iš kurių suvėlė veltinius. Tyrimo metu išmatuota, kad, mažinant storos vilnos procentinę kiekį mišinyje, veltinio storis atitinkamai mažėja nuo 2,03 cm iki 1,73 cm, tačiau veltinio tankis padidėja nuo 0,2281 g/cm^3 iki 0,3687 g/cm^3 . Todėl galima teigti, kad ne tik nuo plauko skersmens, bet ir nuo žvynelių pobūdžio priklauso veltinio tankis, t. y. jame užsilaikančių plaukelių kiekis.

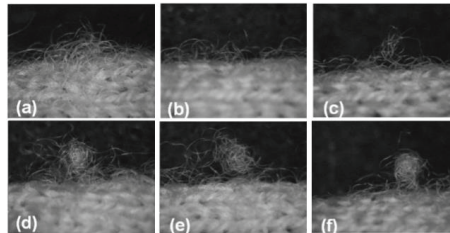
Liu ir Wang (2007) nustatė, kad svarbų vaidmenį veltinio gamyboje atlieka žvynelių aukštis bei dažnumas plauko paviršiuje, tačiau, anot jų, veltinio sandaros tankumui bei tvirtumui didžiausią įtaką turi geometriniai pluošto rodikliai: vidutinis skersmuo ir ilgis. Nustatyta, kad, avių ir alpakos pluošto vidutiniam ilgiui sumažėjus iki 55 mm, veltinio tankumas atitinkamai sumažėja 1,3–22 proc. Liu ir Wang (2007) nustatė atvirkštinę priklausomybę tarp vidutinio pluošto skersmens ir veltinio tankumo: avių ir alpakos vilnos pluošto skersmeniui atitinkamai didėjant nuo 17 μm iki 25 μm ir nuo 19 μm iki 33 μm , veltinio tankumas atitinkamai mažėja 0,10–0,05 g/cm^3 ir 0,19–0,10 g/cm^3 .

Medžiagos iš prabangių vilnos pluoštų (angoros triušių ir ožkų, kašmyro) yra ypač švelnios ir minkštos, todėl jau nuo seno labai vertinamos ir brangios. Vis dėlto Mengüç ir kt. (2015) atliktas tyrimas rodo, kad švelnumas yra labai subjektyviai vertinamas ir skirtingai suvokiamas pojūtis. Apskritąja mezgimo mašina lygiuojų skersiniu pynimu numegzti gaminiai buvo subjektyviai vertinami pagal šiurkštumo ir standumo laipsnį. Autoriai apibendrina, kad, mišinyje didinant įvairių vilnų pluošto procentinę kiekį, mezginio iš tų verpalų šiurkštumo pojūtis didėja, o, mišinyje padidinus viskozinio arba šilko pluošto procentinę kiekį, rezultatas yra priešingas.

Nors daugiausia vilnos pluošto vis dar yra sunaudojama viršutiniams vyrų bei moterų drabužiams (megztiniams, kelnėms, paltams), įvairios paskirties aksesuarams (pirštinėms, šalikams, kepurėms) bei kilimams gaminti, tačiau mokslininkai Roy ir kt. (2002) teigia, kad yra gaminama ir daug vilnionių medžiagų, pasižyminčių tik tam tikromis ar net specialiomis ir išskirtinėmis savybėmis. Tyrėjai Fanguero, Gonzales, Soutinho ir Freitas (2009) bei Fanguero, Soutinho ir Freitas (2010) vilnos pluoštą maišė su naujos kartos dirbtiniais pluoštais (Coolmax ir Fincool), siekdami sukurti drėgmės sugėrimu ir jos išgarinimu pasižyminčius verpalus, o iš jų pagaminti išmaniąsias tekstilines medžiagas. Tyrimų metu nustatyta, kad didžiausiu drėgmės sugėrimu vertikaliają ir horizontaliąją kryptimis pasižymi mezginiai iš 100 proc. „Coolmax“, prasčiausiu – iš 100 proc. vilnos pluošto. Autorių teigimu, vilnos pluošto procentinio kiekio didinimas mišinyje su „Coolmax“ pluoštu tiesiogiai proporcingas mezginio drėgmės sugėrimo mažėjimui. O mokslininkės Bivainytė ir Mikučionienė (2011a) nustatė, kad dvisluoksnių mezginių, pagamintų tarpusavyje derinant natūralius verpalus ir sintetinius siūlus, drėgmės sugėrimo greitis priklauso ne tik nuo mezginio žaliavos, bet ir nuo horizontaliojo bei vertikalojo mezginio tankumo, o svarbiausia – nuo paties pynimo.

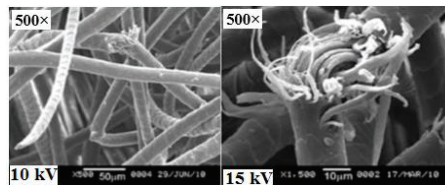
1.5.2. Tekstilės medžiagų funkcinės savybės

Žinoma, kad didžiausią įtaką tekstilės medžiagų kokybei eksploatacijos metu turi jų neglamžumas, matmenų stabilumas, kritumas, atsparumas dėvėjimuisi, blizgumas, laidumas orui, tankumas, atsparumas pumpuravimuisi ir t. t. (Grigaitytė, Ragaišienė, 2011). Dažniausiai tekstilės medžiagų varginimas yra atliekamas Martindale dilinimo mašina (Ragaišienė ir Milašienė, 2013; Wan, Jiang, Yu ir Cong, 2014). Pumpuravimosi ir varginimo tyrimai leidžia įvertinti vilnionių mezginių ilgą amžiškumą. Kaip matyti iš 1.22 pav. pateiktų 14 klasės mezgimo mašina lygiuoju skersiniu pynimu numegztų mezginių nuotraukų, cheminis merinosų vilnos pluošto apdorojimas chloru ir oksidu didina mezginio atsparumą pumpuravimuisi (Wan, Yu, 2011).



1.22 pav. Vilnionių mezginių pūkavimosi rezultatai: a) neapdorota vilna (2 val.) b) chloruota vilna (2 val.) c) oksiduota vilna (2 val.), d) neapdorota vilna (4 val.), e) chloruota vilna (4 val.), f) oksiduota vilna (4 val.) (Wan, Yu, 2011)

Kaip matyti iš SEM nuotraukų (1.23 pav.), lygiuoju skersiniu pynimu numegzto mezginio varginimas turi įtakos vilnos pluoštui, kuris nuo trynimo trūksta, ir atsiveria vidinės plauko sandaros struktūros, o kartu pažeidžiama ir mezginio sandara (Wan ir kt., 2014).



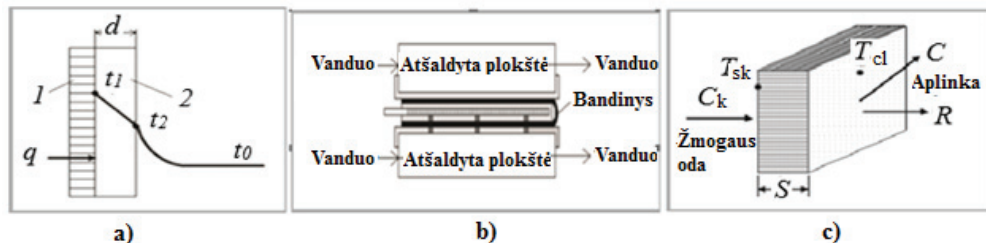
1.23 pav. Vilnos pluošto plyšiai, atsiradę varginimo metu (Wan ir kt., 2014)

Vilnionių audinių apdorojimas ultragarsu turi įtakos jų stipruminėms ir šiluminėms savybėms (Li ir kt. 2011, Li, Hurren ir Wang, 2012). Li ir kt. (2011) nustatė, kad, lygiojo skersinio pynimo vilnionius audinius suskirsčius į 3 grupes ir kiekvieną jų skirtingai apdorojus: 1 grupės audinius 1 val. laikius 50 °C temperatūros vandenyje; 2 grupės audinius – specialioje ultragarso vonelėje 1 val. 50 °C vandenyje; 3 grupės audinius – tomis pačiomis sąlygomis 2 val., didžiausia trūkimo jėga (129,11 N) pasižymi specialioje ultragarso vonelėje 1 val. laikyti 2 grupės audiniai. Apdorojimo ultragarsu trukmę padidinus iki 2 val., audinių trūkimo jėga sumažėjo iki 117,43 N. Be to, rasta, kad, didinant apdorojimo ultragarsu trukmę, audinių trū-

kimo ištiesos vertė atitinkamai mažėja: 1 grupė – 56,11 proc., 2 grupė – 53,06 proc., 3 grupė – 48,50 proc.

1.5.3. Tekstilės medžiagų šiluminės savybės

Vienos pačių svarbiausių tekstilės medžiagų šiluminių savybių yra: šiluminis laidumas, šiluminė varža, šilumos sugėrimas ir šiluminiai mainai (Özçelik, Çay ir Kirtay, 2007). Šiluminiams mainams (t. y. šilumos kiekiui, kurį tekstilinė medžiaga pro save praleidžia į aplinką) geriau įsivaizduoti ir suprasti mokslininkai pateikia kelias schemas (1.24 pav.).

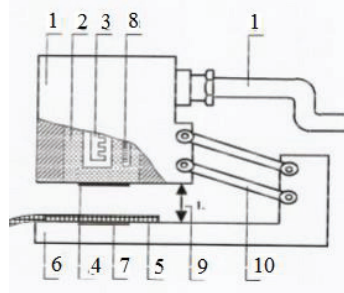


1.24 pav. Šiluminių mainų matavimo schemas (Korycki, Więzowska, 2008; Oğulata, 2007; Ziegler, Kucharska-Kot, 2006)

1.24 pav., a, pavaizduota šiluminių mainų pro plokščią tekstilės medžiagą į aplinką tyrimo metodika (žmogaus kūno imitacija), kur: 1 – įkaitinta plokštė, 2 – bandomasis tekstilės gaminys, q – šilumos srautas, perneštas per gaminio sluoksnį, d – gaminio storis, t_0 – aplinkos temperatūra, t_1 – temperatūra taške tarp įkaitintos plokštės ir bandomojo gaminio, t_2 – temperatūra išorinėje bandomojo gaminio pusėje (Ziegler, Kucharska-Kot, 2006). Šiuo atveju šiluminiu mainų koeficientas k yra apskaičiuojamas perneštą šilumos srautą q padalijus iš skirtumo tarp t_1 ir t_0 . 1.24 pav., b, pateikta schema vaizduoja kitą, labiau izoliuotą ir turintį daugiau matavimo taškų šiluminių mainų matavimo būdą. Anot Korycki ir Więzowska (2008), šioje „daugiasluoksnyje“ sistemoje bandomasis tekstilės gaminys dedamas tarp kailinių tekstilės medžiagų, kurių viena yra įšilusi nuo šildomos plokštės, kita atvėsusi nuo atšaldytos plokštės, ir tokioje izoliuotoje aplinkoje yra matuojamas šiluminis srautas pro bandomąjį gaminį. 1.24 pav., c, pateikta schema vaizduoja realius šiluminius mainus tarp žmogaus odos ir aplinkos, kai temperatūrą lėčiau ar greičiau pro save praleidama / sulaikydama tekstilės medžiaga vėsina arba kaitina žmogaus kūną (Oğulata, 2007). Schemos žymėjimai yra tokie: R – pro drabužį praleidžiamas šilumos srautas, C – šilumos nuostolis dėl šiluminio spinduliavimo, C_k – šilumos nuostolis dėl konvekcijos, T_{sk} – žmogaus odos temperatūra, T_{cl} – drabužio išorinės pusės temperatūra ir S – drabužio storis.

Literatūros analizės metu pastebėta, kad tekstilės medžiagų šiluminėms savybėms nustatyti itin dažnai naudojamas Alambeta prietaisas (Ferri, 2012; Gunesoglu, Meric ir Gunesoglu, 2005; Matusiak, 2006). Šiuo prietaisu yra išmatuojamas šiluminis laidumas, o, žinant tekstilės medžiagos storį, vėliau apskaičiuojama ir šiluminė varžos vertė. Alambeta prietaiso veikimo schema pateikta 1.25 pav. (Legerská, Lizák, Drobný ir Ligas, 2012). Įjungus prietaisą, karšta matavimo plokštė pakyla,

sudarydama atstumą tarp savęs ir šaltos plokštės. Tuomet ant šaltos plokštės padedamas bandinys ir nuleidžiama matavimo plokštė. Kai matavimo plokštė nusileidžia ant bandinio, pradedami matuoti tyrimo rodikliai, kurie po minutės pasirodo prietais-o ekrane.



1.25 pav. Alambeta technologinė schema: 1 – kaitintuvas, 2 – termostatas, 3 – kaitinimo elementas, 4 ir 7 – šilumos srauto reguliatoriai, 5 – bandinys, 6 – šalta metalinė plokštė, 8 – termometras, 9 – atstumas tarp šaltos ir karštos metalinės plokštės, 10 – mechaninis aukščio reguliatorius (Lagerská ir kt., 2012)

Be paties pluošto ar tarpinių pusgaminių savybių, tekstilės medžiagų šiluminėms savybėms įtaką turi ir papildomi veiksniai (pvz., medžiagos rūšis, storis, pynimas ir kiti). Mezginyms – tai iš kilpų ir tašų sudaryta korėta struktūra, kurios akyta sandara turi unikalią įtaką laidumui orui bei šilumai. Išanalizavę priklausomybę tarp įvairių lygiuoju skersiniu pynimu numegztų mezginių savybių (mezginio storio, tankio, padengimo faktoriaus, porėtumo) ir jų šiluminės varžos, mokslininkai Čubrik, Skenderi, Mibelić-Bogdavic ir Andrassy (2012) nustatė, kad didžiausią poveikį mezginio šiluminei varžai turi mezginio apdaila. Balinimas ir dažymas mezginio struktūrai suteikia papildomo stabilumo, kuris užtikrina didesnę šiluminę varžą.

Iš plonos ir pusstorės vilnos bei akrilano pluoštų pagamintų verpalų 12 klasės „Sangiaco 4100 HT“ mezgimo mašina mokslininkai Amber ir kt. (2015) numegzė trijų rūšių (lygiojo skersinio, pusiau pliušinio ir pliušinio pynimo) mezginius ir įrodė, kad priklausomybės tarp pluošto rūšies ir mezginio šiluminių savybių nėra, o verpalų struktūros poveikis mezginio šiluminiams laidumui bei varžai nėra toks reikšmingas, kaip paties mezginio struktūra. Anot autorių, būtent pliušinė struktūra turi įtaką termoizoliacinėms mezginio savybėms: pliušiniai mezginiai pasižymi didžiausia šilumine varža ($0,085 \text{ m}^2\text{K/W}$), kadangi yra storiausi ir tankiausi, palyginti su pusiau pliušiniais ($0,08 \text{ m}^2\text{K/W}$) ir lygiojo skersinio pynimo ($0,055 \text{ m}^2\text{K/W}$) mezginiais.

1.1.2 ir 1.3.2. skyreliuose jau buvo aptarta, kad kai kurių baltyminių pluoštų (kupranugario, alpakų vilnos, triušių pūkų ir t. t.) skerspjūvyje yra įvairios struktūros kanalų, nuo kurių gali priklausyti pluoštų šiluminės savybės. Shakyawar, Patni ir Gupta (2007) tyrimų rezultatai rodo, kad ploniausio ($3,64 \text{ mm}$) ir pasižyminčio vienu mažiausiu tankumu (694 g/cm^3) veltinio iš 100 proc. triušio pūkų šiluminis laidumas taip pat buvo mažiausias ($2,5 \times 10^{-3} \text{ cal/}^{\circ}\text{Cms}$) tarp visų tirtų veltinių. Anot

autorių, tokius rezultatus galima nulėmė kanalo dažnumas, kuris triušio pūkuose yra pakankamai didelis –74 proc.

Natūralus vilnos pluoštas yra hidrofilinis, todėl, didinant temperatūrą, molekulių struktūroje esanti drėgmė pradeda garuoti (Hsiek, Huang, Huang ir Tseng, 2004). Tyrimo metu nustatyta, kad, temperatūrą nuo 100 °C didinant iki 200 °C ir daugiau, neapdoroto vilnonio gaminio DSC kreivė prie 230 °C temperatūros pasiekia piką, kai keratino kristalizacija jau pradeda nykti, o antrame pike, esant 230–275 °C temperatūrai, vilnos pluoštą sudarantys komponentai pradeda skilti.

Nors ir labai subjektyvus, tačiau itin svarbus tekstilinių medžiagų šiluminių savybių matavimo kriterijus yra žmogiškasis pojūtis tą gaminių dėvint. Dėl šios priežasties yra atlikta nemažai tyrimų, kurie įvertina skirtumą tarp subjektyvaus žmogiškojo pojūčio ir faktinių šilumos bei drėgnio matavimo verčių.

Skirtingos pluoštinės sudėties kepurų vartojamąsias savybes (šilumos ir drėgnio pojūtį bei bendrą komforto jausmą) išbandė ir subjektyviai įvertino tyrimo metu atrinkti bandytojai (Jun, Park, Shim ir Kang, 2009). Šilumos ir drėgnio pojūčiai pačių bandytojų buvo vertinami pagal 1–5 balų sistemą, tačiau tyrimo metu taip pat buvo atlikti ir faktiniai laidumo orui, šiluminių ir drėgnio mainų visų kepurų tyrimai. Išmatuotas ruoželinio pynimo vilnonės kepurės (98 proc. vilnos pluoštas, 2 proc. poliuretanai) laidumas orui yra 14,38 cm³/cm²/s, šilumos laidumas 3,17 10⁻⁴ × W/cm·°C, o šiluminių mainų koeficientas 3,96 10⁻³ × W/cm² °C. Nors šie faktiniai matavimai ir rodo, kad vilnonės kepurės viduje temperatūra ir drėgnis yra didžiausi tarp visų tirtų kepurų, tačiau, bandytojų nuomone, vilnonė kepurė jiems suteikė maksimalų vėsos ir sausumo pojūtį.

Tačiau net keli tyrimai patvirtina, kad kartais žmogiškasis komforto suvokimas atitinka ir mokslininkų gautus rezultatus. Štai McGregor ir kt. (2015) nustatė, kad subjektyvus „šalta / šilta“ savybės įvertinimas atitinkamai yra susijęs su 24 klasės mezgimo mašina lygiu lygiu skersiniu pynimu numegzto mezginio storiu, kuris tyrimo metu svyruoja 0,55–0,85 mm. Mezginio storiui didėjant, bandytojų nuomone, mezginyje tampa „šiltesnis“, ir atvirkščiai.

Iš tiriamąjį bandinį skenuojančios galvutės ir rezultatus įrašančio kompiuterio susidedantis *vilnos komforto matuoklis* (VKM) buvo naudojamas net kelių tyrėjų darbuose. Jun ir kt. (2009) 24 klasės mezgimo mašina iš 100 proc. vilnos verpalų ir 18 klasės mezgimo mašina iš 80 proc. vilnos ir 20 proc. elastano pluošto verpalų numegztų mezginių *santykinę temperatūrą* (T) ir *santykinę drėgnį* (SD) VKM matavo 20, 30 ir 35 °C temperatūroje, oro drėgnį atitinkamai didindami iki 50, 65 ir 80 proc. Nustatyta, kad, esant aukštesnei aplinkos temperatūrai ir drėgniui 65–75 proc., VKM išmatuota vertė mažėja, palyginti su vertėmis, išmatuotomis esant žemesnei temperatūrai ir drėgniui. Panašius rezultatus gavę Naebe ir kt. (2013, 2015) aiškina, kad VKM išmatuotos vertės atitinka realius žmogiškus pojūčius: juk, didinant aplinkos temperatūrą ir drėgnį, žmogaus oda pasidaro jautresnė vilnonio gaminio sukeliama niežuliui, šiurkštumui. Taigi VKM metodas yra tinkamas iš anksto prognozuoti įvairias tekstilinių gaminių vartojamąsias savybes ir „nuspėti“ žmogiškuosius pojūčius tą gaminių dėvint.

Kadangi šiame tiriamajame darbe šiluminės vilnonių tekstilės medžiagų savybės yra itin svarbios ir aktualios, todėl ir literatūros apžvalgoje siekiama išsiaiškinti egzistuojančias priklausomybes tarp sandaros ir šiluminių rodiklių ne tik vilnonėse, bet ir medvilninėse, lininėse, viskozinėse, šilkinėse ar sintetinėse tekstilės medžiagoje.

Čiuo, Abramavičiūtės (2010) tyrimo duomenimis, mezginio laidumas orui priklauso ne tik nuo paviršinio tankio, verpalų ilginio tankio, bet ir nuo žaliavos. Išmatuota, kad mažiausiomis laidumo orui vertėmis pasižymi mežginiai iš natūralių pluoštų ir elastano 20 tex ilginio tankio verpalų, o didžiausiomis – atitinkamai mežginiai iš 28 tex ilginio tankio verpalų iš natūralių: medvilnės, viskozinio bei sojų pluoštų. Anot Čiuo, Abramavičiūtės ir Kerpausko (2010), mežginių iš 28 tex ilginio tankio natūralių (medvilnės, viskozinio, sojų pluoštų) verpalų šiluminio laidumo koeficientas svyruoja 0,0228–0,0329 W/mK, o iš 42 tex ilginio tankio analogiškų verpalų – 0,0277–0,0336 W/mK. Vadinasi, išankstinis šiluminio laidumo koeficiento prognozavimas yra susijęs su tinkamu žaliavos ir verpalų ilginio tankio parinkimu. Čiukas, Abramavičiūtė ir Kerpauskas (2011) taip pat pabrėžia, kad verpalų ilginio tankio padidėjimas tiesiogiai susijęs su mežginių šiluminės varžos sumažėjimu.

Mokslininkai Puszkarz ir Krucinska (2016) tyrinėjo lygiojo skersinio pynimo mežginius, pasižyminčius panašiomis storio, kilpos ilgio ir naudotų verpalų storio vertėmis, tačiau besiskiriančius naudota žaliava. Anot šių tyrėjų, tarp mežginio ir jame naudoto pluošto šiluminių savybių yra aiškus ir nepaneigiamas ryšys, todėl tikslūs pluošto šiluminių rodiklių matavimai ir jų metu gauti rezultatai gali padėti prognozuoti mežginių iš šių pluoštų termoizoliacines savybes.

Priklausomybės tarp mežginio kilpos ilgio, pluoštinės sudėties ir jų įtakos laidumui orui buvo nagrinėjamos Çoruh (2015). Nustatyta, kad, didėjant kilpos ilgiui, lygiuojant skersiniu pynimu numegztų mežginių iš viskozinių, medvilnių ir PES verpalų laidumas orui taip pat didėja, o šiluminis laidumas mažėja.

Özdel, Marmarali ir Kretzschmar (2007) įrodė, kad, mažėjant verpalų storiui, apskritą mežgimo mašina lastikiniu 1×1 pynimu iš jų numegztų mežginių šiluminis laidumas ir šilumos absorbcija taip pat mažėja. Taip pat nustatyta, kad verpalų sukris mežginių šiluminiams laidumui ir šiluminei varžai įtakos neturi.

Bivainytė, Mikučionienė ir Milašienė (2012) tyrė mežginio pynimo ir naudotų verpalų žaliavos įtaką dvisluoksnio mežginio šiluminiams mainams. Nustatyta, kad žaliavos rūšis šio tyrimo metu jokio poveikio šiluminiams mainams neturėjo, o pagrindinis faktorius, lemiantis šiluminio srauto greitį, yra mežginio struktūra, t. y. pynimas ir nuo jo priklausantis kilpos ilgis. Tokias pačias išvadas savo tyrimo metu pateikė ir Amber ir kt. (2015). Bivainytė ir Mikučionienė (2011b) konstatavo, kad mežginių kilpos ilgis ir laidumas orui tarpusavyje yra labai susijusios charakteristikos, priklausomybės tarp jų neapibrėžties koeficientas yra $R^2 = 0,8406$.

Kaip jau buvo minėta šio skyrelio pradžioje, vilnonio mežginio struktūra ir termomechaniniai rodikliai tarpusavyje yra itin glaudžiai susiję. Tokia pati tendencija yra nustatyta ir tiriant iš kitų žaliavų pagamintus mežginius ar audinius. Oglakcioğlu ir Marmarali (2007) įrodė, kad medvilninio mežginio pynimas ir storis turi tiesioginę įtaką šilumos laidumui, šiluminei varžai ir absorbcijai. Tyrimo metu gauti

rezultatai rodo, kad 0,84 mm storio lygiojo skersinio pynimo mezginiai pasižymi mažesnėmis šiluminio laidumo, šiluminės varžos ir šiluminės absorbcijos vertėmis nei 1,14 mm storio lastikinio 1×1 ir 1,4 mm storio interlokinio pynimo mezginiai (Oğlakcioğlu, Marmarali, 2007). Gupta, Srivastava ir Kale (2013) konstatavo, kad beveik dvigubai storesnis (0,87 mm) lastikinio pynimo mežginys yra beveik tris kartus laidesnis orui ir pasižymi 25 proc. didesne šilumine varža nei 0,57 mm storio lygiojo skersinio pynimo mežginys. Tie patys autoriai įrodė, kad panašaus storio drobinio ir ruoželinio pynimo audiniai pasižymi panašiomis šiluminės varžos vertėmis, tačiau kartu drobinio pynimo audinio laidumas orui yra dvigubai didesnis nei ruoželinio pynimo audinio (Gupta ir kt., 2013).

Audinio tankumas taip pat turi įtakos šiluminėms savybėms. Rosace, Guido, Colleoni ir Barigozzi (2016) nustatė, kad, didėjant audinio paviršiniam tankumui, pike pynimo audinių šiluminė varža mažėja, o drobinio ir satininio pynimo – nesikeičia. Rezultatai rodo, kad, didėjant audinio paviršiniam tankumui, drobinio, satininio ir pikė pynimo audinių šiluminis laidumas ir šiluminė absorbcija taip pat didėja. Matusiak (2006) išmatavo ruoželinio 2×1 pynimo nuaustų medvilninių audinių šiluminį laidumą ir nustatė, kad jis atitinkamai mažėja mažėjant audinių tankumui. Atvirkštinė priklausomybė nustatyta tarp audinio tankumo ir šiluminės varžos: audiniui tankėjant, šiluminė varža didėja.

Apibendrinimas. Tekstilės medžiagose naudotų pluoštų geometriniai rodikliai (skersmuo ir ilgis) turi esminę įtaką šių medžiagų tankumui ir tvirtumui. Tačiau ne mažiau svarbūs rodikliai yra ir gyvūno amžius, pluošto rangytumas ir net morfologiniai ypatumai, kurie gali nulemti tekstilės medžiagų sandaros savybes. Įvairūs tekstilės medžiagų apdorojimo procesai, tokie kaip poveikis ultravioletiniais spinduliais ar varginimas, turi įtakos ne tik jų struktūrai ar stiprumui, bet ir drėgmės sugėrimui, kitoms funkcinėms ar šiluminėms savybėms. Nustatyta, kad šiluminės savybės labiausiai priklauso nuo pačių tekstilės medžiagų rūšies, sandaros, pynimo ir kitų veiksnių, tokių kaip, pvz., storis. Paminėtina tai, kad plauko skerspjuvyje esantis kanalas gali pagerinti tekstilės gaminio šiluminės savybes, o mežginio apdaila padidinti šiluminę varžą. Kadangi šiluminės tekstilės medžiagos savybės geriausiai gali įvertinti galutinis vartotojas, todėl daugumoje tyrimų yra renkamos bandytojų grupės, kurių subjektyvus pojūčiai yra lyginami su standartizuotais metodais gautomis matavimų vertėmis. Įdomu tai, jog eksperimentinės ir subjektyviai įvertintų tekstilės medžiagų rodiklių vertės ne visada sutampa.

1.6. Literatūros apžvalgos apibendrinimas

Apibendrinant visą perskaitytą ir išsamiai išanalizuotą literatūrą galima teigti, kad vilnos pluoštas yra unikalus tiek paviršiaus sandara, tiek cheminiais bei geometriniais ir mechaniniais rodikliais. Įvairūs genetiniai ir aplinkos veiksniai turi įtakos šio baltyminio pluošto cheminei sandarai, mikro- ir makroelementų bei sunkiųjų metalų sudėčiai. Vilnos paviršiuje esantys žvyneliai yra linkę lūžinėti, skilinėti ir net nukristi nuo plaukelio netinkamai jį apdorojant technologiniuose etapuose, veikiant ultravioletiniais spinduliais, ultragarsu ar padengiant antibakterine danga. Žvynelių pasiskirstymo dažnis baltyminių pluoštų paviršiuje, jų aukštis ir pobūdis priklauso

ne tik nuo plauko skersmens, bet ir nuo gyvūno veislės. Be to, gyvūno veislė yra esminis veiksnys, nulemiantis ir kanalo buvimą plauko skerspjūvyje: dažnai net ir panašaus skersmens bei ilgio skirtingos rūšies vilnos plaukeliai nebūtinai turi kanalą. Labai svarbi ir savita vilnos pluošto savybė – rangytumas, kuris turi tiesioginę įtaką vilnos pluošto elgsenai mišinyje bei jos galimybei veltis.

Geometriniai ir mechaniniai baltyminių pluoštų rodikliai labai priklauso nuo gyvūno amžiaus, lyties ir gyvenamosios vietos. Taigi, tinkamai įvertinus geometrinis ir mechaninius pluošto rodiklius bei pagaminus tinkamiausius mišinius, galima iš anksto prognozuoti ir būsimų verpalų iš jų savybes. Būtent todėl labai svarbus etapas verpalų gamyboje – mišinio komponentų parinkimas ir visos technologinės eigos sudarymas. Verpalų geometrinės ir mechaninės savybės tarpusavyje yra labai glaudžiai susijusios ir vienos nuo kitų priklauso. Šiuolaikiniams vartotojams yra svarbios ne tik verpalų stipruminės, bet ir funkcinės bei šiluminės savybės: ekologiškumas, kaina, šiluminis laidumas, komfortabilumas dėvint ir pan.

Dauguma tyrėjų akcentuoja labai svarbius baigtinių tekstilės medžiagų termozoliacinius rodiklius: laidumą šilumai, šiluminę varžą, šilumos sugėrimą bei šiluminius mainus. Nustatyta, kad svarbiausias veiksnys, turintis įtakos šiluminio srauto greičiui, yra mezginio struktūra ir nuo jos priklausančios kilpos ilgis: storiausi ir tankiausi mezginiai dažniausiai pasižymi didesne šilumine varža nei ploni ir reti.

Paminėtina, kad dėl mezginio struktūroje esančių kilpų ir pro jas lengvai praeinančio oro srauto yra sudėtinga nustatyti tiksliai šilumines mezginio savybes. Nagrinėdami tvirtesnę ir tankesnę – veltinio – struktūrą, mokslininkai teigia, kad šio gaminio termoizoliacija priklauso nuo storio, tankio ir naudoto pluošto rūšies. Kanalas plauko skerspjūvyje gali turėti įtakos ne tik pluošto, bet ir veltinio šiluminėms savybėms. Vis dėlto, renkant medžiagą šios disertacijos darbo tematika, literatūros šaltinių apie šunų plaukų, mišinių su jais, verpalų, mezginių bei veltinių tyrimus, jų pritaikomumą bei unikalias savybes rasta itin mažai. Pastaruoju metu šunų plaukai yra labai populiarūs ir naudojami gaminant ne tik verpalus, bet ir baigtinius gaminius (kojines, pirštines, kepures, megztinius), todėl labai svarbu ir aktualu yra ištirti jų savybes ir išnagrinėti panašumus bei skirtumus ne tik tarp avių vilnos ir šunų plaukų, bet ir tarp medžiagų iš šių pluoštų savybių. Mokslinė analizė paremti tyrimai leis ne tik išplėsti medžiagų su šunų plaukais pritaikomumą gaminant tekstilę pramoniniu būdu, bet ir sutaupyti ekologiškus pluoštus, sumažinti verpalų savikainą bei išplėsti jų panaudojimo galimybes.

2. DARBO METODAI

2.1. Tyrimo objektas

Tyrimo objektas – baltyminiai pluoštai ir iš jų pagamintos tekstilės medžiagos: kočiotiniai verpalai, mežginiai ir veltiniai.

Modeliniuose verpaluose naudoti pluoštai. Pirmame šio darbo etape buvo nagrinėjami šie baltyminiai pluoštai: skirtingų šiuurkščiavilnių veislių (ŠrA(M)I, ŠrA(M)II ir ŠrA(M)III) avių vilna ir trijų rūšių: ČČ(M) – čiau čiau, P(M) – Pekino ir JT(M) – Jorkšyro terjero veislės šunų plaukai.

Modeliniai verpalai. Iš tyrime naudotų šiuurkščiavilnių veislių avių vilnos ir trijų skirtingų veislių šunų plaukų buvo sukurti ir pagaminti tokios pluoštinės sudėties modeliniai kočiotiniai verpalai: A (100 proc. ŠrA(M)I+ŠrA(M)II+ŠrA(M)III); B (65 proc., t. y. lygiomis (po 21,67 proc.) dalimis ŠrA(M)I+ŠrA(M)II+ŠrA(M)III ir 35 proc., t. y. lygiomis dalimis (po 11,67 proc.) ČČ(M)+P(M)+JT(M)); C (55 proc., t. y. lygiomis dalimis (po 18,33 proc.) ŠrA(M)I+II+III, ir 45 proc., t. y. lygiomis (po 15 proc.) dalimis ČČ(M)+P(M)+JT(M)).











Pasverti pluoštai buvo maišomi tarpusavyje, kedenami ir emulsuojami (norint suvienodinti pluoštų savybes). Emulsija paruošta iš vandens (96 proc.), riebiškio „Silban“ (3 proc.) ir antistatiko „Kateks“ (3 proc.). 24 val. išsigulėję mišiniai per tiekuvą ir svarstyklinį mechanizmą buvo tiekiami karštuvams („Befama“, Lenkija). Iškarštas pluoštas karštinio dalytuvu padalintas juostelėmis ir susuktas į pusverpalius. Pagaminti pusverpaliai buvo suverpti žiediniu verptuvu („P-114-Š“, Rusija) su metaliniais skriejikais. Po to verpalai buvo sugretinti ir susukti, taip jiems suteikiant pusiausvyrumą. Pirminis vardinis modelių verpalų sukris yra 65 m^{-1} , sukrio kryptis „S“. Antrinis vardinis sukris 100 m^{-1} , sukrio kryptis „Z“. Vardinis ilginis modelių verpalų tankis 220 tex.

Avių vilna ir šunų plaukai. Šio tyrimo metu buvo naudota Vokietijos juodgalvių (darbe atitinkamai pažymėta VJ) ir Romanovų (R) veislių avių vilna bei skirtingų veislių šunų: pudelio – P, ši cu – ŠC, bobteilo – B, flamandų buvjė – FB, anglų – AnS, amerikiečių – AmS ir rusų spanielio – RS bei Jorkšyro terjero (JT) plaukai. Visi anksčiau išvardinti gyvūnai pateikti 2.1 lentelėje.

Nuo įvairių šunų kūno vietų nukirptas pluoštas buvo savarankiškai surinktas iš Kauno mieste esančių šunų kirpyklų (P, ŠC, AnS, AmS, RS, JT), Lietuvos šunų veislynų (B) ir privačių šunų augintojų Telšiuose (FB). Dauguma šunų veislių (P, AnS, AmS, RS, JT) pasirinktos, atsižvelgiant į jų populiarumą Lietuvoje ir lankymosi kirpyklose poreikį, itin aktyvią veislynų veiklą (B), o kelios veislės (ŠC, FB) atrinktos dėl išskirtinės gyvūnų išvaizdos ir geometrinių pluošto rodiklių.

Tyrimo metu naudota plauta avių vilna. Šio tyrimo metu nebuvo tirtas cheminio apdorojimo poveikis nagrinėjamų baltyminių pluoštų cheminei sandarai, todėl šunų plaukai nebuvo plauti ar kitaip chemiškai apdoroti. Atlikus literatūros šaltinių analizę buvo nustatyta, kad daugelyje jų taip pat yra naudojami chemiškai neapdoroti baltyminiai pluoštai.

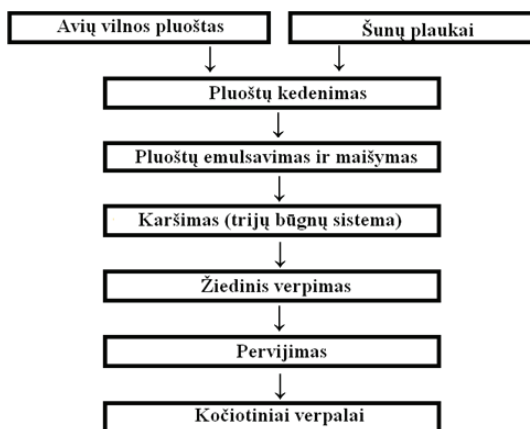
2.1 lentelė. Gyvūnų, kurių vilna ir plaukai buvo naudoti tyrimo metu, nuotraukos (<http://www.aviuaugintojai.lt>; <http://www.sunu-veisles.lt>)

		
(JV vilna) Vokietijos juodgalvė avis		(R vilna) Romanovų avis
		
(plaukai P) pudelis	(plaukai ŠC) ši cu	bobteilas (plaukai B)
		
(plaukai FB) flamandų buvjė	(plaukai AnS) anglų spanielis	(plaukai AmS) amerikiečių spanielis
		
(plaukai RS) rusų spanielis	Jorkšyro terjeras (plaukai JT)	

Kočiotiniai verpalai iš avių vilnos ir šunų plaukų mišinių. Kitame šio tyrimo etape tarpusavyje maišant Vokietijos juodgavių avių vilną VJ ir skirtingų veislių šunų plaukus (2.1 lentelė), iš gautų mišinių buvo pagaminti kočiotiniai verpalai (2.2 lentelė). Sudarant pluoštų mišinius kočiotiniam verpimui buvo vadovaujama šiais principais: 1) mišinyje buvo naudojami populiarių Lietuvoje veislių šunų plaukai, kad, pradėdant didesnę gamybą, tai būtų realus resursas; 2) pluoštų ilgis yra svarbiausias geometrinis rodiklis, kuris nulemia verpalų savybes. Dėl itin nevienodo (29,3–139,6 mm) šunų plaukų ilgio mišinyje su šunų plaukais buvo naudojama pusplonė vienodo (88,6 mm) ilgio Vokietijos juodgalvių avių vilna VJ.

Verpalai buvo suverpti UAB „Litwool“ (Ukmergė). 2.1 pav. pateikta kočiotinių verpalų iš avių vilnos ir šunų plaukų gamybos technologinė schema. Periodinio veikimo kedentuve („TP-90 SI“, Rusija) pluoštai buvo kedenami, emulsuojami (1 dalis emulsijos „Serbana UN“ ir 10 dalių vandens) ir kedenami / maišomi dar kartą. Po 2 val. išsigulėjimo gautas mišinys karšiamas trijų būgnų agregatu su karšinio dalytuvu („Befama“, Lenkija). Karštuvai prieš kiekvieną karšimą buvo gerai išvalyti.

ti, kad nesusimaišytų skirtingų veislių šunų plaukeliai. Karštuvų našumas 24 kg/val. Pluoštas tiekiamas per svarstyklinį mechanizmą, vienos porcijos masė 400 g. Kočiojimo rankovės plotis 0,3 m. Karšinio dalytuvas padalija karšinį juostelėmis (išleidimo skaičius – 120), pagaminant pusverpalius, kurie buvo suverpti žiediniu verptuvu („P-114-Š“, Rusija). Pratampa verptuvuose 1,5. Vardinis verpalų ilginis tankis 220 tex, vardinis verpalų sukris 240 m⁻¹, kryptis „Z“. Šie verptuvai pramoniniai ir yra vis dar labai plačiai naudojami daugelyje Lietuvos įmonių. Pagaminti verpalai pervyti pervijimo mašina („Kamitsu SSP“, Japonija), turinčia dulkių sutraukimo sistemą. Būtina paminėti, kad šio tyrimo metu pagaminti verpalai buvo gaminami pagal tą pačią technologinę eigą ir tais pačiais užtaisymo parametrais, kaip ir UAB „Litwool“, kuri turi ilgametę verpalų gamybos patirtį (nuo XX a. vid.), gaminami grynviliniai verpalai.



2.1 pav. Kočiotinių verpalų gamybos technologinė schema

2.2 lentelė. Kočiotinių verpalų pluoštinė sudėtis

Verpalų žymėjimas	Verpalų pluoštinė sudėtis
VJ-100	100 proc. Vokietijos juodgalvių avių vilna
AnS-15	85 proc. Vokietijos juodgalvių avių vilna ir 15 proc. anglų spanielio veislės šunų plaukai
P-15	85 proc. Vokietijos juodgalvių avių vilna ir 15 proc. pudelio veislės šunų plaukai
JT-15	85 proc. Vokietijos juodgalvių avių vilna ir 15 proc. Jorkšyro terjero veislės šunų plaukai
FB-15	85 proc. Vokietijos juodgalvių avių vilna ir 15 proc. flamandų buvjė veislės šunų plaukai
ŠC-15	85 proc. Vokietijos juodgalvių avių vilna ir 15 proc. ši cu veislės šunų plaukai
AnS-25	75 proc. Vokietijos juodgalvių avių vilna ir 25 proc. anglų spanielio veislės šunų plaukai
P-25	75 proc. Vokietijos juodgalvių avių vilna +25 proc. pudelio veislės šunų plaukai
JT-25	75 proc. Vokietijos juodgalvių avių vilna +25 proc. Jorkšyro terjero veislės šunų plaukai
ŠC-25	75 proc. Vokietijos juodgalvių avių vilna +25 proc. ši cu veislės šunų plaukai
AnS-35	65 proc. Vokietijos juodgalvių avių vilna +35 proc. anglų spanielio veislės šunų plaukai
P-35	65 proc. Vokietijos juodgalvių avių vilna +35 proc. pudelio veislės šunų plaukai
JT-35	65 proc. Vokietijos juodgalvių avių vilna +35 proc. Jorkšyro terjero veislės šunų plaukai
ŠC-35	65 proc. Vokietijos juodgalvių avių vilna +35 proc. ši cu veislės šunų plaukai
AnS-45	55 proc. Vokietijos juodgalvių avių vilna +45 proc. anglų spanielio veislės šunų plaukai
P-45	55 proc. Vokietijos juodgalvių avių vilna +45 proc. pudelio veislės šunų plaukai
JT-45	55 proc. Vokietijos juodgalvių avių vilna +45 proc. Jorkšyro terjero veislės šunų plaukai

Mezginiai ir veltiniai iš avių vilnos ir šunų plaukų mišinių. Iš kočiotinių verpalų buvo pagaminti mezginiai, o iš skirtingų avių vilnos ir šunų plaukų – veltiniai. Mezginiai numegzti 6E klasės (cilindro skersmuo 4,5 coliai) („Irmac“, Italija) kojinių mezgimo automatu lygiuoju skersiniu pynimu. Gaminant veltinius, pirmiausia laboratoriniais karštuvais („C. E. Schwalbe Weridau“, Vokietija) VJ pluoštą sumaišius su JT, RS ir B veislės šunų plaukais santykiu 100:0, 85:15, 75:25, 65:35, 55:45, 20:80 ir 0:100, buvo sukaršti karšiniai. Vilnionių veltinių gamybos technologinė eiga pateikta 2.3 lentelėje. Tiriamieji veltiniai pagaminti rankiniu būdu, kaip ir kitų mokslininkų tyrimuose (Shakyawar ir kt., 2007).

Šiame darbe pagal žemiau išsamiai aprašytą metodiką buvo pagaminta net 19 skirtingų pluoštinių sudėčių veltinių, kurių storis yra ypač vienodas (4,13–4,40 mm). Laboratorinius karštuvus sudaro: tiekimo stalas, tiekimo velenėlių pora, priimtuvas, pagrindinis būgnas (skersmuo – 70 cm), pagrindinį būgną gaubiantys dirbtuvai / gražintuvai, greituolis, nuimtuvas (skersmuo – 52 cm.), nuėmimo grėbliukas. Karšinys surenkamas ant surinkimo stalo, laboratorinių karštuvų išleidimo plotis 53 cm.

2.3 lentelė. Veltinių iš avių vilnos ir šunų plaukų mišinių gamyba

Etapo Nr.	Etapo pavadinimas	Aprašymas
1.	Karšinių gamyba	Laboratoriniais karštuvais pagaminami 20 g karšiniai
2.	Veltinių formavimas I	Tolygiai į 25×25 cm dydžio kvadratą išdėliotas karšinys uždengiamas retu sintetiniu audiniu ir, pilant kambario temperatūros vandenį, sudrėkinamas
3.	Veltinių formavimas II	Ūkiniu muilu išmuilavus visą karšinio paviršių, lengvais sukamaisiais judesiais karšinys glostomas, siekiant padidinti plaukelių sukibimą tarpusavyje
4.	Veltinių formavimas III	Suformuotas veltinis perkeliamas ant medvilninio rankšluosčio ir kartu su juo susukamas į ritinį, kuris 1 min. kočiojamas. Veltinį išvyniojus iš medvilninio rankšluosčio ir pakeitus jo kryptį, jis ir vėl suvyniojamas ir dar 1 min. kočiojamas
5.	Veltinių formavimas IV	Veltinio paviršius dar kartą išmuiluojamas ir apipilamas karštu vandeniu. Pakartotinai suvyniojus į medvilninį rankšluostį jis dar 1 min. kočiojamas
6.	Veltinių formavimo užbaigimas	Išvyniotas iš rankšluosčio ir iki 20×20 cm dydžio kvadrato susitraukęs veltinis išskalaujamas kambario temperatūros vandeniu ir išdžiovinamas

2.2. Tyrimo metodai

Visi tekstilinių pluoštų, verpalų bei medžiagų geometrinių, mechaninių ir šiluminių savybių tyrimai atlikti standartinėmis klimato sąlygomis (20 ± 2) °C temperatūroje ir (65 ± 4) proc. santykiniaame drėgnyje pagal standartą LST EN ISO 139: 2005/A1: 2011 „Tekstilės medžiagos. Standartinis klimatas bandiniams paruošti ir bandyti“.

2.2.1. Pluoštų morfologijos, skerspjūvio ir cheminės sudėties tyrimų metodas

Pluoštų morfologija ir jų skerspjūvis išanalizuoti (SEM) „Quanta – 200 FEG“ (FEI), didinimas 2000–3000×, mastelis 30–200 μm. SEM nuotraukos padarytos žė-

mame vakuume, esant 80 Pa slėgiui, taip išvengiant bandinių įsielektrinimo. Nuotraukų skaičius – 20. Žvynelių dažnio plauko paviršiuje pasiskirstymas nustatytas naudojant kompiuterinę Metric 7.0 PE-Live matavimo programą.

Išilginis plaukelių vaizdas gautas naudojant „Diapan“ mikroskopą su „Moti-cam 2300“ kamera. Nuotraukos apdorotos Motic Image plus 2.0 programa. Nuotraukų rezoliucija –3Mb, mastelis nuotraukose – 1 mm. 100 išilginio vaizdo plaukelio nuotraukų buvo padaryta kiekvieno tirtu pluošto.

SEM ir „Diapan“ mikroskopu padarytos nuotraukos naudotos matuojant plaukelių su / be kanalo viduje skersmenį, kanalo skersmenį, nustatant kanalo tipą ir apskaičiuojant jo pasikartojimų dažnį.

Furjė transformuotos infraraudonosios spektroskopijos (FTIR) analizės metu cheminiai junginiai arba grupės yra identifikuojami pagal molekulių infraraudonųjų spindulių virpesių spektrą. Molekulei pereinant iš vieno virpesinio energijos lygmens į kitą, vyksta elektromagnetinės spinduliuotės sugertis arba spinduliavimas. Kiekvienam junginiui ar grupei yra būdinga juos sudarančių molekulių virpesių sritis (dažnis). FT-IR analizė atlikta spektrofotometru „Spectrum GX“ („Perkin Elmer“, JAV). Tirta infraraudonojo spektro pagrindiniame diapazone nuo 4000 cm^{-1} iki 500 cm^{-1} . Skiriamoji geba – 1 cm^{-1} , skenavimo greitis – 0,2 $\text{cm} \times \text{s}^{-1}$, skenavimo linijų skaičius – 16, stiprumas – 1. Duomenims apdoroti naudota Spectrum 5.0.1 programa. Visi tirti baltyminiai pluoštai buvo susmulkinti 1–2 mm ilgio atkarpomis. Analizei atlikti naudota vakuuminėje presformoje supresuota tabletė (2 mg kiekvieno tirtu baltyminio pluošto sumaišyta su 200 mg KBr (kalio bromido)).

Įprastinis ir labiausiai paplitęs medžiagų kristalinės struktūros nustatymo metodas yra rentgeno spindulių difrakcija. Bandinys veikiamas rentgeno spinduliuotės kvantų srautu, o analizinį signalą sukelia rentgeno spindulių sklaidymas bandinio atomais. Rentgeno spinduliuotės difrakcijos (XRD) reiškinys kristalinėse medžiagose vyksta dėl kristalo gardelėje periodiškai išsidėsčiusių atomų gebos koherentiškai (be iškraipymų) sklaidyti rentgeno spindulius, kurie vėliau tarpusavyje interferuoja, t. y. jei fazės sutampa, jų amplitudės sumuojasi, jei fazės priešingos, – vienas kitą naikina. Tokios interferencijos atvaizdo charakteringas bruožas yra tam tikra tvarka išsidėsčiusių difrakcinių maksimumų padėčių ir intensyvumų vertės, kurios suteikia informacijos apie periodinio atomų išsidėstymo medžiagoje struktūrą (Šiaučiūnas, Baltakys ir Baltušnikas, 2007). Žinant krintančių rentgeno spindulių bangos ilgį ir difraguoto spindulio atspindėjimo kampą, galima nustatyti tarpplokštuminius atstumus gardelėje, o atspindėtų spindulių intensyvumas priklauso nuo atomų išsidėstymo kristalinėje gardelėje. Remiantis šiais dydžiais galima nustatyti tiriamo bandinio fazinę sudėtį. Šio tyrimo metu pluoštų struktūra ir kristališkumo laipsnis analizuoti rentgeno spindulių difraktometru „D8 Advance“ („Bruker AXS“, Vokietija), kuriame skirtingose bandinio pusėse esantis rentgeno spindulių šaltinis (Cu katodas) ir detektorius „LynxEye“ („Bruker AXS“, Vokietija) buvo judinami simetriškai, taip, kad θ kampas tarp bandinio normalės ir kritusio bei difragavusio spindulių visada išliktų vienodas (Brego dėsnis). Bandymo parametrai: 40 kV įtampa, 40 mA srovė. Tyrimo metu elektrodo CuK α spinduliuotės bangos ilgis buvo filtruojamas 0,02 mm storio Ni filtru. Visi analizės rezultatai yra pateikiami difrakcinėje kreivėje, kuri

rodo atspindėjusių rentgeno spindulių intensyvumo priklausomybę nuo detektoriaus kampo. Difraktogramos buvo užrašomos 2θ kampų intervalu $3\text{--}45^\circ$, rentgeno spindulių detektorius judėjo vienodu ($\Delta 2\theta = 0,02^\circ$) nuskaitymo žingsniu ir 6°min^{-1} greičiu. Matavimo trukmė žingsnyje 40 s. XRD tyrimai buvo atlikti KTU Cheminės technologijos fakultete, Silikatų technologijos katedroje, XRD laboratorijoje.

Kristališkumo laipsnis buvo apskaičiuotas kompiuterine programa TOPAS pagal (2.1) formulę (Long ir kt., 2013; Niu ir kt., 2012; Zhang ir kt., 2014):

$$KL = \frac{I_{kristalinis}}{I_{kristalinis} + I_{amorfis}} \times 100\%; \quad (2.1)$$

čia KL – kristalizacijos laipsnis, proc.; $I_{kristalinis}$ ir $I_{amorfis}$ – kristalinės ir amorfinės srities difrakcinių maksimumų intensyvumai XRD kreivėje, sant. vnt.

Baltyminių pluoštų elementinė analizė atlikta keliais būdais: SEM/EDS, Kjeldalio metodu ir elementinės analizės aparatu „Elementar Analyzer CE-440“.

Rentgeno spindulių energijos dispersinė analizė (EDS) atlikta naudojant energetinės dispersijos spektroskopą „Bruker XFlash® 4030“ kartu su skenuojamuoju elektroniniu mikroskopu (SEM) „Quanta – 200 FEG“ (FEI). Pirmiausia bandinio paviršius yra skenuojamas elektronų spinduliu. Paviršiaus sąveikos su elektronais metu gali būti išmušami paviršiuje esančių atomų elektronai iš vidinių jų lygmenų. Jei tai atsitinka, elektronai iš aukštesnio energetinio lygmens užpildo žemesnį energetinį lygmenį, taip emituodami didelės energijos fotonus – rentgeno spindulius. Rentgeno spinduliai dažniausiai emituojami iš $0,5\text{--}2\ \mu\text{m}$ gylio. Charakteringos rentgeno spindulių fotonų energijos yra skirtingos visiems cheminiams elementams, todėl pagal išmatuotą fotonų energiją ir jų intensyvumą galima nustatyti, kiek ir kurių cheminių elementų yra bandinyje. Labai plonu peiliuku supjaustyti plaukai buvo dedami ant anglies pluošto tabletės, kuri įdedama į SEM aparatą. Su kiekvienos rūšies plaukeliais atlikta po 5 matavimus. Matavimai buvo atliekami kiekvieno bandinio viename taške.

Azoto kiekis baltyminių pluoštų cheminėje sudėtyje nustatytas titrimetiniu Kjeldalio metodu (Paulauskienė, 2012). Tyrimo eiga: $0,2\text{--}0,3\ \text{g}$ absoliučiai sauso kiekvienos rūšies baltyminio pluošto sudedama į dvi sausas Kjeldalio kolbutes. Į jas supilama po $5\ \text{ml}$ koncentruotos sieros rūgšties ir po $0,1\text{--}0,2\ \text{g}$ Kjeldalio katalizatoriaus (K_2SO_4 CuSO_4 ir SeO_2 mišinys). Kjeldalio kolbos uždengiamos kamšteliais ir, iš lėto keliant temperatūrą, kaitinamos $2\text{--}6\ \text{val}$. Kolbos turiniui tapus visiškai skaidriam (hidrolizė yra baigta), dar kaitinama $0,5\ \text{val}$. Turinys atvėsinaamas, praskiedžiamas distiliuotu vandeniu ir vėl atvėsinaamas. Į dvi $250\ \text{ml}$ kolbutes įpilama $50\ \text{ml}$ $0,1\ \text{mol/l}$ H_2SO_4 tirpalo, įpilami keli lašai Kjeldalio indikatoriaus (metileno mėlynojo ir metileno raudonojo mišinys) ir nutitruojama $0,1\ \text{mol/l}$ NaOH tirpalu iki žalios spalvos. Apskaičiuojama dviejų titravimų vidutinė vertė – a (ml) tuščiam bandiniui. Pakartotinai į dvi $250\ \text{ml}$ kolbutes įpilama $50\ \text{ml}$ $0,1\ \text{mol/l}$ H_2SO_4 tirpalo ir įpilami keli lašai Kjeldalio indikatoriaus. Viena kolbutė pakisama po vandens šaldytuvo antgaliu taip, kad antgalis būtų šiek tiek paniręs į kolboje esantį tirpalą. Vandens šaldytuvas Kjeldalio aparate prijungiamas prie vandentiekio ir čiaupas atsukamas.

Atidaroma anga aparato viršuje ir vienos Kjeldalio kolbos turinys supilamas į distiliavimo kolbą. Kolba distiliuotu vandeniu išplaunama tris kartus, plovimo vandenį taip pat supilant į distiliavimo kolbą Kjeldalio aparate. Ten pat supilama 30 ml 35 proc. koncentracijos NaOH tirpalo ir anga nedelsiant uždaroma. Po kolba su distiliuotu vandeniu, esančia Kjeldalio aparate, pakišamas ir uždegamas dujų degiklis. Distiliuotam vandeniui užvirus ir prasidėjus distiliacijai, procesas tęsiamas, kol kolboje esančio tirpalo kiekis maždaug padvigubėja. Tada kolbutė nuleidžiama žemiau, šaldytuvo antgalis apiplaunamas distiliuotu vandeniu taip, kad plovimo vanduo taip pat patektų į kolbutę, ir distiliacija stabdoma. Distiliavimo kolbos turinys išsiurbiamas prijungtu vandens siurbliu. Per angą viršuje distiliavimo kolba beveik iki viršaus pripilama distiliuoto vandens kolbai atšaldyti ir išplauti, kuris tuoj pat išsiurbiamas lauk vandens siurbliu. Toliau, kaip aprašyta aukščiau, procedūra pakartojama su bandiniu kitoje Kjeldalio kolboje. Kolbutės turinys nutitruojamas taip pat, kaip ir tuščias bandinys. Apskaičiuojama a_0 tiriamojo bandinio dviejų titravimų vidutinė vertė. Azoto kiekis apskaičiuojamas pagal (2.2) formulę (Paulauskienė, 2012):

$$N = \frac{(a - a_0) \times K \times 0,0014}{M} \times 100\%; \quad (2.2)$$

čia N – azoto kiekis, proc.; a – tuščiajam bandiniui titruoti sunaudoto 0,1 N natrio šarmo tirpalo tūris, ml; a_0 – tiriamajam bandiniui titruoti sunaudoto 0,1 N natrio šarmo tirpalo tūris, ml; K – 0,1 mol/l sieros rūgšties tirpalo pataisos koeficientas; M – tiriamojo bandinio masė, paimta analizei atlikti, g.

Drėgniui nustatyti bandiniai džiovinami 105 ± 2 °C temperatūroje iki pastovios masės. Bandinių drėgnis apskaičiuojamas pagal (2.3) formulę (Paulauskienė, 2012):

$$B = \frac{a - b}{a} \times 100\%; \quad (2.3)$$

čia B – drėgnis, proc.; a – pavyzdžio masė prieš džiovinimą, g; b – pavyzdžio masė po džiovinimo, g.

Degimo procesas – tai egzoterminė reakcija, kurios metu vyksta degiosios medžiagos oksidacija. Degimo reakcijos metu organiniai junginiai sudega iki vandenilio, anglies dvideginio ir azoto. „Elementar Analyzer CE-440“ („Control Equipment Corporation“, JAV) įranga (2.2 pav.) nustato anglies, vandenilio ir azoto kiekį sausuose (be drėgmės) bandiniuose (<https://apcis.ktu.edu/>). Analizatorius susideda iš deginimo vamzdžio, kuriame bandinys katalitiškai oksidinamas 975 °C temperatūroje ir po to degimo produktai katalitiškai redukuojami 620 °C temperatūroje. Susidariusių dujų kiekis nustatomas pagal šiluminę talpą. Degimo vamzdyje yra absorbentai, kurie absorbuoja tam tikrus cheminius elementus: vandeniliui absorbuoti naudojamas magnio perchoratas, anglies dvideginio – askaritas. Redukcijos vamzdyje yra varis. Pasvertas bandinys ($m=2-3$ mg) dedamas į alavinę kapsulę, ji įdedama į nikelio movą ir dedama į deginimo vamzdį. Nikelio mova reikalinga, kad alavinė kapsulė neprisiviltų prie kvarcinio semtuvo ir kad panaudotą kapsulę būtų galima išimti.

Pirmiausia yra atliekamas „tuščias“ deginimas, kurio metu bandymas atliekamas su acetanilidu arba benzoine rūgštimi, ir stebima, ar gauti rezultatai atitinka šių junginių anglies, vandenilio, azoto ir deguonies kiekius. Tuomet bandymas atliekamas su tiriamąja medžiaga. Helis yra naudojamas oksidacijos produktams pašalinti per analitinę sistemą į atmosferą.



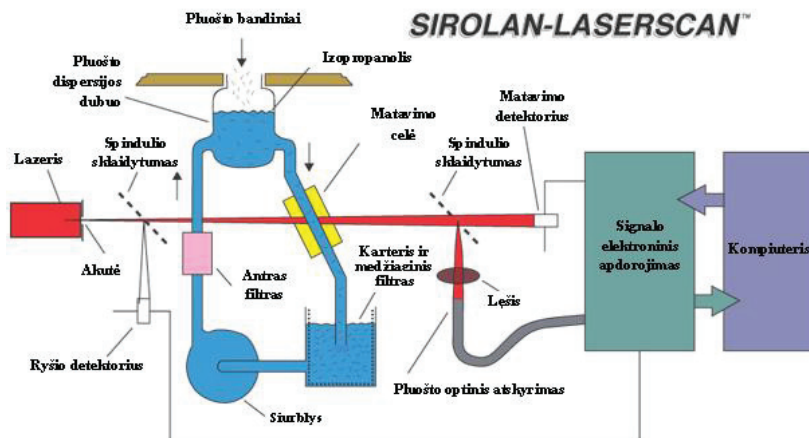
2.2 pav. Elementar Analyzer CE-440 įranga

2.2.2. Pluoštų geometrinių ir mechaninių rodiklių tyrimų metodas

Pluoštų ilgis išmatuotas pagal standartą ISO 920:1976 „Wool-Determination of fibre length (barbe and hauteur) using using a comb sorter“, naudojant ilgio matuoklį FM-04/b. Iššukuotas bandinys paklojamas išilgai matuoklio aksominės juostelės ir prispaudžiamas plokštele. Kiekvienas plaukelis paeiliui suimamas pincetu ir traukiamas šalia esančios liniuotės didėjimo kryptimi tol, kol kitas plaukelio galas išsprūsta iš po prispaudimo plokštelės. Liniuote nustatomas plaukelio ilgis. Kiekvienos rūšies plaukelių matavimų skaičius – 200.

Siekiant atlikti lyginamąją pluoštų skersmens matavimo analizę, šis rodiklis išmatuotas 3 metodais: I. SEM. Matavimų skaičius – 20. II. Optiniu mikroskopu „Ascania“ („Karl Schröder“, Vokietija) ir skaitmeniniu fotoaparatu „Coolpix 4500 Nikon“ (Japonija). Didinimo skaičius – 80. Plaukelių skersmens matavimai atlikti Metric 7.0 PE-Live programa. Matavimų skaičius – 200. III. Sirolan Laserscan („CSIRO“, Australija) įranga. Matavimų skaičius – 16 000.

Nustatant plaukelių skersmenį Sirolan Laserscan įranga (2.3 pv.), remiantis standartu IWTO-12-2012 „Measurement of the Mean and Distribution of Fibre Diameter Using the Sirolan-Laserscan Fibre Diameter Analyser“, įjungtas plaukelių skersmens matavimo prietaisas išlaikomas 2 val., kad stabilizuotųsi visi įrangos parametrai ir ji būtų tinkama atlikti matavimus. Patikrinus pagrindinius parametrus, būtina atlikti išsamų prietaiso patikrą, t. y. atliekami bandomieji matavimai naudojant 19,5 μm ir 28,8 μm vidutinio skersmens vilnos pluoštą. Kondicionuotas baltyminis pluoštas specialia giljotina („CSIRO“, Vokietija) supjaustomas 2 mm ilgio atkarpomis ir supilamas į Sirolan Laserscan prietaisą, kuriame yra išmatuojamas vidutinis pluošto skersmuo. Pluošto vidutinis skersmuo ir variacijos koeficientas yra apskaičiuojami iš 16 000 matavimų. Vieno bandymo metu yra atliekama 2000 matavimų, o kiekvieno bandinio matavimai kartojami 8 kartus. Visi bandymo rezultatai yra sisteminami paties prietaiso, o bandymo pabaigoje yra pateikiamos pluošto skersmens ir variacijos koeficiento vidutinės vertės bei skersmens pasiskirstymo histograma. Šio metodo esmė tokia, kad plauko skersmens matavimams atlikti naudojamas medžiagos pralaidumo (t. y. šėšelio susidarymo) registravimo principas.



2.3 pav. Sirolan Laserscan veikimo schema (Sirolan Laserscan Brochure, 1999)

Plauko skersmens nevienodumas per plauko ilgį matuojant vidutinį plauko skersmenį įvertintas nebuvo. Tačiau, atsižvelgiant į atsitiktinį išmatuoto plauko ilgio vietos parinkimą bei skirtingą, o matavimo Sirolan Laserscan metu ir itin didelį bandinių skaičių, galima teigti, kad plaukas buvo išmatuotas įvairiose vietose per visą jo ilgį.

Modeliniuose verpaluose naudotų pluoštų skersmuo išmatuotas (kiekvienas pluoštas matuotas po 100 kartų) naudojant optinį mikroskopą „Biolan R1“ („OMO“, Rusija) su okuliariniu mikrometru MOB–15×Y4.2 („Lomo“, Rusija). Didinimų skaičius – 300 kartų. Okuliarinio mikrometro mažiausios padalos vertė – 0,46 μm.

Plaukelio skersmuo apskaičiuotas taip:

$$d = (a_2 - a_1)p; \quad (2.4)$$

čia d – plaukelio skersmuo, μm; a_1 ir a_2 – atitinkamai okuliarinio mikrometro skalės atskaitos; p – okuliarinio mikrometro mažiausios padalos vertė, μm.

Darbe tirtų pluoštų ilginiam tankiui nustatyti matuokliu FM–04/b paruošta po 5 bandomuosius kuokštelių pagal standartą ASTM D 1294–95a „Standard Test Method for Tensile Strength and Breaking Tenacity of Wool Fiber Bundles 1-in. (25.4-mm) Gage Length“. Iškirpus nustatyto ilgio ($l = 5$ cm) bandinius ir suskaičiavus bandinyje esančių plaukelių skaičių, bandiniai buvo pasverti skaitmeninėmis svarstyklėmis AB 104-S („Mettler Toledo“, Šveicarija). Taip nustatyta kuokštelio masė. Pluošto ilginis tankis apskaičiuotas pagal (2.5) formulę:

$$T = \frac{m}{l \times n} \times 10^{-5}; \quad (2.5)$$

čia T – pluošto ilginis tankis, tex; m – kuokštelio masė, g; l – kuokštelio ilgis, mm; n – kuokštelyje esančių plaukelių skaičius.

Pluošto rangytumas šio tyrimo metu nustatytas nebuvo, tačiau jis įvertintas tiek matuojant vidutinį pluošto ilgį, tiek matuojant pluošto ilgį atliekant ilginio tan-

kio skaičiavimus – pluošto ilgis buvo matuojamas plauką ištempus iki pirminės būklės.

Pluoštų mechaniniai rodikliai – absoliutinė ir savitoji trūkimo jėga, santykinė trūkimo ištįsa, absoliutusias ir savitasis trūkimo darbas – nustatyti dinamometru „BDO-FBO.5“ („Zwick/Roell“, Vokietija) pagal standartą ISO 5079:1995 „Textile fibres. Determination of breaking force and elongation at break of individual fibres“.

Užtaisymo ilgis – 20 mm; pradinis įtempis – 0,5 cN; spraustuvų judėjimo greitis – 10 mm/min. Atlikta po 100 matavimų.

2.2.3. Verpalų geometrinių ir mechaninių savybių tyrimų metodas

Pagal standartą ISO 2060 „Textiles – Yarn From Packages – Determination of Linear Density (Mass per Unit Length) By the Skeim Method“ nustatytas verpalų ilginis tankis. Lankčiu FY-38 prisukus nustatyto ilgio ($l = 100$ cm) bandinius, jie buvo pasverti skaitmeninėmis svarstyklėmis „EW 150-3M“ („Kern & Sohn GmbH“, Vokietija). Ilginiam tankiui nustatyti atlikta po 50 matavimų.

Dinamometru „Zwick/Z005“ („Zwick/Roell“, Vokietija) pagal standartą LST EN ISO 2062:2010 „Tekstilė. Siūlai pakuotėse. Pavienio siūlo trūkimo jėgos ir ištįsos trūkstant nustatymas naudojant bandymo aparatą, tempiantį pastoviu greičiu“ nustatyti verpalų mechaniniai rodikliai. Užtaisymo ilgis – 50 cm; pradinis įtempis – 2,0 cN; spraustuvų judėjimo greitis – 500 mm/min. Atlikta po 100 matavimų.

2.2.4. Tekstilės medžiagų struktūros, funkcinių ir šiluminių savybių tyrimų metodas

Mezginių ir veltinių storis buvo išmatuotas „Textil-Dickenmesser DPT 60 digital“ („Haus Schmidt & Co. GmbH“, Germany) prietaisu, remiantis standartu LST EN ISO 5084:2000 „Tekstilė. Tekstilės medžiagų ir gaminių storio nustatymas“. Matavimo plotas – 20 cm², apkrova – 1 kPa. Kiekvieno mezginio storis buvo matuojamas 10 kartų, o veltinio – 5 kartus skirtingose jo vietose. 5 mezginių ar veltinių storio matavimai skirtingose tekstilės gaminio vietose yra pakankamas kiekis, tačiau dėl itin savitos mezginio struktūros šio tyrimo metu storio matavimo skaičius buvo padvigubintas.

Mezginių ir veltinių laidumas orui buvo išmatuotas naudojant „D-69450 Weinheim“ oro pralaidumo įrenginį („Karl Schroder KG“, Vokietija) pagal standartą LST EN ISO 9237:1997 „Tekstilės medžiagos. Medžiagų laidumo orui nustatymas“. Matuojant parinktas 100 Pa slėgis ir 5 cm² bandinio plotas. Kiekvieno mezginio laidumas orui buvo matuojamas 10 kartų, o veltinio – 5 kartus skirtingose jo vietose.

Laidumas orui Q (dm³/m²s) apskaičiuotas pagal (2.6) formulę (Matukonis, Palaima ir Vitkauskas, 1989):

$$Q = \frac{\bar{q}_v}{A} \times 167; \quad (2.6)$$

čia \bar{q}_v – oro srauto debito aritmetinis vidurkis, dm³/min; C – bandomasis plotas, cm²; 167 – perskaičiavimo koeficientas.

Mezginių laidumo šilumai tyrimas atliktas Alambeta prietaisu (tyrimas atliktas Lodzės technikos universitete, Lenkija; matavimus atliko šio darbo konsultantė m. b. D. Milašienė). Matavimai atlikti pagal standartą ISO 11092:2014 „Textiles – physiological effects – measurement of thermal and water-vapour resistance under steady-state conditions (sweating guarded-hotplate test)“. Šio įrenginio technologinė veikimo schema jau buvo pateikta ir išsamiai aptarta 1.5.3. skyrelyje (1.25 pav.). Alambeta prietaisas išmatuoja tekstilinių gaminių šiluminio laidumo koeficientą, o, įvertinus šį rodiklį bei mezginio storį, apskaičiuojama ir šiluminė varža. Matavimų skaičius – 10. Šiluminė mezginių varža R (Km^2/W) apskaičiuota pagal (2.7) formulę (Matukonis ir kt., 1989):

$$R = \frac{h}{\lambda}; \quad (2.7)$$

čia h – bandinio storis, mm; λ – šiluminio laidumo koeficientas, W/mK.

Megztų ir veltų tekstilės medžiagų šiluminių mainų tyrimas atliktas naudojant šiluminės izoliacijos nustatymo prietaisą IG/ISOC („Giuliani Technologies“, Italija). Šiuo prietaisu tekstilės medžiagų šiluminių mainų tyrimai buvo atlikti ir kituose darbuose (Bivainytė ir kt., 2012; Mikučionienė ir Milašienė, 2013). Įjungus prietaisą, nustatoma 40 °C vonios temperatūra. Kai šildymo talpa įkaista, ant jos dedama tekstilinė medžiaga, o ant išorinės medžiagos pusės medine kaladėle (mezginiams) ir 4 mm skersmens plieno rutuliukais (veltiniams) prispaudžiama termopora. Tuomet įjungiamas laikmatis. Termopora nustatoma išorinės medžiagos pusės temperatūra, kaskart, kai ji pakyla vienu laipsniu, fiksuojami laiko rezultatai. Bandymo trukmė vyksta 30 min. Šis bandymas kartojamas 5 kartus su kiekvienu mezginiu bei veltiniu.

Mezginių horizontalusis (P_h) ir vertikalusis (P_v) tankumas nustatytas pagal standartą LST EN 14971:2006 „Tekstilė. Megztinės medžiagos. Kilpų skaičiaus vienetiniame ilgyje ir plotyje nustatymas“. Visų mezginių struktūriniai parametrai nustatyti ir apskaičiuoti pagal (2.8–2.13) formules (Matukonis ir kt., 1989; Tvarijonavičienė, 2009).

Grynasis kilpos skersmuo d_g (mm) apskaičiuotas pagal (2.8) formulę:

$$d_g = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\frac{T}{10 \times q}} \times 10^{-1}; \quad (2.8)$$

čia T – siūlo ilginis tankis, tex; q – siūlą sudarančio pluošto tankis, kg/m^3 .

Kontūrinis siūlo skersmuo d_k (mm) apskaičiuotas pagal (2.9) formulę:

$$d_k = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\frac{T}{10 \times \delta}} \times 10^{-1}; \quad (2.9)$$

čia δ – siūlo kontūrinis tankis, kg/m^3 .

Vidutinis siūlo skersmuo d (mm) apskaičiuotas pagal (2.10) formulę:

$$d = \frac{d_a + d_k}{2}. \quad (2.10)$$

Lygiojo skersinio pynimo kilpos ilgis l (mm) apskaičiuotas pagal (2.11) formulę:

$$l = 0,5\pi \times A + \pi d + 2B; \quad (2.11)$$

čia A – kilpos žingsnis, mm; B – kilpų eilutės aukštis, mm.

Mezginio paviršinis tankis M (g/m²) apskaičiuotas pagal (2.12) formulę:

$$M = 10^{-2} \times l \times P_h \times P_v \times T. \quad (2.12)$$

Mezginio dengiamumo koeficientas TF (proc.) apskaičiuotas pagal (2.13) formulę:

$$TF = \frac{\sqrt{T}}{l}. \quad (2.13)$$

Naudojantis *Microsoft Office Excel* programiniu paketu ir remiantis (2.14–2.17) formulėmis, tirtų rodiklių rezultatams įvertinti apskaičiuotos jų statistinės charakteristikos (Milašius, 2011).

Aritmetinis vidurkis x apskaičiuotas pagal (2.14) formulę:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}; \quad (2.14)$$

čia n – elementariųjų bandinių eksperimento taške skaičius.

Absoliutinė atsitiktinė paklaida Δ_a apskaičiuota pagal (2.15) formulę:

$$\Delta_a = \frac{t_a S}{\sqrt{n}}; \quad (2.15)$$

čia t_a – Stjudento kriterijus; S – vidutinė kvadratinė nuokrypa.

Santykinė atsitiktinė paklaida δ_a apskaičiuota pagal (2.16) formulę:

$$\delta_a = \frac{\Delta_a}{x} \times 100\%. \quad (2.16)$$

Variacijos koeficientas V apskaičiuotas pagal (2.17) formulę:

$$V = \frac{S}{x} \times 100\%. \quad (2.17)$$

3. TYRIMŲ REZULTATAI

3.1. Modelinių verpalų su šunų plaukais kūrimas ir jų savybių analizė

Šio tyrimo pradžioje buvo pagaminti modeliniai verpalai, kuriuose lygiomis procentinėmis dalimis mišinyje buvo maišoma trijų rūšių (iš trijų skirtingų partijų) šiurkščiavilnių avių vilna ŠrA(M)I, ŠrA(M)II bei ŠrA(M)III su mišiniu iš lygiomis procentinėmis dalimis jame sumaišytų čiau čiau, Pekino ir Jorkšyro terjero veislių šunų plaukų (tekste jie atitinkamai pažymėti ČČ(M), P(M) ir JT(M)). Įvertinus ir eksperimentiškai parinkus komponentų rūšį bei procentinį jų kiekį mišinyje, modelinių verpalų gamybos metu ir analizuojant atliktų tyrimų rezultatus buvo išaiškinti kočiotinių verpalų gamybos technologijos ypatumai, nustatytos galimybės maišyti avių vilną ir šunų plaukus mišinyje ir įvertinta šunų plaukų įtaka kočiotinių verpalų geometrinėms ir mechaninėms savybėms. Šunų plaukai, nukirpti nuo skirtingų gyvūno kūno vietų, buvo surinkti iš skirtingų šunų kirpyklų, o avių vilna buvo gauta iš karšėjo Eugenijaus Majaus. Verpalai suverpti E. Majaus karšykloje-verpykloje (Skriaudžiai, Prienų r., Lietuva).

Modeliniuose kočiotiniuose verpaluose naudotų pluoštų sandaros, geometrinių ir mechaninių rodiklių vertės (aritmetinis vidurkis, absoliutinė atsitiktinė paklaida Δ , variacijos koeficientas V) pateiktos 3.1 lentelėje.

3.1 lentelė. Modeliniuose verpaluose naudotų pluoštų įvairių rodiklių suvestinė

Rodikliai	Pluoštai					
	ŠrA(M)I	ŠrA(M)II	ŠrA(M)III	ČČ(M)	P(M)	JT(M)
Ilginis tankis						
T, tex	2,012±0,05	1,778±0,07	1,856±0,05	0,311±0,03	3,422±0,06	1,471±0,06
V, proc.	6,4	7,8	8,3	10,2	5,0	12,4
Skersmuo						
d, μm	52,71±0,67	44,97±0,5	48,50±0,81	13,50±0,39	86,79±1,26	36,90±1,02
V, proc.	6,44	9,53	8,4	14,59	7,32	13,97
Ilgis						
l, mm	71,70±2,55	62,60±1,92	105,90±2,96	57,40±1,76	103,60±2,78	83,20±1,83
V, proc.	6,16	7,43	7,08	11,73	11,76	9,45
Kanalo skersmuo						
φ, μm	-	-	-	8,00	30,00	15,00
Savitoji trūkimo jėga						
f _{tr} , cN/tex	13,31±0,57	29,46±1,05	16,23±0,46	67,23±2,64	22,63±0,75	13,05±0,48
V, proc.	21,53	18,01	14,27	19,83	16,69	18,45
Santykinė trūkimo ištįsa						
ε, proc.	38,66±1,50	60,04±2,00	42,52±1,43	35,32±1,95	50,81±1,28	40,92±0,81
V, proc.	19,65	16,88	17,03	27,93	12,68	10,05
Savitasis trūkimo darbas						
w _{tr} , kJ/tex	0,73±0,05	2,34±0,12	0,95±0,04	3,12±0,22	1,55 ±0,07	0,69±0,03
V, proc.	32,71	25,09	22,47	35,01	21,78	25,30

Kaip matyti iš 3.1 lentelėje pateiktų duomenų, avių vilna ŠrA(M)I, ŠrA(M)II ir ŠrA(M)III yra pakankamai vienoda ir priskiriama storai 36^K, I ir II ilgio vilnai. Vidutinio skersmens, ilgio ir ilginio tankio variacijos koeficientai tyrimo metu svyravo

5,12–14,59 proc. Įvertinus dviem skirtingais metodais (mikroskopu „Biopan 1“ ir SEM) išmatuotas tyrimo metu tirtų avių vilnos ir šunų plaukų skersmens vertės, apskaičiuota, kad skirtumas tarp jų yra 1–8 proc. SEM nuotraukų analizė parodė, kad šunų plaukų skerspjūvyje yra kanalų, kurių dydis tiesiogiai priklauso nuo plaukelio skersmens, o šurkščiavilnių veislių avių vilna kanalo neturi.

Nustatyta, kad modelinių verpalų tirti baltyminiai pluoštai ČČ(M) ir ŠrA(M)II priklauso tai pačiai minimalaus ilgio grupei (57–62 mm) ir pasižymi maksimalia savitąja trūkimo jėga (29–67 cN/tex), pluoštų P(M), JT(M), ŠrA(M)I ir ŠrA(M)III, kurie pasižymi vidutinėmis ir maksimaliomis ilgio vertėmis (71–105 mm), nustatyto vidutinės ir minimalios savitosios trūkimo jėgos vertės (13–22 cN/tex).

Kaip jau buvo aprašyta 2.1 skyrelyje, iš tyrime naudotų avių vilnos ir šunų plaukų suprojektuoti ir pagaminti tokios pluoštinės sudėties modeliniai kočiotiniai verpalai:

- ✓ A – 100 proc. ŠrA(M)I+II+III;
- ✓ B – 65 proc. ŠrA(M)I+II+III ir 35 proc. ČČ(M)+P(M)+JT(M);
- ✓ C – 55 proc. ŠrA(M)I+II+III ir 45 proc. ČČ(M)+P(M)+JT(M).

3. 2 lentelėje pateiktos modelinių verpalų ilginio tankio ir stipruminių savybių vertės.

3.2 lentelė. Modelinių verpalų A, B, C geometrinių ir mechaninių rodiklių suvestinė

Rodikliai	Verpalai A	Verpalai B	Verpalai C
Verpalų ilginis tankis			
T, tex	240,7 tex × 2	222,7 tex × 2	221,3 tex × 2
V, proc.	5,28	5,06	11,23
Savitoji trūkimo jėga			
f_{tr} , cN/tex	3,44	2,80	2,65
Δ , cN/tex	±0,06	±0,04	±0,11
δ , proc.	1,74	1,43	4,15
Santykinė trūkimo ištįsa			
ε , proc.	10,41	7,64	8,42
Δ , proc.	±0,31	±0,24	±0,32
δ , proc.	2,98	3,14	3,80
Savitasis trūkimo darbas			
w_{tr} , kJ/tex	1,4	0,8	0,9
Δ , kJ/tex	±0,06	±0,04	±0,06
δ , proc.	4,29	5,00	6,67

Kaip matyti iš 3.2 lentelėje pateiktų duomenų, didžiausia savitosios trūkimo jėgos ir santykinės trūkimo ištįsos vertė pasižymi verpalai, pagaminti iš 100 proc. avių vilnos. Nustatyta, kad verpalai su šunų plaukais B ir C yra silpnesni už grynai vilnius verpalus A, atitinkamai 19 proc. ir 23 proc. Verpalai C pasižymi 5,4 proc. mažesne savitąja trūkimo jėga (2,65 cN/tex) nei verpalai B (2,80 cN/tex), nors šuns plaukų verpaluose C yra 10 proc. daugiau nei verpaluose B. Tai rodo, kad, į mišinį įdėjus daugiau šunų pluoštų, verpalų iš šio mišinio stiprumas pasikeičia nedaug. Įvertinus pagamintų ir ištirtų modelinių verpalų geometrinius ir mechaninius rodiklius, nustatyta, kad verpalai A pasižymi 240,7×2 tex ilginio tankio ir 3,44 cN/tex savitosios trūkimo jėgos vertė, o verpalų B ir C su labai panašiomis ilginio tankio

222,7×2 tex ir 221,3×2 tex vertėmis nustatytos 2,80 cN/tex ir 2,65 cN/tex savitosios trūkimo jėgos vertės.

Kanalas, esantis baltyminių pluoštų skerspjūvyje, gali nulemti šiluminės tekstilės gaminių iš šių pluoštų savybes. Todėl ateityje buvo nuspręsta išskirti populiariausias Lietuvoje auginamų šunų veisles, šių šunų plaukus maišant su itin populiaria Vokietijos juodgalvių avių vilna, pagaminti kočiotinius verpalus, o iš jų – megztas / veltas medžiagas.

Modelinių verpalų gamybos metu atlikti bandymai parodė, kad verpalų pluoštinėje sudėtyje esantys 45 proc. šunų plaukų jau yra ribinis šio pluošto kiekis mišinyje, galimas sėkmingai perdirbti pramoniniais karštuvais. Taigi, įvertinus tai, kad megztose medžiagose bus tik iki 45 proc. šunų plaukų, tolimesniame tyrimo etape nuspręsta pagaminti ir veltinius iš baltyminių pluoštų, kuriuose šunų plaukų procentinis kiekis mišinyje gali būti didinamas net iki 80–100 proc.

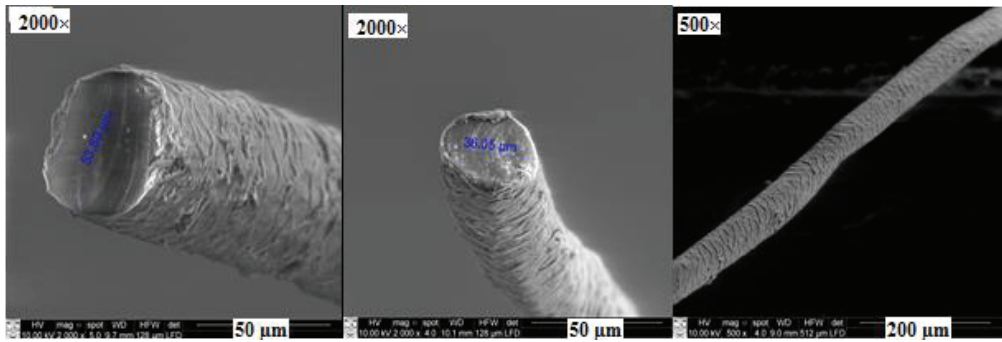
Apibendrinimas. Skirtingų šiurkščiavilnių veislių avių vilnos ir čiau čiau, Pekino bei Jorkšyro terjero veislių šunų plaukų skerspjūvis yra apskritimo formos, paviršius padengtas baltyminiams pluoštams būdingais žvyneliais. Modeliniams verpalams naudoti šunų plaukeliai skerspjūvyje turi kanalus, kurių skersmuo tiesiogiai priklauso nuo plaukelio skersmens, t. y. pluoštai ČČ(M), JT(M) ir P(M) atitinkamai pasižymi 13,50–36,90–86,79 μm vidutiniu skersmeniu, o jų skerspjūvyje esančio kanalo vidutinis skersmuo atitinkamai 8,00–15,00–30,00 μm. Iš skirtingos procentinės sudėties avių vilnos ir šunų plaukų mišinių pagaminti modeliniai kočiotiniai verpalai pasižymi panašiomis geometrinių rodiklių vertėmis, tačiau verpalai su šunų plaukais yra atitinkamai 19 proc. ir 23 proc. silpnesni nei verpalai tik iš avių vilnos. Baltyminių pluoštų skerspjūvyje esantis kanalas gali nulemti šiluminės tekstilės gaminių savybes, todėl būtina tiksliai žinoti mišinyje esančių komponentų procentinį kiekį. Šiame tyrimų etape eksperimentiškai gauti rezultatai rodo, kad ribinis procentinis šunų plaukų kiekis mišinyje gaminant kočiotinius verpalus yra 45 proc.

3.2 Pluoštų morfologijos, skerspjūvio ir cheminės sudėties analizė

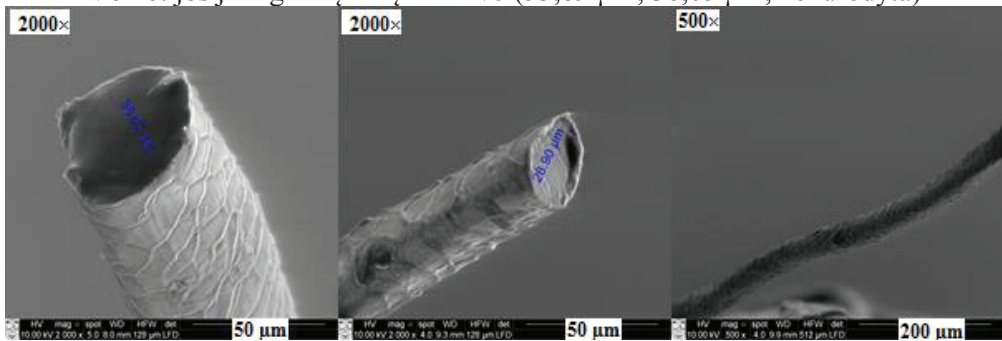
3.2.1 Pluoštų morfologijos, skerspjūvio ir išilginio vaizdo tyrimų rezultatai

Siekiant išanalizuoti baltyminių pluoštų morfologiją ir skerspjūvio ypatumus skenuojamosios elektroninės mikroskopijos būdu, buvo padarytos tyrimo naudotų pluoštų paviršiaus ir jų skerspjūvio nuotraukos. 3.1 ir 3.2 pav. yra pateikta keletas iš tyrimo metu gautų avių vilnos ir šunų plaukų eksperimentinių SEM nuotraukų. Naudojantis SEM nuotraukomis, taip pat išmatuotos jose užfiksuotų baltyminių pluoštų eksperimentinės skersmens vertės.

3.1 pav. pateiktose SEM nuotraukose aiškiai matyti, kad žvyneliai, esantys ant Vokietijos juodgalvių (VJ) ir Romanovų (R) veislės avių vilnos, tarpusavyje skiriasi. Detaliai išnagrinėjus pateiktas minėtų pluoštų paviršiaus nuotraukas, galima pamatyti, kad dėl savitos žvynelių struktūros pluoštas R pasižymi reljefiškesniu paviršiumi, o pluošto VJ paviršius nuožulnesnis, žvynelių forma ne tokia ryški, kaip esančių pluošto R paviršiuje.



Vokietijos juodgalvių avių vilna VJ (53,89 μm , 36,05 μm , nenurodyta)

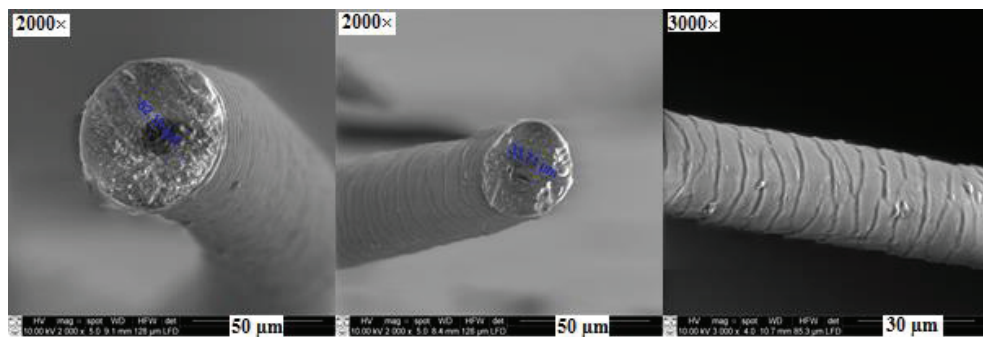


Romanovų avių vilna R (38,07 μm , 28,90 μm , nenurodyta)

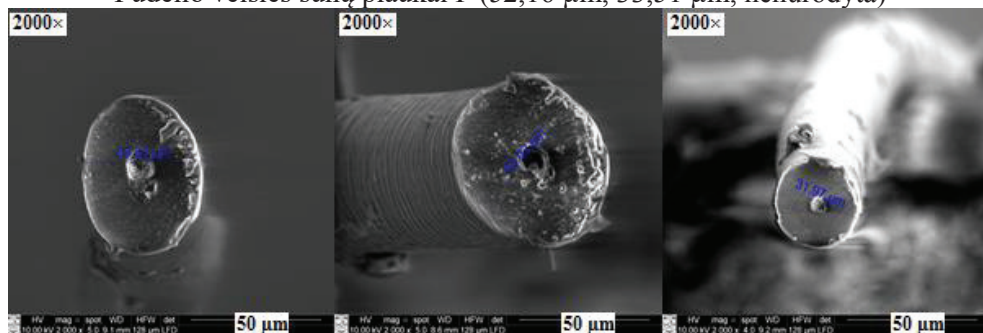
3.1 pav. Tiriamųjų avių vilnos pluošto paviršiaus ir skerspjūvio SEM nuotraukos

Kaip matyti iš 3.2 pav., visi tirti šunų plaukai paviršiuje taip pat turi baltyminiams pluoštams būdingus žvynelius, tačiau jie akivaizdžiai skiriasi nuo esančių ant avių vilnos VJ ir R: žvyneliai yra smulkesni, jų kampas nuožulnesnis, o žvynelių pasiskirstymo dažnis per plauko ilgį didesnis. Nustatyta, kad šunų plaukų paviršiuje esančių žvynelių struktūra yra labai panaši į alpakos vilnos pluošto žvynelius (Czaplinski, 2012).

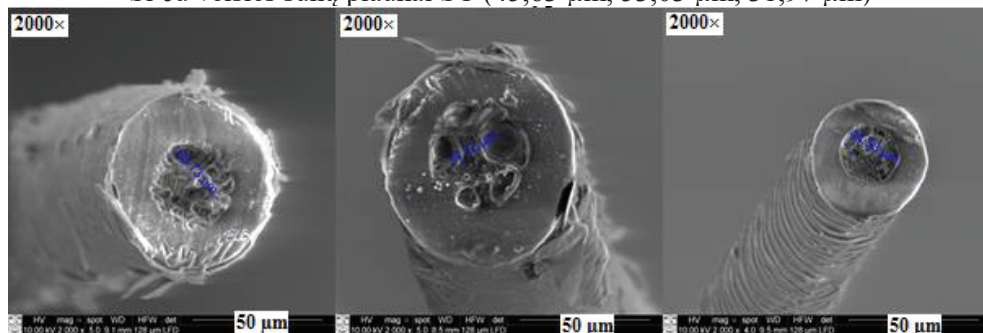
Nustatyta, kad abiejų veislių avių vilnos pluoštų VJ ir R bei tirtų šunų plaukų P, ŠC, B, FB, AnS, AmS, RS ir JT skerspjūvis yra netaisyklingo apskritimo formos (3.1–3.2 pav.). Kaip jau buvo minėta 1.1.2. skyrelyje, ir kiti tyrėjai nustatė, kad baltyminių pluoštų skerspjūvis itin retai būna taisyklingo apskritimo formos, dažniausiai jų skerspjūvis yra ovalo, elipsės ar panašių formų. Atliekant pluoštų morfologinius tyrimus nustatyta, kad esminis skirtumas tarp tirtų avių vilnos ir šunų plaukų yra kanalas, esantis daugelio veislių šunų plaukų skerspjūvio centre. Kanalo struktūra gali būti skirtinga: Jorkšyro terjero veislės šunų plaukų skerspjūvyje esantis kanalas yra tuščiaaviduris, o pudelio, ši cu, bobteilo, anglų ir rusų spanielio veislių plaukų – korėtas. Flamanų buvė ir amerikiečių spanielio veislės šunų plaukų skerspjūvyje kanalo nėra. Kaip matyti iš 3.2 pav. pateiktų tirtų šunų plaukų skerspjūvio nuotraukų, kanalas yra netaisyklingo apskritimo formos, kaip ir pats plaukas.



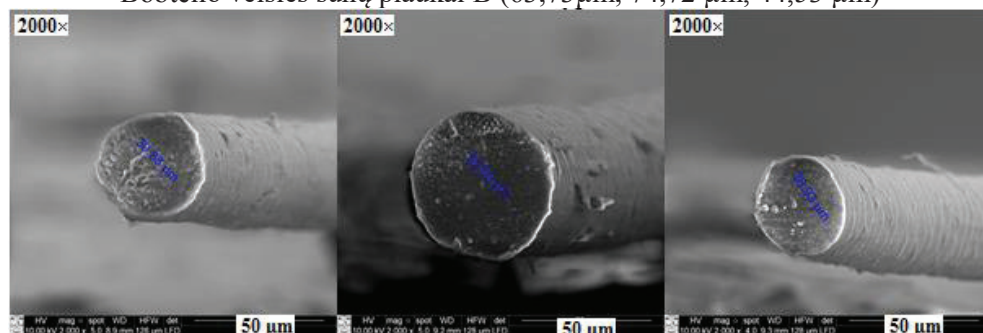
Pudelio veislės šunų plaukai P (52,16 μm, 33,51 μm, nenurodyta)



Ši cu veislės šunų plaukai ŠC (45,63 μm, 53,03 μm, 31,97 μm)

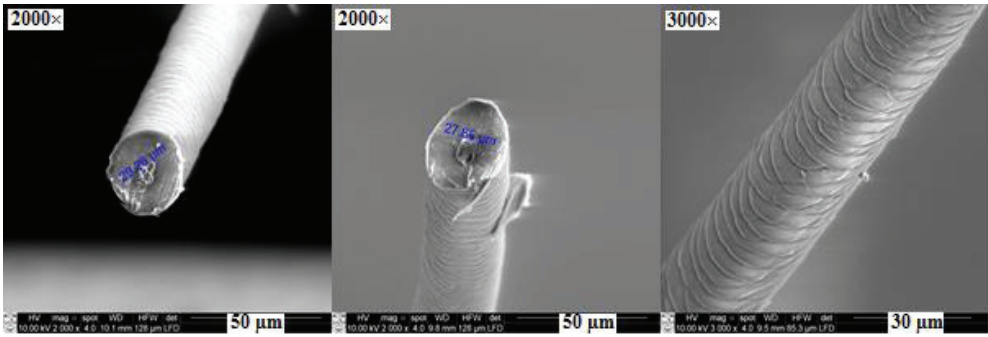


Bobteilo veislės šunų plaukai B (63,73 μm, 74,72 μm, 44,53 μm)

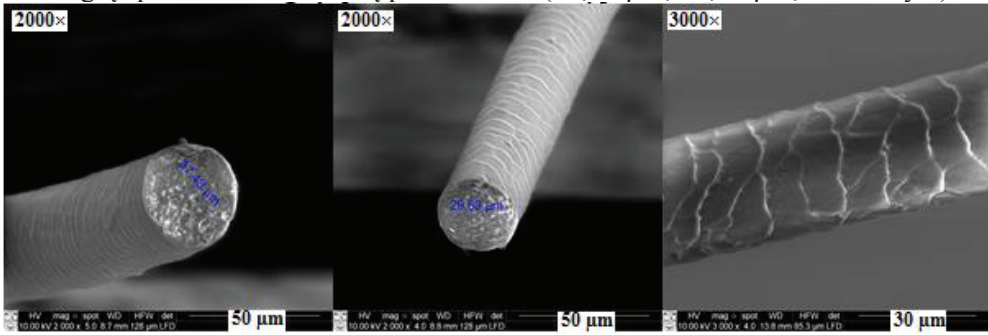


Flamandų buvjė veislės šunų plaukai FB (39,88 μm, 58,25 μm, 36,93 μm)

3.2 pav. Tiriamųjų šunų plaukų paviršiaus ir skerspjūvio SEM nuotraukos (tęsinys 64 p.)



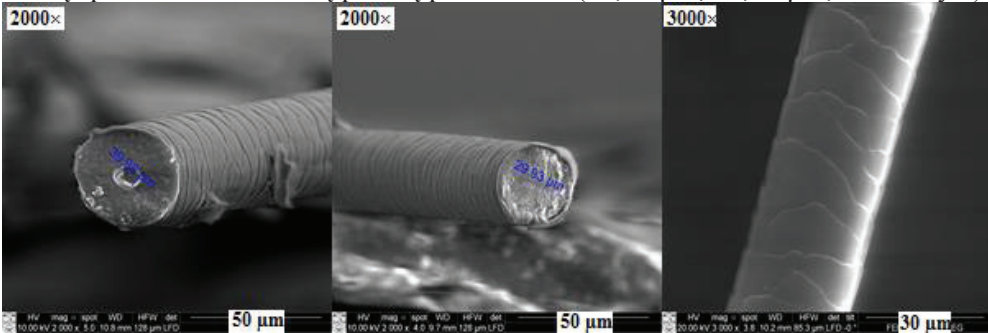
Anglų spanielio veislės šunų plaukai AnS (29,26 μm, 27,86 μm, nenurodyta)



Amerikiečių spanielio veislės šunų plaukai AmS (37,48 μm, 29,63 μm, nenurodyta)



Rusų spanielio veislės šunų plaukų pluoštas RS (42,65 μm, 29,14 μm, nenurodyta)



Jorkšyro terjero veislės šunų plaukų pluoštas JT (39,98 μm, 29,93 μm, nenurodyta)

3.2 pav. (tęsinys). Tiriamųjų šunų plaukų paviršiaus ir skerspjūvio SEM nuotraukos

Šio tyrimo metu gauta, kad 33,71 μm ir 46–52 μm skersmens šunų plaukų P skerspjūvyje yra 14 μm skersmens kanalas, o labai panašiomis 44,53–45,63 μm skersmens vertėmis pasižyminčių skirtingų veislių šunų plaukų B ir ŠC skerspjūvyje yra skirtingo skersmens 10,08–22,28 μm kanalai. Taigi gauti rezultatai rodo, kad storesnio plauko skerspjūvyje nebūtinai turi būti ir storesnis kanalas. Taip pat nustatyta, kad avių vilnos plaukelių VJ ir R, kurių skersmuo yra 36,05–53,89 μm , skerspjūvyje kanalo nėra, kaip ir panašaus skersmens (34,43–66,63 μm) šunų plaukuose FB. Gi, 44,53–74,72 μm skersmens šunų plaukų B skerspjūvyje yra kanalas, kurio skersmuo kinta nuo 22,28 iki 38,93 μm , o tai sudaro net 50–52 proc. viso plauko tūrio.

Analizuojant šunų plaukus ŠC apskaičiuota, kad 31,97–53,03 μm skersmens plaukelių skerspjūvyje yra kanalas, kurio skersmuo kinta nuo 5,97 iki 16,60 μm . Tai rodo, kad 19–31 proc. šios veislės plaukų tūrio užima jų skerspjūvyje esantis kanalas. Vis dėlto, nors baltyminiai pluoštai VJ, FB, ŠC ir pasižymi panašiomis eksperimentinėmis skersmens vertėmis, ne visų jų skerspjūvyje yra kanalas. Vadinasi, tai, ar yra kanalas plauko skerspjūvyje, priklauso ne tik nuo pluošto skersmens, bet ir nuo pluošto rūšies. Šį teiginį patvirtina ir faktas, kad nors avių vilnos pluoštai VJ ir R bei šunų plaukai JT pasižymi panašiomis eksperimentinėmis skersmens vertėmis, tačiau kanalas yra tik šunų plaukų JT skerspjūvyje.

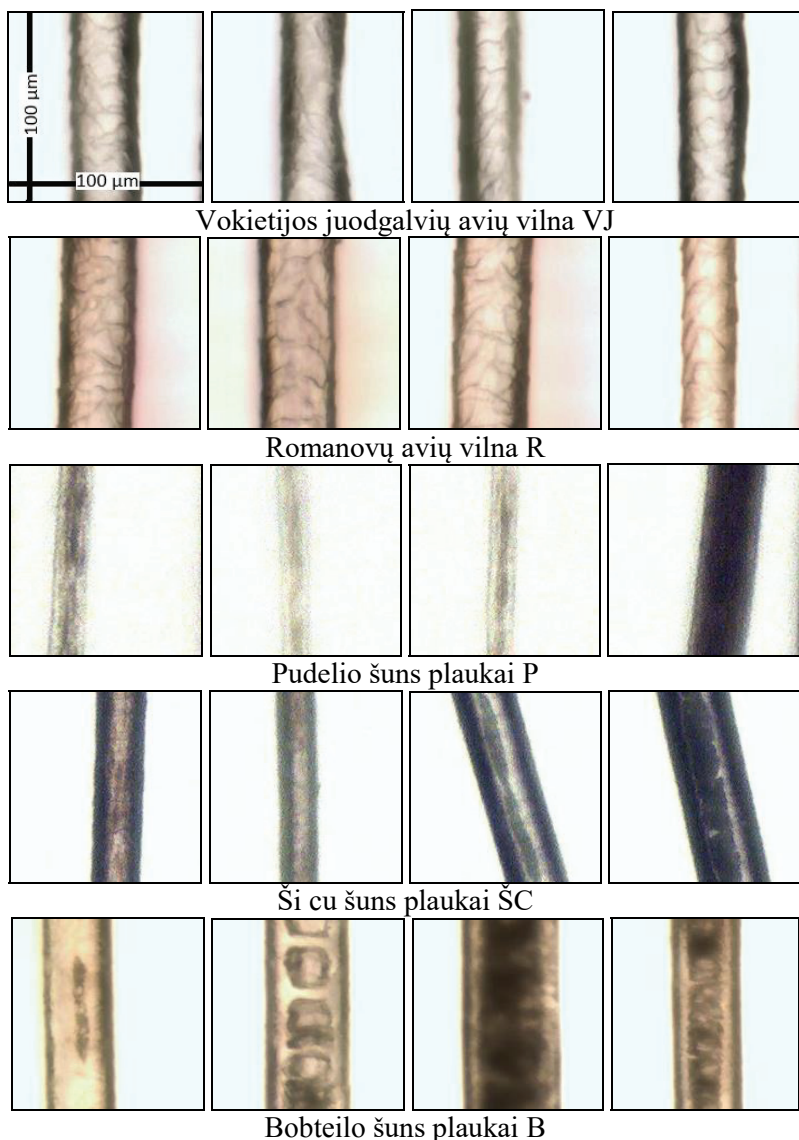
Rasta, kad 39 μm skersmens šunų plauko JT skerspjūvyje yra 20 proc. viso plauko tūrio užimantis kanalas, tačiau 29 μm skersmens šios veislės šunų plauko skerspjūvyje kanalo visai nėra. Taigi net ir tos pačios veislės bei panašaus skersmens baltyminio pluošto skerspjūvyje nebūtinai visada bus kanalas.

Lyginant tos pačios veislės (spanielio), tačiau skirtingų porūšių (anglų, amerikiečių ir rusų) šunų plaukų SEM nuotraukas, gauta, kad anglų spanielio veislės 27,86–29,26 μm skersmens plaukų skerspjūvyje yra 5–9 μm skersmens 18–31 proc. plauko tūrio užimantis kanalas, rusų spanielio 29,14–42,65 μm skersmens plaukų skerspjūvyje esantis kanalas užima panašiai (25–30 proc.) viso plauko tūrio, tačiau tos pačios veislės tik skirtingo regiono amerikiečių spanielio 29,63–37,48 μm skersmens plaukų skerspjūvyje kanalo nėra. Atliekant literatūros apžvalgą nustatyta, kad kanalo egzistavimas baltyminiame plaukelyje bei jo skersmuo gali priklausyti ir nuo įvairių genetinių bei aplinkos veiksnių. Nustatyta, kad baltyminių pluoštų kanalo skersmens dydis priklauso ne tik nuo plauko skersmens, bet ir nuo gyvūno veislės, plauko augimo stadijos, plauko nukirpimo laiko, gyvūno mitybos ir t. t. (Coates ir Ayerza, 2004; Greer, 2003; Mandage ir kt., 2007).

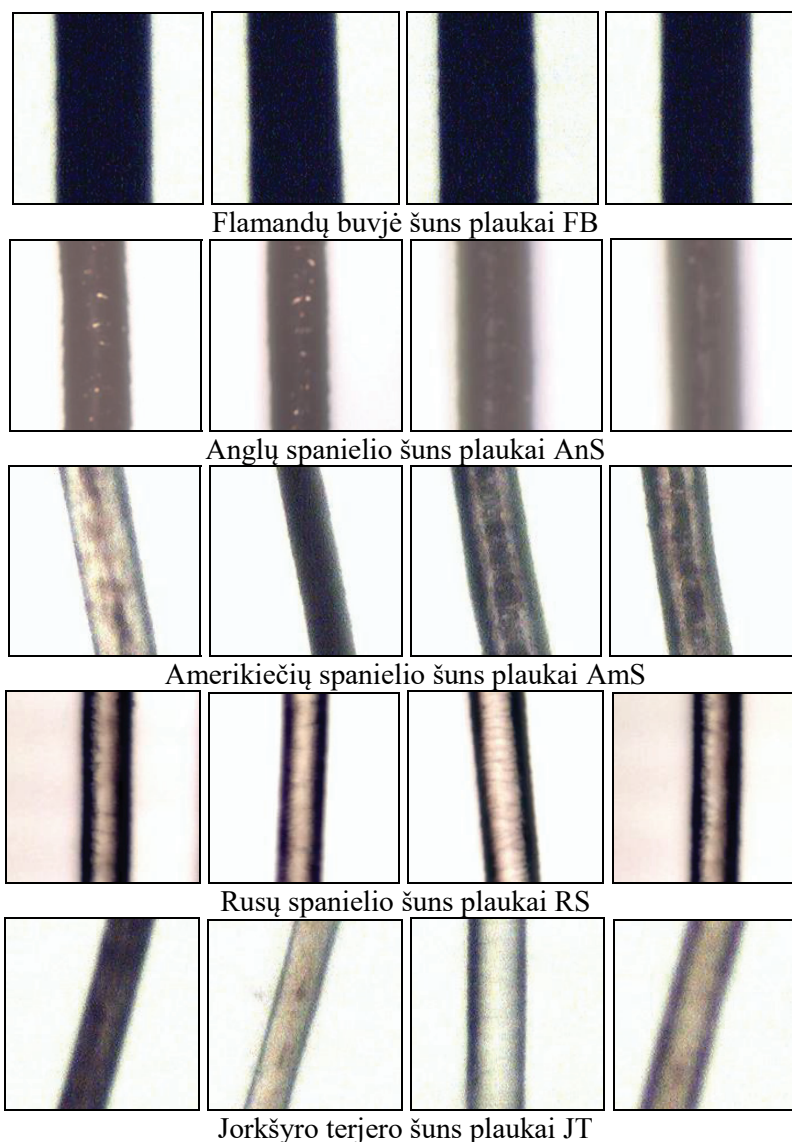
Šio tyrimo metu buvo apskaičiuotas ir žvynelių pasiskirstymo dažnis plauko paviršiuje. Vokietijos juodgalvių avių vilnos paviršiuje esantis žvynelių pasiskirstymo dažnis mažiausias tarp visų tirtų baltyminių pluoštų ir siekia 9,05 žvynelių/100 μm , o šunų plaukų paviršiuje esančių žvynelių santykinis dažnis yra 2–2,9 karto didesnis ir kinta nuo 18,9 iki 26,3 žvynelių/100 μm .

Literatūros šaltinių analizė parodė, kad, be plauko paviršiaus sandaros ir skerspjūvio struktūros, yra labai svarbu išsiaiškinti ir kanalo pobūdį per visą plauko ilgį. SEM nustačius, kad dauguma tyrimo metu tirtų pluoštų plauko skerspjūvyje yra įvairaus skersmens ir struktūros kanalai, toliau atliekant tyrimą buvo nuspręsta išsa-

mau išnagrinėti, koks kanalo pobūdis yra priskiriamas tiriamiems baltyminiams pluoštams. 3.3 pav. pateiktos tyrimo metu tirtų avių vilnos ir šunų plaukų išilginės nuotraukos (dydis 100×100 μm). 3.3 pav. pateiktos „Diapan“ mikroskopu padarytos nuotraukos patvirtina, kad avių vilnos pluoštų VJ ir R bei šunų FB plaukų skerspjūvyje kanalų nėra, tačiau avių plaukelių paviršius dengia žvyneliai, kurių morfologija labai panaši į jau matytą SEM nuotraukose (3.1 ir 3.2 pav.). Siekiant išryškinti baltyminiuose pluoštuose esančio kanalo pobūdį plaukeliuose P, ŠC, B ir AnS (arba AmS), 3.3a pav. pateiktas jų išilginis vaizdas (mastelis – 1 mm).



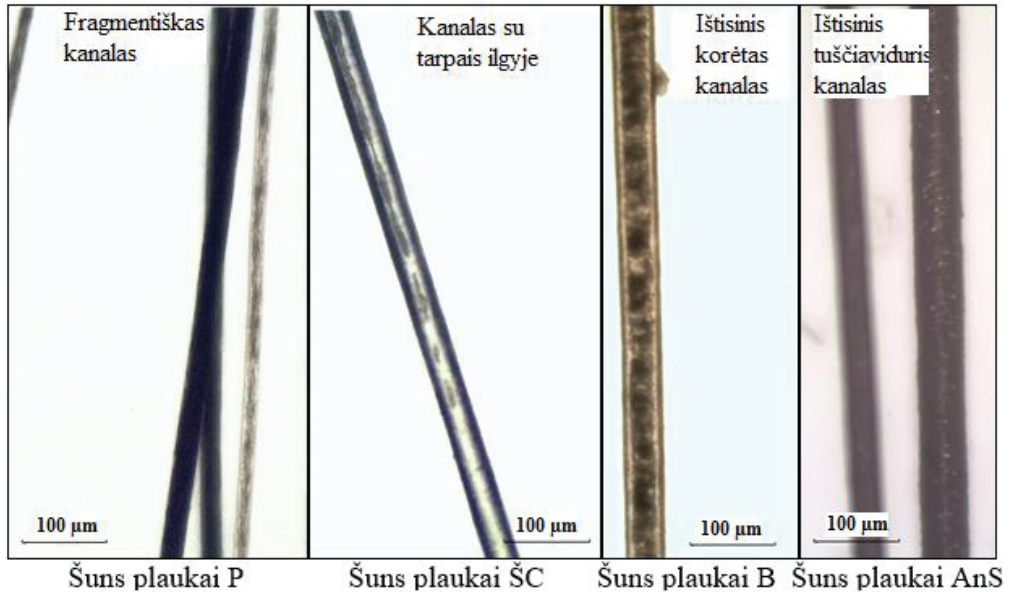
3.3 pav. Tiriamųjų baltyminių pluoštų išilginės nuotraukos (tęsinys 67 p.)



3.3 pav. (tęsinys). Tiriamųjų baltyminių pluoštų išilginės nuotraukos

Kaip matyti iš 3.3 ir 3.3a nuotraukų, kanalas per pluošto ilgį gali būti išsidėstęs panašiu atstumu esančiais fragmentais (pvz., pluoštas P) su įvairaus ilgio tarpais (pvz., pluoštas ŠC). Be to, kanalas gali būti ištisinis tuščiaviduris (pvz., pluoštas AnS), ištisinis korėtas (pvz., pluoštas B). Būtina paminėti, kad bobteilo veislės šuns plaukų skerspjūvyje esančio kanalo pobūdis ir struktūra yra panašūs į šiuos aviganių veislės šunų rodiklius (Greer ir kt., 2007). „Diapan“ mikroskopu darytose išilginėse pluoštų nuotraukose (3.3 pav.) matyti, kad amerikiečių spanielio veislės šuns plauko skerspjūvyje yra kanalas, nors SEM metodu jis nebuvo nustatytas. Išanalizuotoje literatūroje taip pat rašoma (Lupton ir Pfeiffer, 1998), kad tiriant pluoštų sandarą

reikia naudoti kelis metodus ir lyginti jų rezultatus, nes kitu atveju galima nepastebėti reikšmingų skirtumų.



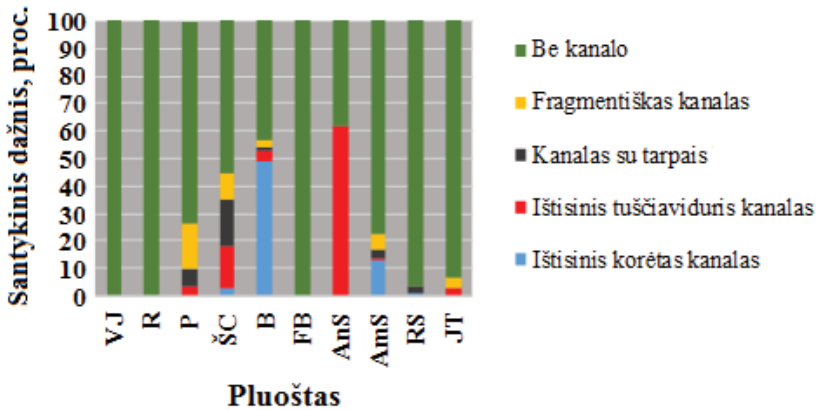
3.3a pav. Šunų plaukų P, ŠC, B ir AnS išilginės nuotraukos

Taigi, tarpusavyje palyginus abiem metodais (SEM ir „Diapan“) gautas nuotraukas, nustatyta, kad avių vilnos VJ, R ir šunų plaukų FB skerspjūvyje kanalo nėra, o šunų plaukai P, ŠC, B, AnS, AmS, RS ir JT – kanalą turi. Svarbu ir tai, kad 12,34–57,14 µm skersmens šunų plaukų ŠC skerspjūvyje yra kanalas, kurio skersmuo kinta 5,72–20,64 µm ir užima 36–46 proc. viso plauko tūrio. Šis rezultatas skiriasi nuo gauto, įvertinus SEM darytas nuotraukas (19–31 proc.). Skirtumas galėjo atsirasti dėl to, kad būtent šios veislės šunų plaukuose esantis kanalas yra kintančio skersmens per plauko ilgį (o šios aplinkybės neįmanoma įvertinti iš SEM nuotraukų). „Diapan“ mikroskopu darytų šunų plaukų ŠC nuotraukų analizė (3.3 pav.) parodė, kad kanalas iš tiesų yra su susiaurėjimais ir praplatėjimais per plauko ilgį, t. y. kanalo skersmuo per plauko ilgį gali kisti.

Panašios tendencijos nustatytos ir analizuojant išilgines šunų plaukų B „Diapan“ mikroskopu darytas nuotraukas. Rasta, kad šio 20,00–88,59 µm skersmens baltyminio pluošto skerspjūvyje yra kanalas, kurio skersmuo svyruoja 8,57–60,00 µm. Įvertinus SEM metodu gautas plaukų B nuotraukas buvo nustatyta, kad skerspjūvyje esantis kanalas gali užimti net 50–52 proc. plauko tūrio, tačiau iš „Diapan“ nuotraukų matyti, kad kanalas šiame pluošte užima dar daugiau tūrio (43–68 proc.). Be to, abiem mikroskopais gautos nuotraukos įrodo, kad bobteilo veislės šunų plauko skerspjūvyje esantis kanalas tikrai išsiskiria ne tik tūriu, bet ir struktūra, formomis bei išsidėstymu per visą plauko ilgį.

Taigi, siekiant labai tiksliai įvertinti baltyminiuose pluoštuose esančių kanalų pobūdį, formą, jų išsidėstymą ir struktūrą, tikslinga tyrimus atlikti naudojant kelis

skirtingus metodus. Kaip jau buvo minėta, svarbūs baltyminių pluoštų morfologijos rodikliai yra ne tik kanalo struktūra ir jo pobūdis per visą plauko ilgį, bet ir santykinis kanalo dažnis plaukeliuose. Žinoma, kad pluoštų skerspjūvyje esantys kanalai gali būti: ištisiniai, išsidėstę fragmentiškai, išsidėstę skirtingo ilgio tarpomis, kanalo gali visai nebūti. Todėl iš visų šio tyrimo metu SEM ir „Diapan“ mikroskopais darytų pluoštų paviršiaus, skerspjūvio ir išilginio vaizdo nuotraukų apskaičiuota, kiek ir kokių kanalų buvo rasta kiekviename tirtame pluošte. Skaičiavimo rezultatai pateikti stulpeline diagrama 3.4 pav.



3.4 pav. Baltyminių pluoštų kanalų santykinis dažnis

3.4 pav. pateiktoje stulpelinėje diagramoje matyti, kad didžiausia skirtingų kanalo struktūrų variacija nustatyta šunų plaukuose ŠC, B ir AmS. Šių pluoštų skerspjūvyje aptikti ne tik fragmentais ar įvairaus ilgio tarpais išsidėstę, tačiau ir ištisiniai tuščiaaviduriai bei ištisiniai korėti kanalai. Didžioji dauguma šunų plaukų B skerspjūvyje aptiktų kanalų yra ištisinės korėtos struktūros, o šuns plaukų AnS skerspjūvyje esančių kanalų variacija pati mažiausia – šis baltyminis pluoštas pasižymi tik ištisiniu tuščiaaviduriu kanalu plauko viduje.

Remiantis atlikta analize nustatyta, kad avių vilnos pluoštai VJ ir R bei šunų plaukai FB skerspjūvyje kanalo neturi, 3,65–6,60 proc. santykinis kanalo dažnis per plauko ilgį nustatytas šunų plaukuose RS ir JT, taip pat tyrimo metu apskaičiuota, kad santykinis kanalo dažnis šunų plaukuose AmS ir P yra 22,47–26,67 proc. Viena didžiausių santykinio kanalo dažnio vertė apskaičiuota šunų plaukuose ŠC ir B: 44,36–56,58 proc., o maksimalus santykinis kanalo dažnis nustatytas anglų spanielio veislės šuns plaukuose ir siekia net 61,54 proc.

Kaip žinoma, vilnos plaukeliai skirstomis į keturias pagrindines grupes: pūkinius (14–30 μm skersmens, neturinčius kanalo skerspjūvyje), tarpinius (25–55 μm skersmens, kurių skerspjūvyje yra fragmentiniai kanalai), akuotinius (40–200 μm skersmens, pasižyminčius dideliu santykiniu kanalo dažniu), negyvus (75–210 μm skersmens, skerspjūvyje yra ištisinis kanalas) (Matukonis ir kt., 1989). Iš 3.4 pav. pateikto santykinio kanalo dažnio pasiskirstymo ir vidutinių pluošto skersmens verčių (3.3 sk.) matyti, kad Vokietijos juodgalvių avių vilnos pluošto VJ ir šunų plaukų P, AnS, AmS, RS ir JT vidutinis skersmuo kinta nuo 21,73 iki 30,00 μm, tokie plau-

keliai priskiriami pūkiniams, ŠC ir FB – tarpiniams, o bobteilo veislės šuns plaukai B – akuotiniams. Literatūroje (Matukonis ir kt., 1989) rašoma, kad pūkinių plaukų skerspjuvyje kanalo nėra, ir dėl šios savybės jie yra patys vertingiausi tarp kitų plaukų. Taigi nors teoriškai pūkiniai plaukeliai kanalo neturi, tačiau šio tyrimo metu gauti rezultatai rodo (3.4 pav.), kad tarp visų pūkiniams priskirtų baltyminių pluoštų kanalo skerspjuvyje nėra tik Vokietijos juodgavių avių vilnos pluošte VJ, o šunų plaukai RS, JT, AmS, P ir AnS atitinkamai pasižymi 3,65–6,60–22,47–26,67–61,54 proc. santykinio kanalo dažniu plauko skerspjuvyje. Todėl pagal santykinį kanalo dažnį plauko skerspjuvyje pūkiniams plaukams gali būti priskiriamas tik pluoštas VJ, o šunų plaukai RS, JT, AmS, P – tarpiniams ar net akuotiniams (AnS) plaukeliams. Plaukai ŠC priskiriami tarpinių rūšių tiek pagal vidutinį pluošto skersmenį (32,12 μm), tiek ir pagal santykinį kanalo dažnį – 44,36 proc., tačiau flamandų buvję veislės šunų plaukų FB skerspjuvyje kanalo nėra, nors vidutinis šio pluošto skersmuo (40,05 μm) ir yra priskiriamas tarpiniams plaukeliams. Nustatyta, kad storiausi (52,33 μm) bobteilo veislės šuns plaukai pasižymi ir didele santykinio kanalo dažnio verte (56,58 proc.), todėl yra priskiriami akuotiniams plaukams. Taigi baltyminio pluošto priskyrimas tam tikrai plaukelių rūšiai turi būti atliekamas remiantis ne tik vidutine pluošto skersmens verte, bet ir santykinio kanalo dažniu.

Apibendrinimas. Atlikta baltyminių pluoštų analizė ir gauti rezultatai rodo, kad jų morfologinius tyrimus rekomenduojama atlikti keliais metodais. Taip ne tik yra įvykdomas gautų rezultatų kontrolinis patikrinimas, bet ir atsiranda galimybė įvairiapusiškiau išnagrinėti išskirtinę baltyminių pluoštų sandarą: paviršiaus struktūrą, skerspjuvio sandarą ar net kanalo pobūdį per plauko ilgį. Nustatyta, kad šunų P, ŠC, B, AnS, AmS, RS ir JT plaukų skerspjuvyje yra kanalai, kurių skersmuo gali priklausyti nuo plauko skersmens ir pluošto rūšies. Kanalų forma yra netaisyklingo apskritimo, banguotais kraštais, struktūra gali būti tuščiavidurė arba korėta, kanalas būna ištisinis arba išsidėstęs fragmentais per plauko ilgį. Tyrimais patvirtinta, kad kanalas kai kuriais atvejais gali užimti net 52–68 proc. viso plauko tūrio, o santykinis kanalo dažnis pluošte gali būti iki 61,54 proc. Remiantis vidutinėmis pluošto skersmens bei santykinio kanalo dažnio vertėmis, tirta Vokietijos juodgalvių avių vilna bei pudelio, ši cu, bobteilo, anglų, amerikiečių, rusų spanielio, flamandų buvję, Jorkšyro terjero veislės šuns plaukai priskirti pūkiniams, tarpiniams bei akuotiniams plaukeliams. Šios morfologinės ir struktūrinės ypatybės gali turėti tiesioginį poveikį tam tikroms pluošto ir iš jo pagamintų tekstilinių medžiagų šiluminėms savybėms.

3.2.2 Pluoštų cheminės sandaros tyrimų rezultatai

Žinoma, kad baltymai yra pati svarbiausia gamtinių junginių klasė. Kiekvienoje ląstelėje gali būti keletas tūkstančių skirtingų baltymų, kurių bendrus bruožus nulemia cheminė struktūra – tai makromolekulės, sudarytos iš aminorūgščių, sujungtų peptidiniais ryšiais (Atav, Türkmenn, 2012). Pagrindinės ir aktyviausios funkcinės grupės baltymo sandaroje yra karboksi- (-COOH), amino (-NH₂) ir hidroksi- (-OH) (Wojciechowska, Wlochowicz, Weselucha–Birczyna, 1999). Tyrimo metu nustatčius, kad skirtingi baltyminiai pluoštai pasižymi skirtinga morfologija, turi savitą plauko paviršiaus ir skerspjuvio struktūrą, tolimesniame etape buvo nuspręsta išana-

lizuoti ir palyginti jų cheminę sandarą ir kristalizacijos laipsnio skirtumus. Remiantis išanalizuota literatūra yra žinoma, kad baltymai dažniausiai būna sudaryti iš anglies, vandenilio, deguonies ir azoto, todėl šiame tyrimų etape siekiama išsiaiškinti šių ir kitų cheminių elementų procentinius skirtumus skirtingų baltyminių pluoštų sudėtyje. SEM–EDX ir „Elementar Analyzer CE–440“ įranga nustatytas cheminių elementų kiekis avių vilnos ir šunų plaukų sudėtyje pateiktas 3.3 lentelėje.

3.3 lentelė. Avių vilnos ir šunų plaukų cheminės sudėties suvestinė

Baltyminio pluošto žymėjimas	Cheminio elemento kiekis, proc.							
	SEM-EDX analizė				„Elementar Analyzer CE–440“			
	Anglis	Azotas	Deguonis	Siera	Anglis	Azotas	Vandenilis	Kita
VJ	66,2	14,8	18,0	1,0	47,1	15,2	6,3	31,4
P	43,3	18,8	35,6	2,4	45,2	14,7	5,7	34,4
ŠC	43,4	18,4	35,6	2,6	48,0	15,6	6,3	30,0
B	41,6	19,4	36,5	2,5	44,9	15,0	6,2	33,9
FB	43,7	17,9	36,1	2,3	45,1	14,9	6,1	34,0
AnS	44,5	16,6	36,5	2,4	47,6	15,4	6,1	30,9
AmS	44,0	17,7	36,0	2,3	45,3	14,7	5,8	34,2
RS	42,6	18,2	36,8	2,5	43,8	14,4	5,9	35,8
JT	58,7	17,2	21,9	2,2	42,4	13,8	6,2	37,6

SEM–EDX tyrimo metu nustatytas Vokietijos juodgalvių avių vilnos ir skirtingų veislių šunų plaukų paviršiuje esantis cheminių elementų procentinis kiekis, kaip ir tikėtasi, šiek tiek skiriasi nuo cheminių elementų verčių, gautų „Elementar Analyzer CE–440“ įranga. Suprantama, kad cheminių elementų kiekis baltyminių pluoštų paviršiuje ir jų vertės, gautos sudeginus pluoštus, gali skirtis. Kaip matyti iš 3.3 lentelėje pateiktų SEM–EDX analizės metodu gautų duomenų, sieros, deguonies ir azoto koncentracija avių vilnos pluošte yra mažesnė nei šunų plaukuose: procentinis sieros ir deguonies kiekis avių vilnos plauko paviršiuje yra du kartus mažesnis nei šunų plaukų (išskyrus šunų plaukus JT), o azoto koncentracija vilnos paviršiuje yra mažesnė apie 1,12–1,31 karto. Nustatyta, kad didžiausia anglies koncentracija (66,2 proc.) tarp visų tirtų pluoštų pasižymi pluoštas VJ, o tirtuose šunų plaukuose šio cheminio elemento procentinis kiekis svyruoja nuo 41,6 iki 58,7 proc. Rasta, kad visų SEM-EDX analizės metodu tirtų cheminių elementų procentinis kiekis šunų plaukų paviršiuje yra labai panašus, išskyrus Jorkšyro terjero veislės šuns plaukuose gautą anglies (58,7 proc.) ir deguonies (21,9 proc.) kieki.

„Elementar Analyzer CE–440“ įranga buvo nustatytas anglies, vandenilio ir azoto procentinis kiekis dujose, gautose sudeginus tirtus avių vilnos ir šunų plaukų pluoštus. 3.3 lentelėje pateikti rezultatai rodo, kad procentinis paminėtų cheminių elementų kiekis tirtuose pluoštuose kinta, atitinkamai: C ~ 45 ± 3,0 proc., H ~ 6 ± 0,3 proc. ir N ~ 14,6 ± 1,0 proc. Skirtumas tarp mažiausio ir didžiausios procentinio anglies kiekio tarp visų tirtų pluoštų yra tik 0,067 proc., vandenilio – 0,05 proc., azoto – 0,068 proc. Atlikus išsamią gautų rezultatų analizę nustatyta, kad procentinis anglies, vandenilio ir azoto kiekis šunų plaukuose JT, FB, P, B, RS ir AmS yra mažesnis, palyginti su Vokietijos juodgalvių avių vilnos pluoštu, o ši cu ir anglų spanielio veislės šuns plaukų cheminė sudėtis yra labai panaši į avių vilnos pluošto VJ, atitinkamai: ŠC (C:H:N 48.04:6.32:15.64), AnS (C:H:N 47.6:6.11:15.41) ir VJ

(C:H:N 47.14:6.29:15.14). Kaip matyti iš 3.3 lentelėje pateiktų duomenų, didžiausias skirtumas tarp SEM-EDX ir „Elementar Analyzer CE-440“ metodais nustatyto cheminio elemento anglies kiekio gautas avių vilnoje VJ ir šunų plaukuose JT. Tai galėtų būti paaiškinama tuo, kad SEM-EDX tyrimo metu plaukeliai yra dedami ant anglies pluošto pagrindo ir vėliau šis paviršius yra nuskenuojamas. Kadangi plaukeliai VJ ir JT yra ploni, tai skenavimo metu galėjo būti nuskenuotas ir tabletės paviršius.

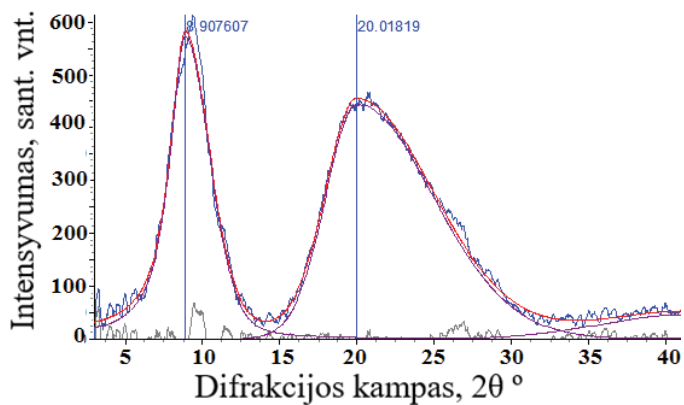
Šio tyrimo metu azoto kiekis baltyminių pluošto cheminėje sudėtyje nustatytas naudojant tris skirtingus metodus: SEM-EDX, „Elementar Analyzer CE-440“ bei Kjeldalio metodą. Tyrimo metu gauti rezultatai pateikti 3.4 lentelėje.

3.4 lentelė. Azoto kiekis tirtų baltyminių pluoštų cheminėje sudėtyje

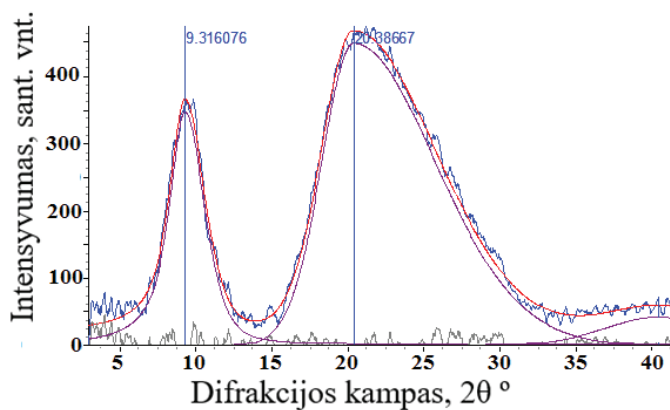
Baltyminio pluošto žymėjimas	Azoto kiekis, proc.				Drėgnis, proc.
	SEM-EDX analizė	„Elementar Analyzer CE-440“	Kjeldalio metodas		
			neįvertinus drėgnio	įvertinus drėgnį	
VJ	14,8	15,15	15,63	15,30	9,79
P	18,8	14,69	15,90	18,34	11,54
ŠC	18,4	15,64	16,00	13,28	17,02
B	19,4	15,00	15,60	13,88	11,04
FB	17,9	14,89	15,71	13,88	11,63
AnS	16,6	15,41	13,90	12,29	11,60
AmS	17,7	14,73	15,40	13,57	11,90
RS	18,2	14,44	14,84	14,45	9,74
JT	17,2	13,84	15,40	15,26	9,91

Kaip matyti iš 3.4 lentelėje pateiktų duomenų, azoto kiekis, nustatytas skirtingais metodais, nėra vienodas, tačiau skaitinės šio rodiklio vertės yra tos pačios eilės. Žinoma, kad minėtoms vertėms turi įtakos pluošto drėgnis. Ir šiame tyrime ši cu veislės šunų plaukuose nustatytas drėgnis yra didžiausias tarp visų tirtų pluoštų (17,02 proc.). Manoma, kad galbūt todėl ir skirtumas tarp skirtingais metodais nustatyto azoto kiekio šiame pluošte yra net 28 proc. Vis dėlto, nors bobteilo veislės šuns plaukų drėgnis jau mažesnis (11,04 proc.), tačiau skirtumas tarp įvairiais metodais nustatyto azoto kiekio išlieka 28 proc. Nustatyta, kad Vokietijos juodgalvių avių vilnos VJ azoto kiekis, nustatytas skirtingais būdais, yra panašiausias, nes skirtumas tarp šio rodiklio verčių yra mažiausias (5,3 proc.). Taigi azoto kiekio baltyminiuose pluoštuose tyrimo rezultatai nėra vienareikšmiškai paaiškinami, o literatūroje labai trūksta informacijos apie šių pluoštų cheminės sudėties ypatumus.

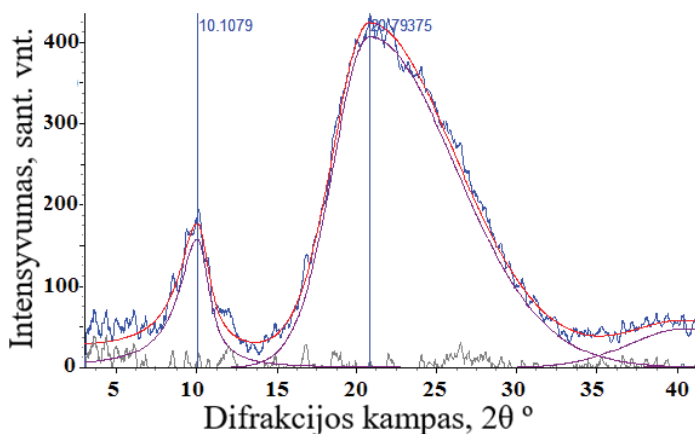
Baltyminių pluoštų kristališkumas yra labai svarbus rodiklis, kuris turi įtakos cheminėms, šiluminėms, optinėms ir mechaninėms pluošto savybėms (Fonollosa ir kt., 2004). Vilnos pluošto makromolekulės pasižymi šioms polimerams būdinga struktūra, kurioje yra ir kristalinių, ir amorfinių gardelių (Aluigi ir kt., 2007). Šiame darbe buvo išmatuoti rentgeno struktūrinės analizės būdu tirtų baltyminių pluoštų kristalinės ir amorfinės sričių difrakciniai intensyvumai (3.5 pav.), o iš gautų rezultatų apskaičiuotas kristalizacijos laipsnis (3.5 lentelė).



Jorkšyro terjero veislės šunų plaukai JT



Bobteilo veislės šunų plaukai B



Rusų spanielio veislės šunų plaukai RS

3.5 pav. Baltyminių pluoštų XRD kreivės

3.5 lentelė. Baltyminių pluoštų difrakcinių maksimumų intensyvumai ir kristalizacijos laipsnis

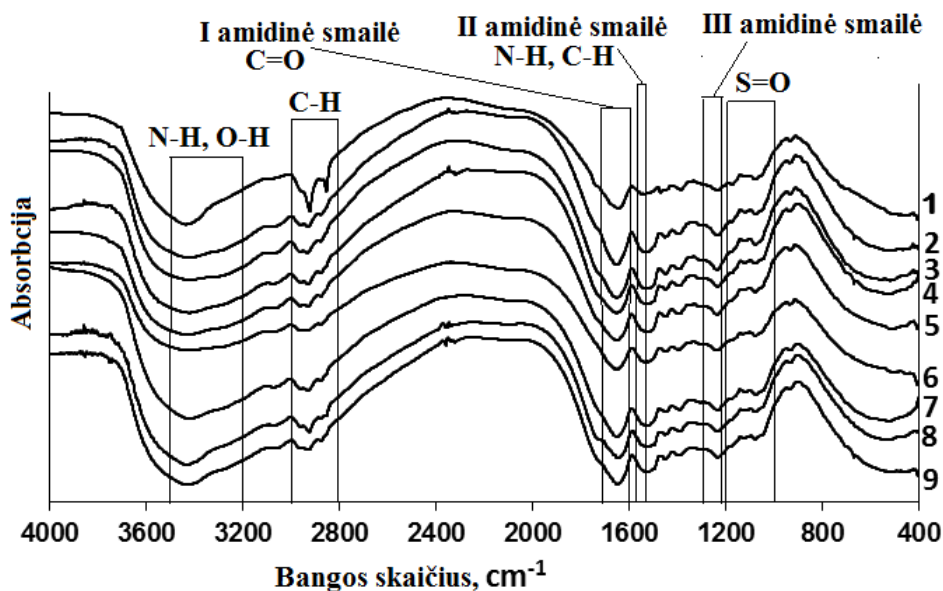
Baltyminio pluošto žymėjimas		$I_{\text{krist.}}$	$I_{\text{amorf.}}$	KL, proc.
1	VJ	999,75	2694,97	27
2	JT	2185,13	5091,74	30
3	FB	1794,89	4996,91	26
4	P	1169,08	4369,64	21
5	ŠC	1453,97	4393,35	25
6	B	1229,59	5026,38	20
7	RS	524,47	4955,42	10
8	AnS	753,96	3299,19	19
9	AmS	266,17	3694,08	7

Iš šiame tyrime gautų XRD kreivių (3.5 pav.) matyti, kad difrakciniai maksimumai nustatyti ties $2\theta = 9,04 \sim 9,08^\circ$ ir ties $2\theta = 20,58 \sim 20,68^\circ$. Mokslininkai Montarez, Amiri ir Malek (2013) bei Tran ir Mututuvvari (2016) ištyrė, kad vilnos pluošto kristalografinėse kreivėse esantys maksimumai yra ties $2\theta = 9,8^\circ$ ir $2\theta = 20,2^\circ$. Itin panašaus pobūdžio XRD kreivės buvo gautos ir kitų tyrėjų (Cao ir Billows, 1999; Li ir Yang, 2014; Long, Lei ir Guiqin, 2008). Tyrėjai (Cao ir Billows, 1999) teigia, kad difrakciniai maksimumai ties 0,98 nm ir 0,465 nm priskiriami antrinei α spiralinei, o ties 0,98 nm ir 0,51 nm – β klostinei struktūrai. Mokslininkai Kumar ir kt. (2013) tyrinėjo vilnos pluošto cheminę struktūrą ir, atlikę rentgenostruktūrinius tyrimus, nustatė, kad vilnos pluoštas yra amorfinis. Literatūroje rašoma (Niu ir kt., 2012), kad vilnos pluošto XRD kreivės pasižymi trimis difrakciniais maksimumais: ties $2\theta = 15\text{--}31^\circ$ (α spiralinė antrinė struktūra), $2\theta = 16\text{--}31^\circ$ (β klostinė antrinė struktūra) ir ties $2\theta = 9^\circ$ (α spiralinė ir β klostinė antrinė struktūra).

Šio tyrimo metu nustatyta, kad visų tirtų baltyminių pluoštų XRD kreivės (3.5 pav.) pasižymi difrakciniais maksimumais, kurių atstumas tarp plokštumų $d = 0,98$ nm, todėl šie baltyminiai pluoštai priskiriami antrinėms α spiralės ir β klostinei struktūroms. Dėl mažo kristalitų dydžio (nuo kurio priklauso difrakcinio maksimumo plotis), α spiralės ir β klostinei struktūroms būdingi difrakciniai maksimumai ties $d = 0,465$ nm ir $d = 0,51$ nm persidengia su amorfiniu difrakciniu maksimumu ties $2\theta = 20^\circ$, todėl α spiralinės ir β klostinės struktūrų individualiai identifikuoti rentgeno struktūrinės analizės metodu nebuvo galima. Taigi šio tyrimo metu gautose rentgenogramose užrašyti bendri intensyviausi difrakciniai maksimumai ties $2\theta = 9,04 \sim 9,08^\circ$ ir $2\theta = 20,58 \sim 20,68^\circ$ yra būdingi visiems baltyminiams pluoštams, tačiau difrakcinių maksimumų intensyvumai yra skirtingi atskiroms baltyminių pluoštų kreivėms. Šio tyrimo metu nustatyta (3.5 pav.), kad Jorkšyro terjero veislės šuns plaukai JT pasižymi intensyviausia kristalografinė smaile ties $2\theta = 9,04 \sim 9,08^\circ$ tarp visų tirtų baltyminių pluoštų, o 3.5 lentelėje pateikti duomenys rodo, kad šis pluoštas pasižymi didžiausia kristalizacijos laipsnio verte. Kaip matyti iš 3.5 pav., kristalografinių smalių intensyvumas ties $2\theta = 9,04 \sim 9,08^\circ$ baltyminiuose pluoštuose B ir RS atitinkamai mažėja, o amorfinių difrakcinių maksimumų intensyvumai ties $2\theta = 20,58 \sim 20,68^\circ$ didėja, palyginti su Jorkšyro terjero veislės šunų plaukų difrakciniu profiliu. Rasta, kad plaukų B ir RS kristalizacijos laipsnis, paly-

ginti su plaukų JT, atitinkamai mažėja ir yra lygus 20 ir 10 proc. Šio tyrimo metu nustatyta, kad mažiausia kristalizacijos laipsnio vertė (7 proc.) pasižymi amerikiečių spanelio veislės šuns plaukai AmS. 3.5 lentelėje pateikti duomenys rodo, kad šunų plaukai AmS ir RS pasižymi 7–10 proc., AnS, B ir P 19–21 proc., ŠC, FB ir VJ 25–27 proc. kristalizacijos laipsnio vertėmis. Mokslininkai Cao ir Billows (1999) nustatė, kad vilnos pluošto kristalizacijos laipsnis yra lygus 14–18 proc. Remiantis atlikta analize nustatyta, kad išmatuoti difrakcinių maksimumų intensyvumai ties $2\theta = 9^\circ$ ir ties $2\theta = 20^\circ$ bei apskaičiuotas kristalizacijos laipsnis skiriasi ne tik tarp avių vilnos ir šunų plaukų, bet taip pat ir tarp visų tirtų šunų plaukų tarpusavyje.

IR spektroskopija yra vienas iš seniausių ir iki šiol plačiai naudojamų baltymo struktūros tyrimo metodų (Kong ir Yu, 2007). Spektrinės analizės metu keičiasi arba bangos skaičius, arba kampas tarp cheminių ryšių. Iš literatūros apžvalgoje surinktų duomenų žinoma, kad IR spindulių absorbcija junginiuose sukelia vibraciją ir, priklausomai nuo absorbuotos šviesos dažnio, pasikeičiant atstumams tarp atomų, įvyksta valentiniai virpesiai, o, pasikeičiant kampams tarp jungčių, – deformaciniai virpesiai (Buika, Getautis, Martynaitis ir Rutkauskas, 2004). Šio tyrimo metu absorbcijos smailės, atitinkančios pagrindinius tonus IR spektre, buvo užregistruotos 4000–500 cm^{-1} srityje (3.6 pav.).



3.6 pav. FT-IR spektrai : 1-VJ, 2-JT, 3-FB, 4-P, 5-ŠC, 6-B, 7-RS, 8-AnS, 9-AmS

Absorbcijos smailės 3500–3200 cm^{-1} registruojamame regione priklauso N–H ir O–H grupių valentiniams virpesiams (Buika ir kt., 2007). Kaip matyti iš 3.6 pav., absorbcijos smailė ties 3433 cm^{-1} persilinkusi į bangos skaičiaus žemesnį diapazoną ir 3100–3060 cm^{-1} regione užrašyti silpni virpesiai, kurie priskiriami antriniams amidams. Žinoma, kad absorbcijos smailės ties 3000–2800 cm^{-1} yra priskiriamos C–H grupei (Stuart, 2004). Nors Vokietijos juodgalvių avių vilnos pluošto VJ spektre

nėra aiškiai matomų pikų ties 2958 cm^{-1} , tačiau šiame regione užfiksuotos labai ryškios absorbcinės kreivės šunų plaukų spektruose. Iš 3.6 pav. pateiktų FT–IR spektrų matyti, kad šunų plaukų absorbcijos kreivės, užrašytos 2920 cm^{-1} ir 2851 cm^{-1} regionuose, yra persislinkusios ilgesnių bangų kryptimi, be to, šių absorbcijos kreivių intensyvumas yra skirtingas. Literatūroje buvo rasta informacijos, kad žemesnių dažnių ($1700\text{--}1600\text{ cm}^{-1}$) srityje esantys pečiai yra susiję su pirminiais amidais, kur kiekvienas antrinės struktūros tipas dėl molekulinės geometrijos ir vandenilinio ryšio turi įtakos skirtingam C=O ryšio įtempimui (Kong, Yu, 2007). Šunų plaukų absorbcijos kreivės, priskiriamos I amidinei smailei, varijuoja nedaug, nuo 1651 iki 1646 cm^{-1} , o avių vilnos pluošto VJ spektre pikas yra 1643 cm^{-1} regione. (3.7 lentelė). II amidinė smailė bangos skaičiuje $1560\text{--}1530\text{ cm}^{-1}$ atsiranda dėl N–H grupės lenkimo ir C–H grupės įtempimo (Stuart, 2004). Šio tyrimo metu visų tirtų baltyminių pluoštų spektrai turi smailes minėtose srityse, tačiau šunų plaukų spektrai yra intensyvesni, užima didesnę plotą nei Vokietijos juodgalvių avių vilnos pluošto VJ bei varijuoja nuo 1514 cm^{-1} iki 1537 cm^{-1} . Remiantis FT–IR spindulių spektroskopijos metu gautais duomenimis nustatyta, kad visų tirtų baltyminių pluoštų absorbcijos juostos turi smailes $1700\text{--}1600\text{ cm}^{-1}$ ir $1560\text{--}1530\text{ cm}^{-1}$ regionuose, tačiau šunų plaukų smailės yra intensyvesnės ir užima didesnę plotą nei avių vilnos pluošto VJ. 3.6 pav. pastebimas amido juostų padėties ir intensyvumo kitimas priklauso nuo baltymo struktūros svyravimų vilnos molekulėje.

3.6 lentelė. IR spektrinė baltyminių pluoštų analizė bangos skaičiuje $3500\text{--}2800\text{ cm}^{-1}$

Baltyminis pluoštas	Funkcinė grupė arba tarpmolekulinis ryšys pagal vibracijos pobūdį									
	I amidai: valentiniai N–H, O–H virpesiai		II amidai		Metileno valentiniai simetriniai C–H virpesiai		Metileno valentiniai asimetriniai C–H virpesiai			
	γ, cm^{-1}	$S, A \cdot \text{cm}^{-1}$	γ, cm^{-1}	$S, A \cdot \text{cm}^{-1}$	γ, cm^{-1}	$S, A \cdot \text{cm}^{-1}$	γ, cm^{-1}	$S, A \cdot \text{cm}^{-1}$	γ, cm^{-1}	$S, A \cdot \text{cm}^{-1}$
VJ	3433	142,8	3068	14,0	–	–	2920	23,4	2851	12,8
JT	3417	158,9	3068	19,1	2958	10,6	2925	12,6	2873	9,6
FB	3421	178,2	3067	26,1	2958	12,0	2929	13,2	2873	11,2
P	3421	189,3	3068	28,0	2958	12,1	2926	13,3	2875	11,3
ŠC	3423	170,4	3068	23,9	2958	10,7	2929	11,7	2873	9,7
B	3417	127,8	3067	18,5	2959	8,4	2928	9,9	2873	8,5
RS	3417	208,8	3068	30,3	2958	12,3	2930	16,3	2875	11,6
AnS	3426	207,7	3063	28,9	2953	6,3	2919	14,8	2873	11,7
AmS	3426	183,1	3067	25,7	2958	11,6	2924	12,8	2873	10,9

3.7 lentelė. IR spektrinė baltyminių pluoštų analizė bangos skaičiuje 1650–1500 cm⁻¹

Baltyminis pluoštas	Funkcinė grupė arba tarpmolekulinis ryšys pagal vibracijos pobūdį											
	I amidai: va- lentiniai C=O virpesiai		II amidai: deformaciniai N-H, C-N virpesiai		III amidai		(SO) cisteino rūgšties liekana		(SO) cisteino diosulfoksidas		(SO) cisteino monosulfoksidas	
	γ, cm^{-1}	S, A, cm^{-1}	γ, cm^{-1}	S, A, cm^{-1}	γ, cm^{-1}	S, A, cm^{-1}	γ, cm^{-1}	S, A, cm^{-1}	γ, cm^{-1}	S, A, cm^{-1}	γ, cm^{-1}	S, A, cm^{-1}
VJ	1643	26,2	1546	19,0	1235	17,6	1171	6,4	1125	6,0	1077	6,3
JT	1651	37,4	1537	27,8	1235	21,3	1171	7,4	1125	6,9	1077	7,3
FB	1648	49,8	1533	36,4	1235	44,9	1170	11,6	1126	9,9	1076	14,4
P	1650	45,9	1514	32,5	1235	40,4	1171	10,0	1125	8,4	1076	9,5
ŠC	1648	41,4	1526	30,4	1235	36,4	1171	9,1	1125	7,6	1077	8,6
B	1648	33,5	1527	25,3	1235	31,6	1170	8,1	1126	6,9	1077	7,8
RS	1649	53,4	1525	41,4	1235	48,5	1171	12,2	1125	10,2	1077	11,7
AnS	1646	49,4	1518	36,0	1234	44,2	1172	11,3	1120	9,5	1076	13,7
AmS	1646	45,2	1518	32,4	1234	39,9	1170	10,2	1126	8,7	1078	12,4

Baltymai – tai aminorūgščių polimerai, kurių seka nėra reguliari ir būdinga tik tam baltymui. Aminorūgštys – tai organinės karboksirūgštys, kuriose bent vienas anglies atomų grandinės atomas pakeistas amino ($-NH_2$) grupe. Aminorūgščių išsidėstymas polipeptidinėje grandinėje yra baltymo pirminė struktūra, o antrinė ir tretinė struktūra priklauso nuo polipeptidinės grandinės išsidėstymo erdvėje. Kaip jau buvo minėta literatūros apžvalgoje, antrinė struktūra gali būti α spiralinė (kai amino ir karboksi- grupės molekulėje susijungusios tik per vieną tarpinį atomą) arba β klostinė (kai amino ir karboksi grupės susijungusios per du tarpinius atomus) (Kumar ir kt., 2013). Iš surinktų duomenų (Aluigi ir kt., 2007; Wojciechowska ir kt., 1999) žinoma, kad I amidinė smailė ties 1650 cm^{-1} ir II amidinė smailė 1547 cm^{-1} srityje rodo, kad baltymas pasižymi α spiralinio tipo antrine struktūra, o I ir II amido smailės ties 1638 cm^{-1} ir 1515 cm^{-1} susijusios su antrine β klostine struktūra (Wojciechowska ir kt., 2004). Mokslininkai Church, Corino ir Woodhead (1997) nustatė, kad IR absorbcijos smailės bangų regione 1652 cm^{-1} patvirtina antrinę α spiralinę merinosų vilnos baltymo struktūrą.

Taigi, remiantis išanalizuota literatūra ir šiame tyrimo etape gautomis absorbcijos kreivėmis, matyti, kad pudelio, anglų ir amerikiečių spanielio veislių šunų plaukų baltymas pasižymi tiek α spiraline, tiek β klostine struktūra.

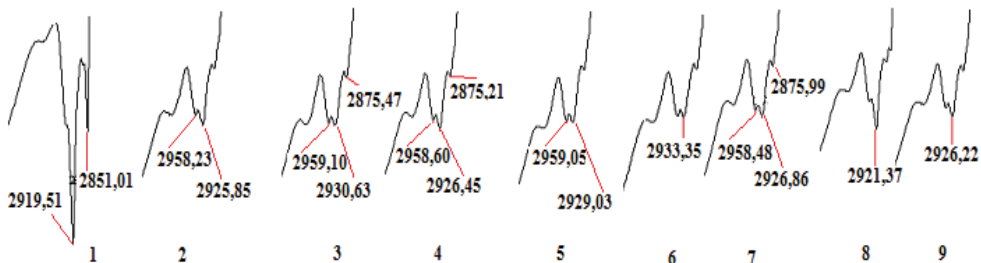
Žinoma, kad FT–IR spektre esančių absorbcijos kreivių smailės ties $1220\text{--}1300\text{ cm}^{-1}$ yra būdingos III amido grupei (Wojciechowska ir kt., 1999). Šiame darbe nustatyta, kad 1235 cm^{-1} regione esančių šunų plaukų absorbcijos juostų smailių intensyvumas bangos skaičiuje yra akivaizdžiai didesnis nei esančių kituose regionuose (3.7 lentelė).

Tyrimais patvirtinta, kad žemesnių dažnių ($1200\text{--}1000\text{ cm}^{-1}$) srityje esantys deformaciniai svyravimai yra susiję su baltymo sudėtyje esančiomis $S = O$ grupėmis (Espinoza ir kt., 2008). Išsami šio tyrimo metu atliktų FT–IR spektrų analizė rodo, kad visų darbe tirtų baltyminių pluoštų absorbcijos juostos šiame regione turi tris smailės regionuose ties 1171 , 1125 ir 1077 cm^{-1} . Absorbcijos juostos smailės ties 1040 ir 1173 cm^{-1} identifikuoja cisteino rūgšties liekanoje esančių $S = O$ grupių deformacinius virpesius baltyme (Czaplinski, Ruszkowski, 2014; Church ir kt., 1997), o šių smailių intensyvumo kitimo pobūdis labai panašus į smailių, esančių III amido grupių juostoje.

3.7 pav. pateikti išdidinti FT–IR spektrų (3.6 pav.) fragmentai bangos skaičiuje $3000\text{--}2800\text{ cm}^{-1}$, nes būtent šiame plote buvo nustatyti esminiai skirtumai tarp visų tirtų baltyminių pluoštų. Kaip matyti iš 3.6–3.7 pav. pateiktų baltyminių pluoštų FT–IR spektrų, Vokietijos juodgalvių avių vilnos pluošto absorbcijos smailė $2920\text{--}2850\text{ cm}^{-1}$ regione yra intensyviausia ir smailiausia iš visų tyrimo metu gautų smailių. Šis rezultatas rodo, kad pluošto VJ baltymo struktūra pasižymi valentiniais C–H ryšių virpesiais CH, CH₂, CH₃ grupėse.

Detaliai išanalizavus šiame regione užrašytas šunų plaukų absorbcines kreives matyti, kad spektrų intensyvumas yra ypač mažas, palyginti su minėta pluošto VJ smaile. Tačiau kitose dažnių srityse gautos šunų plaukų absorbcijos smailės jau yra intensyvesnės ir užima didesnę plotą bangos skaičiuje nei Vokietijos juodgalvių avių vilnos pluošto toje pačioje dažnių srityje (3.6 lentelė). Atlikus bandymus nustatyta,

kad visų tirtų baltyminių pluoštų spektrai tarpusavyje yra labai panašūs, absorbcijos smailių formos nėra išskirtinės ir unikalios, tačiau smailių intensyvumas ir užimamas plotas bangos skaičiuje yra skirtingas.



3.7 pav. IR spektrų išdėdinti fragmentai bangos skaičiuje 3000–2800 cm^{-1} : 1–VJ, 2–JT, 3–FB, 4–P, 5–ŠC, 6–B, 7–RS, 8–AnS, 9–AmS

Apibendrinimas. Ištyrus avių vilnos ir šunų plaukų cheminę struktūrą, esminių skirtumų tarp funkcinių grupių ir cheminių jungčių nenustatyta, tačiau tam tikrose bangos skaičiuose nustatytas skirtingas absorbcijos juostų smailių intensyvumas ir užimamas plotas lyginant avių vilnos ir šunų plaukų pluoštus. Gautose XRD rentgenogramose pastebimos kristografinės smailės ties $2\theta = 9,04 \sim 9,08^\circ$ ir difrakciniai maksimumai $2\theta = 20,58 \sim 20,68^\circ$ patvirtina, kad tirti baltyminiai pluoštai pasižymi α spiraline bei β klostine antrine baltymo struktūra. Atlikus rentgeno struktūrinę analizę nustatyta, kad išmatuotų difrakcinių maksimumų intensyvumų ir apskaičiuoto kristalizacijos laipsnio vertės skiriasi ne tik tarp avių vilnos ir šunų plaukų, bet ir tarp šunų plaukų tarpusavyje. Didžiausia kristalizacijos laipsnio vertė (30 proc.) apskaičiuota Jorkšyro terjero veislės šunų plaukuose, mažiausia (7 proc.) AmS plaukuose. Procentinis anglies, deguonies ir azoto kiekis avių vilnoje ir šunų plaukuose yra tos pačios eilės, tačiau skirtingais metodais (SEM–EDX, „Elementar Analyzer CE–440“ bei Kjeldalio) nustatytos šių cheminių elementų vertės skiriasi.

3.3 Pluoštų geometrinių rodiklių tyrimų rezultatai

Vilnos pluošto ilgis ir skersmuo yra labai svarbūs rodikliai, ne tik nulemiantys šio pluošto kokybę (Reis, Sahl, 1994), bet ir turintys tiesioginę įtaką įvairioms būsimų verpalų mechaninėms savybėms: savitajai trūkimo jėgai, verpalų trūkinėjimui verpimo metu ar net ekonominiams kainų rodikliams (Botha, Hunter, 2007; Oi ir kt., 1994; Примагенько ir kt., 2002; Shakyawar ir kt., 2007). Nuo pluošto ilgio ir skersmens priklauso ir technologinių eigų parinkimas, jų skaičius (Shakyawar ir kt., 2007). Analizuojant 3.8 lentelėje pateiktas baltyminių pluoštų ilgio ir skersmens statistinių rodiklių vertes (aritmetinis vidurkis, variacijos koeficientas V , absoliutinė atsitiktinė paklaida Δ) nustatyta, kad avių vilnos ilgio ir optiniu mikroskopu „Ascania“ išmatuoto skersmens rodiklių variacija ($5 \div 9,7$ proc.) yra mažesnė negu šuns plaukų ($5 \div 13$ proc.). Atitinkamai avių pluošto ilgio variacijos koeficientas kinta $5,0 \div 8,3$ proc., o šunų plaukų $5,3 \div 12,8$ proc.; avių pluošto skersmens variacijos koeficientas kinta $7,5 \div 9,7$ proc., o šunų plaukų – $8,1 \div 13,1$ proc. Tokias rodiklių vertes

galėjo lemti ir tai, kad pluoštai VJ ir R buvo gauti vilną kerpant, o šunų plaukai – ne tik kerpant, bet ir šukuojant juos. Taip gaunami gana skirtingo skersmens bei ilgio plaukeliai.

3.8 lentelė. Pluoštų ilgio ir skersmens statistiniai rodikliai

Rodikliai	Baltyminiai pluoštai									
	VJ	R	P	ŠC	B	FB	AnS	AmS	RS	JT
Plaukelių ilgio tyrimų rezultatai										
<i>l</i> , mm	88,6	136,5	29,3	43,7	139,6	68,9	47,4	25,2	39,5	49,8
Δ , mm	±0,62	±1,58	±0,42	±0,49	±1,03	±0,89	±0,64	±0,45	±0,31	±0,47
<i>V</i> , proc.	5,03	8,30	10,34	7,97	5,29	9,24	9,73	12,83	5,53	6,71
Plaukelių skersmens tyrimų rezultatai (optinis mikroskopas „Ascania“)										
<i>d</i> , μm	30,00	32,50	21,73	32,12	52,33	40,05	28,20	26,01	26,88	29,55
Δ , μm	±0,31	±0,44	±0,38	±0,50	±0,67	±0,52	±0,40	±0,38	±0,50	±0,33
<i>V</i> , proc.	7,48	9,70	12,43	11,24	9,22	9,34	10,20	10,36	13,12	8,05
Plaukelių skersmens tyrimų rezultatai (Sirolan Laserscan įranga)										
<i>d</i> , μm	31,80	31,30	22,10	29,60	48,80	36,60	25,00	23,70	24,90	27,20
Δ , μm	±0,73	±0,62	±0,43	±0,90	±2,73	±0,79	±0,20	±0,33	±0,44	±0,78
<i>V</i> , proc.	25,50	30,4	27,60	31,90	28,30	25,20	26,40	33,30	25,70	27,70
Plaukelių skersmens tyrimų rezultatai (SEM)										
<i>d</i> , μm	35,64	32,23	23,47	32,22	55,35	38,49	28,91	27,45	29,56	31,66
Δ , μm	±0,82	±0,54	±0,55	±0,84	±1,03	±0,69	±0,31	±0,29	±0,48	±0,58
<i>V</i> , proc.	5,63	7,49	9,46	9,67	12,94	6,24	6,55	10,14	7,61	10,86

Atlikus Vokietijos juodgalvių avių pluošto plaukelių vidutinio ilgio ir skersmens matavimus nustatyta, kad pluoštas yra labai vienodas ir priskiriamas pusplonei 56/50K, I ilgio vilnai. Toks pluoštas sėkmingai galėtų būti naudojamas gaminant netgi šukuotinius ir pusšukuotinius verpalus.

Atlikus matavimus nustatyta, kad ilgiausi ir kartu vieni iš storiausių yra Romanovų veislės avių vilnos pluoštas ir bobteilo veislės šunų plaukai. Tirtų avių vilnos pluoštų VJ ir R plaukelių skersmuo yra labai panašus ir svyruoja 31–32 μm, ilgis kinta nuo 88 mm iki 136 mm. Panašios avių vilnos vidutinio skersmens vertės buvo nustatytos ir kitų mokslininkų tyrimuose (Dick, Sumner, 1996; Qi ir kt., 1994). Remiantis atliktais matavimais galima teigti, kad šio tyrimo metu tirtų šunų plaukelių skersmuo ir ilgis gali būti išskiriamas į dvi grupes: flamandų buvjė ir bobteilo veislės šunų plaukai yra ilgiausi (68,9–139,6 mm) ir storiausi (36,6–48,8 μm) iš visų tirtų šunų plaukų, o plaukai P, ŠC, AnS, AmS, RS ir JT pasižymi vidutinėmis ilgio (25,2–49,8 mm) ir skersmens (21,1–29,6 μm) rodiklių vertėmis. Rasta, kad flamandų buvjė veislės šunų plaukų vidutinis skersmuo yra labai panašus į kupranugario vilnos pluošto (Kuznicka, Groudowska, 2013), o Vokietijos juodgalvių avių vilna ir ši cu veislės šunų plaukai yra panašaus storio, kaip alpakos avių vilna (Wang ir kt., 2004). Šio tyrimo metu išmatuotas Jorkšyro terjero veislės šunų plaukų vidutinis skersmuo yra panašus į kito tyrimo metu gautą vertę (35,02 μm), pudelio veislės šunų plaukų vidutinis skersmuo ir ilgis panašūs į kitų tyrėjų nustatytas šių rodiklių vidutines vertes (18,45 μm ir 2,93 mm), o vidutinis pluošto ŠC ilgis (43,7 mm) prilyginamas kitame tyrime analizuotos tos pačios veislės šunų plaukų vidutiniam ilgiui – 39,0 mm (Greer, 2003; Greer ir kt., 2007).

Išanalizavus 3.8 lentelėje pateiktus duomenis nustatyta, kad tirtų šunų plaukų JT ir avių vilnos pluoštų VJ ir R vidutinis skersmuo yra panašus 27,2–31,8–31,3 μm, tačiau šių pluoštų ilgis tarpusavyje skiriasi 1,5–2,3 karto: 49,8–88,6–136,5 mm. Tai gi vienodo skersmens baltyminiai pluoštai nebūtinai bus vienodo ilgio. Tai priklauso nuo veislės, plauko kirpimo laiko ir kitų veiksnių.

Yra daugybė metodų, skirtų vilnos pluošto skersmeniui apskaičiuoti, ir kiekvienas jų turi privalumų ir trūkumų. Atliekant tyrimus būtina teisingai pasirinkti pluošto skersmens matavimo metodą ir labai naudinga yra pasirinkti keletą jų bei tarpusavyje palyginti gautus rezultatus (Czaplinski, 2012; Peterson, Gherardi, 2002; Qi ir kt., 1994; Wang ir Wang, 2005). Šio tyrimo metu tirtų avių vilnos ir šunų plaukų skersmuo buvo iširtas ir išanalizuotas naudojant tris skirtingus metodus: optinį mikroskopą „Ascania“, Sirolan Laserscan ir SEM. Kaip matyti iš 3.8 lentelėje pateiktų duomenų, maksimalios Vokietijos juodgalvių avių vilnos ir visų tirtų šunų plaukų vidutinės skersmens vertės gautos naudojant SEM, išskyrus Romanovų veislės avių vilną. Tačiau skirtumas tarp „Ascania“ ir SEM metodais nustatyto vidutinio Romanovų veislės avies vilnos skersmens yra tik 0,8 proc. Šio tyrimo metu buvo atliekama net po 16 000 kiekvieno tirtu avių vilnos ir šunų plaukų pluošto skersmens matavimų naudojant Sirolan Laserscan įrangą, po 200 skersmens matavimų naudojant optinį mikroskopą „Ascania“ ir po 20 skersmens matavimų – naudojant skenuojamąjį elektroninį mikroskopą SEM. Skirtingais metodais apskaičiuotų pluoštų skersmens variacijos koeficientų vertės priklauso nuo atliktų matavimų skaičiaus: 5,63–12,94 proc. (SEM), 7,48–13,12 proc. („Ascania“), 25,2–33,3 proc. (Sirolan Laserscan). Panašios vidutinio skersmens variacijos koeficiento vertės (17–31 proc.), gautos naudojant Sirolan Laserscan įrangą, buvo apskaičiuotos ir kitų mokslininkų tyrimuose (Montes ir kt., 2008).

Mokslininkai Wang ir Wang (2005) vidutinių avių vilnos skersmenį matavo keliais metodais: optiniu mikroskopu „Olimpus BX51“ ir SEM. Šie tyrėjai nustatė, kad visais atvejais didesnės storio vertės buvo išmatuotos optiniu mikroskopu, o skirtumas tarp skirtingais būdais išmatuoto vidutinio pluošto skersmens yra net 32 proc.

Šio tyrimo metu taip pat buvo apskaičiuotas procentinis skirtumas tarp skirtingais metodais gautų tirtų baltyminių pluoštų vidutinių skersmens verčių (3.9 lentelė). Skaičiavimas buvo atliktas pagal (3.1) formulę:

$$PS = 100 - \left(\frac{d_a \times 100}{d_b} \right); \quad (3.1)$$

čia PS – procentinis skirtumas, proc.; d_a – pirmu metodu apskaičiuotas vidutinis pluošto skersmuo, μm; d_b – antru metodu apskaičiuotas vidutinis pluošto skersmuo, μm.

3.9 lentelėje pateikti duomenys rodo, kad mažiausias procentinis skirtumas (0,31 proc.) buvo gautas tarp SEM ir „Ascania“ mikroskopais gautų pluošto ŠC vidutinių skersmens verčių, atitinkamai tarp 32,22–32,12 μm. Taip pat nustatyta, kad tarp šiais metodais (SEM ir „Ascania“) gautų pluošto VJ vidutinių skersmens verčių (atitinkamai 35,64–30,00 μm) gautas ir maksimalus procentinis skirtumas, siekiantis

15,82 proc. 3.9 lentelėje pateikti duomenys rodo, kad didžiausias procentinis skirtumas tarp tirtų baltyminių pluoštų ŠC, B, AnS, AmS, RS ir JT vidutinio skersmens yra gautas naudojant Sirolan Laserscan ir SEM įvertinimo metodus ir kinta nuo 8,13 proc. iki 15,77 proc.

3.9 lentelė. Procentiniai skirtumai tarp skirtingais metodais gautų vidutinių pluošto skersmens verčių

Baltyminis pluoštas	„Ascania“ / Sirolan Laserscan, proc.	Sirolan Laserscan / SEM, proc.	SEM / „Ascania“, proc.
VJ	5,66	10,77	15,82
R	3,69	2,89	0,83
P	1,67	5,84	7,41
ŠC	7,85	8,13	0,31
B	6,75	11,83	5,46
FB	8,61	4,91	3,90
AnS	11,35	13,52	2,46
AmS	8,88	13,66	5,25
RS	7,37	15,77	9,07
JT	7,95	14,09	6,66

Manoma, kad didžiausią įtaką tokiems rezultatams turi skirtingas matavimų skaičius, t. y. SEM metodu vertinant atlikta 20 pluošto skersmens matavimų, o Sirolan Laserscan – 16 000 skersmens matavimų. Vis dėlto, tobulėjant įvairių pluoštų skersmens nustatymo metodikoms, tokių nevienodų ir išskirtinės morfologijos baltyminių pluoštų skersmenį rekomenduojama vertinti Sirolan Laserscan metodu („Laserscan Technology Brochure“, 1999). Tai patentuota ir itin moderni įranga, skirta matuoti būtent statistinius pluošto skersmens rodiklius. Naudojant Sirolan Laserscan įrangą, ne tik išmatuojamas didelio skaičiaus baltyminių plaukelių skersmuo, bet ir dėl kompiuterizuotų sistemų išvengiama žmogiškojo faktoriaus ar kitų veiksnių įtakos.

Ilginis tankis yra taip pat labai svarbus bet kokio pluošto geometrinis rodiklis. Būtina pažymėti, kad dėl baltyminių pluoštų specifinių savybių (elastingumo, tampumo ir ypač rangytumo) eksperimentiškai nustatyti jų ilginį tankį yra sudėtinga.

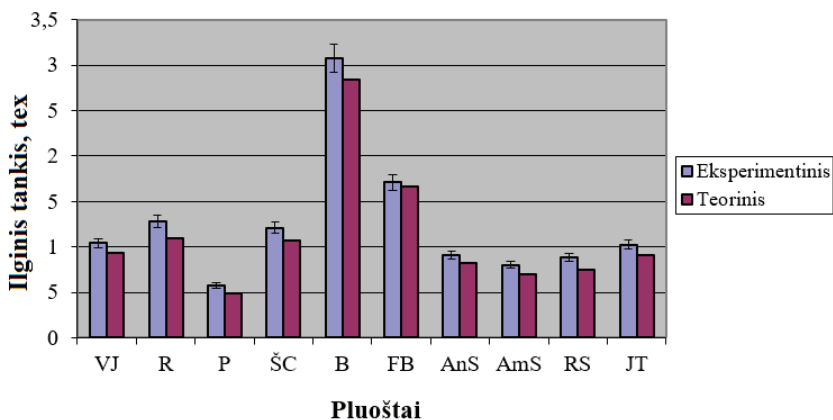
Žinoma, kad pluošto ilginį tankį galima apskaičiuoti pagal formules. Šiame tyrime eksperimentiškai gautos tirtų pluoštų ilginio tankio vertės buvo palygintos su apskaičiuotomis pagal (3.2) formulę (Matukonis ir kt., 1989):

$$T = \frac{\pi}{4} \times d^2 \times \rho \times 10^{-3}; \quad (3.2)$$

čia d – pluošto skersmuo, μm ; ρ – pluošto tankis ($1,32 \text{ g/cm}^2$).

Labai svarbu, kad, skaičiuojant teorinį plaukelių ilginį tankį, buvo naudojama vilnos pluošto tankio vertė, nes šunų plaukų šio rodiklio žinyuose nerasta. Kadangi visi tirti pluoštai yra baltyminiai, jų tankis yra panašus. Baltyminių pluoštų teorinio ilginio tankio vertės gali parodyti vidinio kanalo egzistavimą. Tam patvirtinti vilnos tankio ($1,32 \text{ g/cm}^2$) preliminariems skaičiavimams atlikti pakanka. 3.8 pav. pateiktas

tirtų pluoštų eksperimentinis ir teorinis ilginis tankis. Eksperimentiškai ištyrus pluoštų ilginį tankį, nustatyta, kad didžiausia šio rodiklio vertė tarp šunų plaukų pasižymi plaukai B (3,08 tex), tarp avių – pluoštas R (1,28 tex). Šie pluoštai taip pat buvo ilgiausi (136,5–139,6 mm) ir vieni storiausių (31,3–48,8 μm) tyrimo metu.



3.8 pav. Avių vilnos ir šunų plaukų eksperimentinis ir teorinis ilginis tankis

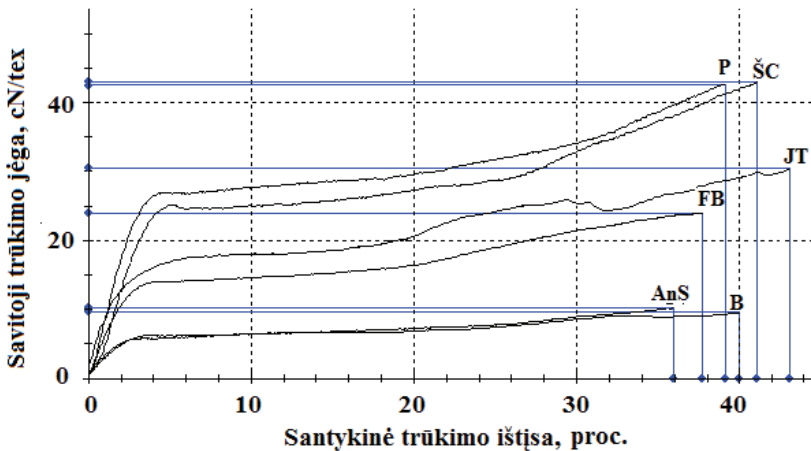
Nustatyta, kad eksperimentinės ir teorinės tirtų baltyminių pluoštų ilginio tankio vertės šiek tiek skiriasi. Pažymėtina, kad visų pluoštų eksperimentinės vertės yra didesnės už teorines. Avių vilnos pluoštų ilginio tankio eksperimentinės ir teorinės vertės skiriasi 11–17 proc., o šunų plaukų 2–18 proc. Tokį procentinį skirtumą galėjo lemti kelios priežastys. Pirmiausia, skaičiuojant ilginį tankį pagal (3.2) formulę, neįvertinama aplinkybė, kad vilnos plaukelis nėra idealios apskritimo formos. Be to, plaukelio skerspjūvyje gali būti kanalas ir oro tarpų, kurie taip pat neįvertinami skaičiuojant teorinį ilginį tankį. Minėtas samprotavimus patvirtina ir faktas, kad šio tyrimo metu apskaičiuotas skirtumas tarp eksperimentinės ir teorinės flamandų buvję šunų pluošto ilginio tankio vertės yra mažiausias (2,8 proc.). O, kaip matyti iš 3.2.1. skyrelyje pateiktų SEM bei „Diapan“ metodais gautų nuotraukų, šio pluošto skerspjūvis yra beveik taisyklingo apskritimo formos, ir jame kanalo nėra. Norint detaliau įvertinti tyrimo metu gautų skirtumų tarp eksperimentinių ir teorinių pluoštų ilginio tankio verčių priklausomybę nuo skerspjūvio formos ir kanalo, buvo atlikta per mažai eksperimentinių pluoštų ilginio tankio matavimų. Tačiau skirtumai tarp eksperimentiškai nustatytų ir teorinių pluoštų ilginio tankio verčių nėra dideli (2–18 proc.), todėl galima teigti, kad eksperimentinis ilginio tankio nustatymo būdas parinktas teisingai.

Apibendrinimas. Nustatyta, kad tirtų Vokietijos juodgalvių ir Romanovų veislių avių plaukelių skersmuo yra panašus ir svyruoja nuo 30 μm iki 32 μm , skirtingų veislių šunų plaukų skersmuo kinta nuo 22,10 μm iki 48,80 μm , ilgis – nuo 25 mm iki 139 mm. Tirtų pluoštų ilgio ir skersmens variacijos koeficientai svyruoja 5–12 proc. Skirtumas tarp skirtingais metodais nustatytų šio tyrimo metu tirtų baltyminių pluoštų skersmens verčių 0,31–15,82 proc. Tiksliausiai baltyminių pluoštų skersmenį galima įvertinti naudojant Sirolan Laserscan metodą ir įrangą. Palyginus gautas tirtų baltyminių pluoštų ilginio tankio teorines ir eksperimentines vertes aps-

kaičiuota, kad skirtumas tarp jų yra 2–18 proc. Apskaičiuojant teorinį ilginį tankį nėra įvertinama aplinkybė, kad vilnos plaukelis nėra idealios apskritimo formos ar kad šunų plaukelio skerspjūvyje dažniausiai yra kanalas.

3.4 Pluoštų mechaninių rodiklių tyrimų rezultatai

Žinoma, kad pluoštų tempimo kreivės yra skirstomos į 3 charakteringas grupes (Matukonis ir kt., 1989). 3.9 pav. pavaizduotos tirtų šunų plaukų tempimo kreivės. Iš eksperimento metu gautų 100 kiekvieno pluošto tempimo iki nutrūkimo kreivių parinktos kreivės, labiausiai atitinkančios nustatytas vidutines savitosios trūkimo jėgos ir santykinės trūkimo ištisos vertes. Kaip matyti iš 3.9 pav. pavaizduotų tirtų šunų plaukų tempimo kreivių, jos yra priskiriamos antrojo tipo kreivėms, kai pradinė diagramos dalis yra gana stati, o toliau kreivė smarkiai lėkštėja. Nustatyta, kad visų šunų plaukų santykinė trūkimo ištisa pluoštui trūkstant yra gana didelė (30–50 proc.), o savitoji trūkimo jėga labai įvairi. Tai priklauso nuo tarpmolekulinės sąveikos (Matukonis ir kt., 1989). Kai matyti iš 3.9 pav., pudelio ir ši cu veislės šunų plaukų tempimo diagramos plotas yra didžiausias, o anglų spanielio ir bobteilo veislės šunų plaukų – mažiausias. Didžiausiu pradiniu tamprumo modulių pasižymi plaukai JT, mažiausiu – AnS ir B.



3.9 pav. Šunų plaukų tempimo kreivės

Atlikus pluoštų mechaninių rodiklių tyrimus ir išnagrinėjus jų metu gautus rezultatus, nustatyta, kad tirtų pluoštų trūkimo jėga svyruoja nuo 10,41 iki 46,18 cN, savitoji trūkimo jėga 9,91–43,19 cN/tex, santykinė trūkimo ištisa kinta nuo 34,40 iki 54,63 proc., trūkimo darbas svyruoja 0,28–1,61 kJ, o savitasis trūkimo darbas varijuoja 0,32–1,47 kJ/tex. Avių vilnos ir šunų plaukų mechaninių rodiklių statistinės vertės (aritmetinis vidurkis, absoliutinė atsitiktinė paklaida Δ , santykinė atsitiktinė paklaida δ) pateiktos 3.10 lentelėje.

Kaip matyti iš 3.10 lentelėje pateiktų duomenų, lyginant tirtų avių vilną nustatyta, kad Vokietijos juodgalvių avių vilnos savitoji trūkimo jėga yra 49 proc. mažesnė nei Romanovų veislės avių vilnos. Manoma, kad tokiems rezultatams galėjo turėti įtakos Vokietijos juodgalvių avių pluošto ilgis, nes 3.3 skyrelyje jau buvo akcen-

tuota, kad šis pluoštas taip pat buvo ir 35 proc. trumpesnis. Be to, 3.2.1. skyrelyje pateiktose SEM nuotraukose (3.2 pav.) buvo aiškiai matyti, kad Romanovų veislės avių vilnos pluoštas pasižymi itin unikalia paviršiaus struktūra: dideliais žvyneliais, vientisu jų išsidėstymu per plauko ilgį ir iš pažiūros tvirta reljefine konstrukcija. Taigi avių vilnos pluošto morfologija turi įtakos didesnėms mechaninių rodiklių vertėms. Ankstesniuose skyreliuose taip pat jau buvo minėta, kad tirtų avių vilnos pluoštų VJ ir R plauko skerspjūvyje nėra kanalo, o jų ilginis tankis yra panašus, tačiau 3.10 lentelėje pateikti rezultatai rodo, kad mechaniniai pluoštų rodikliai labai skiriasi. Lyginant Romanovų veislės avių vilnos mechaninius rodiklius su kitų autorių tyrimų rezultatais (Liu ir kt., 2005) galima konstatuoti, kad šiame darbe tirta Romanovų veislės avių vilna yra panašių skersmens ir santykinės trūkimo ištisos verčių, kaip ir alpakos pluoštas, tačiau Romanovo avies vilnos savitoji trūkimo jėga yra net tris kartus didesnė.

3.10 lentelė. Baltyminių pluoštų mechaninių rodiklių suvestinė

Rodikliai	Baltyminiai pluoštai							
	VJ	R	P	ŠC	B	FB	AnS	JT
Trūkimo jėga								
F_{tr}, cN	17,94	40,52	20,39	46,18	30,54	38,56	10,41	30,95
Δ, cN	$\pm 2,50$	$\pm 2,30$	$\pm 2,21$	$\pm 2,31$	$\pm 2,47$	$\pm 2,12$	$\pm 0,84$	$\pm 1,90$
Savitoji trūkimo jėga								
$f_{tr}, cN/tex$	19,29	37,04	41,69	43,19	9,91	22,54	12,70	33,18
$\Delta, cN/tex$	$\pm 4,49$	$\pm 3,12$	$\pm 3,67$	$\pm 2,30$	$\pm 2,40$	$\pm 1,80$	$\pm 1,11$	$\pm 1,22$
$\delta, proc.$	23,27	8,42	8,80	5,33	24,22	7,99	8,74	3,68
Santykinė trūkimo ištisa								
$\epsilon, proc.$	34,40	54,63	39,86	41,37	41,71	38,96	36,59	43,78
$\Delta, proc.$	$\pm 1,24$	$\pm 2,89$	$\pm 1,72$	$\pm 3,30$	$\pm 2,10$	$\pm 3,20$	$\pm 1,14$	$\pm 1,23$
$\delta, proc.$	3,60	5,29	4,32	7,98	5,03	8,21	3,12	2,81
Trūkimo darbas								
W_{tr}, kJ	0,47	1,61	0,62	1,45	0,99	1,15	0,28	1,01
Δ, kJ	$\pm 2,30$	$\pm 0,49$	$\pm 2,10$	$\pm 2,93$	$\pm 2,31$	$\pm 3,40$	$\pm 2,02$	$\pm 1,10$
Savitasis trūkimo darbas								
$W_{tr}, kJ/tex$	0,51	1,47	1,26	1,36	0,32	0,67	0,34	1,11
$\Delta, kJ/tex$	$\pm 0,02$	$\pm 0,06$	$\pm 0,05$	$\pm 0,30$	$\pm 0,21$	$\pm 0,24$	$\pm 0,01$	$\pm 0,04$
$\delta, proc.$	3,92	4,08	3,97	22,06	65,63	35,82	2,94	3,60

Ištyrus skirtingų veislių šunų plaukų mechaninius rodiklius nustatyta, kad bobteilo ir anglų spanielio veislių šunų plaukai pasižymi mažiausiomis savitosios trūkimo jėgos, santykinės trūkimo ištisos ir savitojo trūkimo darbo vertėmis. Ieškant analogijų su avių vilnos pluoštu, tikėtasi, kad būtent storiausi ir ilgiausi tarp visų tirtų pluoštų bobteilo veislės šuns plaukai bus ir stipriausi, tačiau nustatyta atvirkštinė priklausomybė. Manoma, kad tokiems mechaniniams šio pluošto rodikliams didžiausią įtaką turi plauko skerspjūvyje esantis ištinis korėtas kanalas, kartais užimantis net iki 52 proc. plauko tūrio, ir santykinis kanalo dažnis – 56,6 proc. Žinoma,

kad kuo didesnis vilnos pluošto šerdinis sluoksnis, arba kitaip kanalas, tuo menkesnė yra pluošto technologinė vertė (Matukonis ir kt., 1989). 3.2.1 skyrelyje jau buvo analizuota, kad pagal apskaičiuotas vidutinio skersmens ir santykinio kanalo dažnio vertes bobteilo veislės šuns plaukai yra priskiriami akuotiniams plaukeliams. Šio tyrimo metu gauta, kad storiausias ir ilgiausias iš visų tirtų baltyminių pluoštų plaukas B nėra stipriausias, nes mechanines savybes susilpnina plauko viduje esantis kanalas ir jo ištisinė korėta struktūra.

Kaip jau buvo minėta (3.2.1 sk.), pagal vidutinio skersmens vertę (28,20 μm) plaukai AnS priskiriami pūkiniams plaukams, tačiau santykinis kanalo dažnis plauko skerspjuvyje yra didžiausias tarp visų tirtų baltyminių pluoštų ir siekia 61,54 proc., todėl pagal šį rodiklį plaukas AnS turėtų būti priskiriamas tarpinių plaukų rūšiai. Taigi nors plauko AnS skersmuo ir ilgis yra vidutinių verčių tarp visų tirtų šunų plaukų (3.8 lentelė), tačiau AnS plaukelių mechaninių rodiklių vertės yra vienos mažiausių (3.10 lentelė). Vadinasi, stiprumines plauko AnS savybes susilpnina jo skerspjuvyje esantis ištisinis tuščiaviduris kanalas. Šį faktą patvirtina ir Jorkšyro terjero plaukelių JT tyrimų rezultatai, t. y. šio šuns plaukelių vidutinės skersmens ir ilgio vertės labai panašios į AnS plaukelių, plaukai JT priskiriami pūkiniams, o santykinio kanalo dažnio vertė yra daug mažesnė (6,6 proc.). Rasta, kad plaukelių JT savitosios trūkimo jėgos, santykinės trūkimo ištisos ir savitojo trūkimo darbo vertės yra didesnės už plaukelių AnS, atitinkamai 67 proc., 16 proc. ir 69 proc. Taigi mažas plaukelių JT skerspjuvyje esančių kanalų santykinis dažnis lemia didesnę šio pluošto stiprumą, palyginti su plaukais AnS. 3.2.2 skyrelyje buvo rašoma, kad baltyminio pluošto kristalizacijos laipsnis taip gali turėti įtakos ir pluošto mechaniniams rodikliams. Jorkšyro terjero veislės šunų plaukelių apskaičiuotas kristalizacijos laipsnis buvo didžiausias (30 proc.) tarp visų tirtų pluoštų, o pluošto AnS šis rodiklis buvo 19 proc. Taigi baltyminio pluošto JT mechaniniams rodikliams turi įtakos ne tik pluošto morfologiniai ypatumai, bet ir pluošto kristališkumo laipsnis.

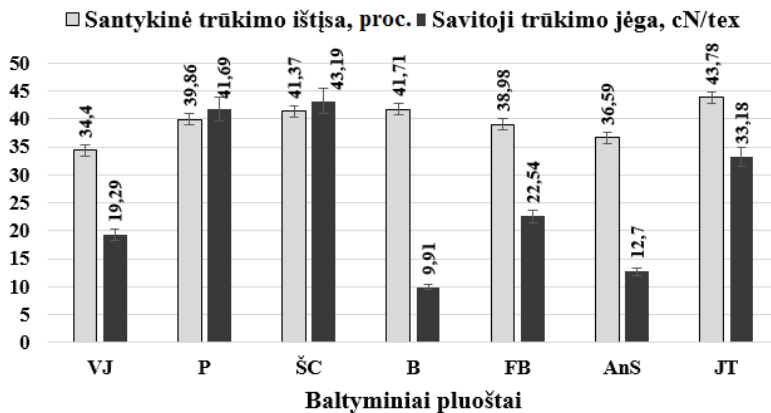
Tiriant mechaninius šių veislės šunų plaukų rodiklius nustatyta, kad nors pluoštas pasižymi vidutinėmis skersmens, ilgio ir ilginio tankio vertėmis, jo skerspjuvyje aptiktas kanalas tam tikrais atvejais užima 46 proc. plauko tūrio, santykinis kanalo dažnis yra apie 44 proc., tačiau pluoštas pasižymi vienomis didžiausių mechaninių rodiklių vertėmis. Pagal plauko ŠC vidutinį skersmenį šis pluoštas turėtų būti priskiriamas pūkinių plaukelių grupei, tačiau pagal didelę santykinio kanalo dažnio vertę (44 proc.) šis baltyminis pluoštas jau patenka į tarpinių plaukų grupę. Kaip matyti iš 3.8 ir 3.10 lentelėse pateiktų duomenų, nors plaukai AnS ir ŠC pasižymi panašiomis skersmens ir ilgio vidutinėmis vertėmis bei priskiriami tarpiniams plaukams, tačiau plaukų AnS mechaninių rodiklių vertės yra vienos mažiausių, o plaukų ŠC – vienos didžiausių. Skirtumas tarp šunų plaukų AnS ir ŠC tas, kad kanalas, esantis plauko ŠC skerspjuvyje, gali būti tiek fragmentiškas, išsidėstęs įvairiais tarpais per plauko ilgį, tiek ištisinis tuščiaviduris, tiek ir ištisinis korėtas, o kanalas plauko AnS skerspjuvyje yra tik ištisinis tuščiaviduris.

Būtina paminėti, kad Vokietijos juodgalvių avių vilna ir flamandų buvję veislės šunų plaukai pasižymi panašiomis skersmens ir ilgio vidutinėmis vertėmis (atitinkamai 30,00 μm ir 40,05 μm bei 88,6 mm ir 68,9 mm). Taip pat gauta, kad šių

pluoštų mechaninių rodiklių vertės irgi yra panašios. Nors pagal vidutinę skersmens vertę plaukai FB yra priskiriami prie tarpinių plaukelių grupės, tačiau abiejų baltyminių pluoštų VJ ir FB skerspjūvyje nėra šerdinio sluoksnio – kanalo. Kaip matyti iš 3.10 lentelėje pateiktų duomenų, kitų tirtų šunų plaukų mechaninių rodiklių vidutinės vertės skiriasi nuo Vokietijos juodgalvių avių vilnos pluošto šių rodiklių.

Nustatyta, kad šunų plaukai P ir ŠC pasižymi itin vienodomis savitosios trūkimo jėgos, santykinės trūkimo ištisos bei savitojo trūkimo darbo vertėmis, atitinkamai: 41,69 cN/tex ir 43,19 cN/tex, 39,86 proc. ir 41,37 proc., 1,26 kJ/tex ir 1,36 kJ/tex. Kaip matyti iš 3.8 lentelės, geometriniai šių plaukų rodikliai skiriasi apie 32 proc., nors jų abiejų skerspjūvyje yra ištisiniai tuščiaviduriai, fragmentiški kanalai bei kanalai su tarpais, kanalų santykinis dažnis yra atitinkamai 26,67 proc. ir 44,36 proc.

Lyginamieji avių vilnos ir tirtų šunų plaukų mechaninių rodiklių tyrimų rezultatai pateikti stulpeline diagrama 3.9 paveiksle.



3.9 pav. Avių vilnos ir šunų plaukų mechaninių rodiklių palyginimas

3.9 pav. pateiktoje stulpelinėje diagramoje matyti, kad šio tyrimo metu tirtų šunų plaukų P, ŠC, FB, JT, B ir AnS santykinės trūkimo ištisos vidutinės vertės yra 6–21 proc. didesnės nei Vokietijos juodgalvių avių vilnos, o šunų plaukų P, ŠC, FB ir JT savitosios trūkimo jėgos bei savitojo trūkimo darbo vidutinės vertės yra taip pat didesnės už minėtos vilnos, atitinkamai 14–55 proc. bei 24–63 proc. Kitame tyrime (Greer, 2003; Greer ir kt., 2007) tirti 18 skirtingų veislių šunų plaukai taip pat pasižymėjo didesnėmis savitosios trūkimo jėgos ir santykinės trūkimo ištisos vertėmis nei avių, moherio, kašmyro vilna ar kupranugarių plaukai.

Šiame darbe nustatyta, kad mechaniniai baltyminių pluoštų rodikliai priklauso ne tik nuo jų skerspjūvyje esančio santykinio kanalo dažnio bei kanalo struktūros, bet ir nuo pluoštų geometrinių rodiklių. Nustatyta, kad vieno trumpiausių pudelio veislės šunų plaukų savitosios trūkimo jėgos vertės yra vienos iš didžiausių. Analiuojant kitus tirtus šunų pluoštus, gauta ta pati tendencija, kaip ir tiriant modeliniuose verpaluose naudotų šunų veislių pluoštus, t. y. pluoštų geometriniai rodikliai turi tiesioginę įtaką jų mechaninių rodiklių vertėms. Taigi vienų mažiausių skersmens, ilgio ir ilginio tankio verčių anglų spanielio veislių šunų plaukai, kurių skerspjūvyje

yra kanalai, kartais užimantys 30–31 proc. plauko tūrio, pasižymi ir vienomis mažiausių mechaninių rodiklių vertėmis. O vidutinių geometrinių rodiklių verčių šunų plaukų FB ir JT savitosios trūkimo jėgos, santykinės trūkimo ištiesos ir savitojo trūkimo darbo vertės taip pat yra vidutinės. Vadinasi, mechaniniai Vokietijos juodgalvių avių vilnos bei pudelio, flamandų buvjė, anglų spanielio ir Jorkšyro terjero veislių šunų plaukų rodikliai priklauso ne tik nuo sandaros (paviršiaus morfologijos, skerspjūvio konstrukcijos), bet ir nuo pluoštų geometrinių rodiklių.

Apibendrinimas. Mechaniniai tirtų baltyminių pluoštų rodikliai priklauso ne tik nuo pluoštų geometrinių (skersmens, ilgio ir ilginio tankio), bet ir nuo morfologinių rodiklių (plauko paviršiaus, skerspjūvio vidinės struktūros ir kanalo tipo). Nustatyta, kad Vokietijos juodgalvių avių vilnos VJ ir šunų plaukų P, FB, AnS ir JT mechaninių rodiklių vertėms turi įtakos ne tik pluošto morfologiniai (santykinis kanalo dažnis plauko skerspjūvyje bei kanalo struktūra), bet ir geometriniai (skersmuo ir ilgis) rodikliai, o ši cu ir bobteilo veislės šunų plaukų mechaniniai rodikliai labiausiai priklauso būtent nuo plauko morfologijos. Šunų plaukai B ir AnS, kurių skerspjūvyje yra korėti ir tuščiaviduriai ištininiai kanalai bei didžiausios santykinio kanalo dažnio vertės (atitinkamai 56,58 proc. ir 61,54 proc.), pasižymi mažiausiomis savitosios trūkimo jėgos, santykinės trūkimo ištiesos bei savitojo trūkimo darbo vidutinėmis vertėmis. Gauta, kad šunų plaukų P, ŠC, FB ir JT savitosios trūkimo jėgos ir savitojo trūkimo darbo vidutinės vertės yra didesnės nei Vokietijos juodgalvių avių vilnos, nors anksčiau minėtų pluoštų skerspjūvyje yra kanalai, o avių vilnos plaukeliai kanalo neturi. Visų tirtų šunų plaukų apskaičiuotos santykinės trūkimo ištiesos vidutinės vertės yra 6–21 proc. didesnės už avių vilnos VJ.

3.5 Kočiotinių verpalų geometrinių ir mechaninių rodiklių tyrimų rezultatai

Kaip teigiama išnagrinėtuose šaltiniuose, gaminant kočiotinius verpalus labai svarbu parinkti tinkamus komponentus. Vidutinis pluošto ilgis, skersmuo, ilginis tankis, savitoji trūkimo jėga, santykinė trūkimo ištiesa ir kiti pluošto stiprumą nusakantys rodikliai gali nulemti būsimąsias verpalų savybes (Iman ir kt., 1992; Stobart ir kt., 1986). Taip pat įrodyta, kad verpimo sistema ir įvairūs verpalų gamybos technologiniai procesai (pluošto valymas, emulsavimas, karšimas ir verpimas) yra itin svarbūs veiksniai, turintys reikšmingą įtaką verpalų savybėms ir tolimesniam jų naudojimui (Basu, 2009; Czekalski ir kt., 2007).

Detaliai išanalizavus ir įvertinus visas šiame darbe tirtų baltyminių pluoštų sandaros, geometrinių ir mechaninių rodiklių gautas vertes, jų pasiskirstymą ir statistines charakteristikas bei modelinių verpalų tyrimų rezultatus, galima teigti, kad šie pluoštai gali būti naudojami kočiotinių verpalų gamyboje. Nustatyta, kad šunų plaukelių paviršius yra panašus į alpacos vilną, todėl plaukelių tarpusavio sukibimui pagerinti į mišinį taip pat yra dedama ir avių vilnos, pasižyminčios tankiu žvynelių pasiskirstymu plaukelio paviršiuje. Kaip žinoma, vilnoniai verpalai gali būti gaminami šukuotiniu, pusšukuotiniu ir kočiotiniu verpimo būdu, tačiau būtent kočiotinis verpimo būdas dažniausiai naudojamas perdurbant trumpų plaukelių daugiakomponentinius mišinius. Kiekviena verpimo sistema yra labai skirtinga tiek technologine eiga, tiek pagamintų verpalų naudojimo galimybėmis, tiek jų savybėmis. Kočiotiniai

verpalai yra labai populiarūs, todėl ir Lietuvoje vykdoma tiek individuali (pvz., verpykloje-karšykloje Skriaudžiuose, Prienų r., A. Puvinsko įmonėje Narvaišų k., Plungės r.), tiek pramoninė (UAB „Litwool“ (Ukmergė), UAB „Lietvilna“ (Kaunas), AB „Vernitas“ (Marijampolė), IĮ A. Valčiukienės karšykla (Kelmė) jų gamyba. Taigi kitame šio darbo etape, santykiu 100:0, 85:15, 75:25, 65:35 ir 55:45 tarpusavyje maišant Vokietijos juodgavių avių vilną ir skirtingų veislių šunų plaukus, iš gautų mišinių buvo pagaminti kočiotiniai verpalai. Avių vilna VJ buvo maišoma su populiariausių Lietuvoje veislių: pudelio (P), ši cu (ŠC), bobteilo (B), anglų (AnS), Jorkšyro terjero (JT) ir gana retos flamandų buvję (FB) veislės šunų plaukais. 3.11 lentelėje pateiktos šio tyrimo metu pagamintų ir išanalizuotų kočiotinių verpalų eksperimentinio ilginio tankio vidutinės vertės ir variacijos koeficientai.

3.11 lentelė. Kočiotinių verpalų geometrinių rodiklių suvestinė

Verpalų žymėjimas	Verpalų pluoštinė sudėtis	Ilginis tankis, tex	
		T, tex	V, proc.
VJ-100	100 proc. VJ	257,3±3,53	6,92
AnS-15	85 proc.VJ+15 proc. S	207,5±5,12	12,48
P-15	85 proc.VJ+15 proc. P	249,2±4,56	9,25
JT-15	85 proc.VJ+15 proc. JT	203,3±4,12	10,42
FB-15	85 proc.VJ+15 proc. FB	235,4±5,33	11,45
ŠC-15	85 proc.VJ+15 proc. ŠC	262,5±2,84	5,48
AnS-25	75 proc.VJ+25 proc. S	193,2±2,01	5,24
P-25	75 proc.VJ+25 proc. P	203,9±2,97	7,35
JT-25	75 proc.VJ+25 proc. JT	218,2±2,93	6,77
ŠC-25	75 proc.VJ+25 proc. ŠC	220,2±2,69	6,14
AnS-35	65 proc.VJ+35 proc. S	209,8±2,51	6,04
P-35	65 proc.VJ+35 proc. P	230,9±1,65	3,62
JT-35	65 proc.VJ+35 proc. JT	217,8±2,97	6,89
ŠC-35	65 proc.VJ+35 proc. ŠC	203,2±2,97	7,37
AnS-45	55 proc.VJ+45 proc. S	213,3±2,65	6,28
P-45	55 proc.VJ+45 proc. P	310,2±11,8	19,08
JT-45	55 proc.VJ+45 proc. JT	211,7±2,24	5,34

Išanalizavus 3.11 lentelėje pateiktus kočiotinių verpalų ilginio tankio tyrimų rezultatus, matyti, kad tyrimo metu pagamintų verpalų ilginis tankis kinta nuo 193,2 tex iki 262,5 tex, išskyrus kočiotinius verpalus, į kuriuos įdėta 45 proc. pudelio plaukų P-45 (310,2 tex). Gauta, kad tirtų kočiotinių verpalų ilginio tankio variacija yra iki 12,48 proc., išskyrus P-45 verpalus, kuriuose šio rodiklio variacija siekia 19,08 proc. Žinoma, kad kočiotinių verpalų ilginio tankio variacija visada yra didesnė nei šukuotinių verpalų, o šiame darbe tirtų verpalų ilginiai tankiai ir ilginio tankio variacijai įtaką galėjo turėti avių vilnos ir šunų plaukų rangytumas, plaukelių geometrinių rodiklių nevienodumas ir technologinio proceso ypatumai (sumaišymo ir karšimo kokybė, karšimo metu pašalintų trumpiausių plaukelių kiekis, pusverpalų ilginio tankio nevienodumas ir kiti). Šio tyrimo metu plaukelių rangytumas tirtas nebuvo, tačiau pagal vidutinį skersmenį kočiotinių verpalų gamyboje naudotas pluoštas VJ ir plaukai P, AnS, JT priskiriami pūkiniams plaukams, o pūkiniai plaukai (kaip teigia Matukonis ir kt., 1989) pasižymi itin dideliu rangytumu. Tiksliai

įvertinti kiekvieno iš šių rodiklių įtaką verpalų ilginiam tankiui sunku, nes technologinio proceso veiksniai šiame darbe nebuvo tirti.

3.12 lentelėje pateiktos pagamintų ir išanalizuotų kočiotinių verpalų mechaninių rodiklių vertės (aritmetinis vidurkis, absoliutinė atsitiktinė paklaida Δ , santykinė atsitiktinė paklaida δ).

3.12 lentelė. Kočiotinių verpalų mechaninių rodiklių suvestinė

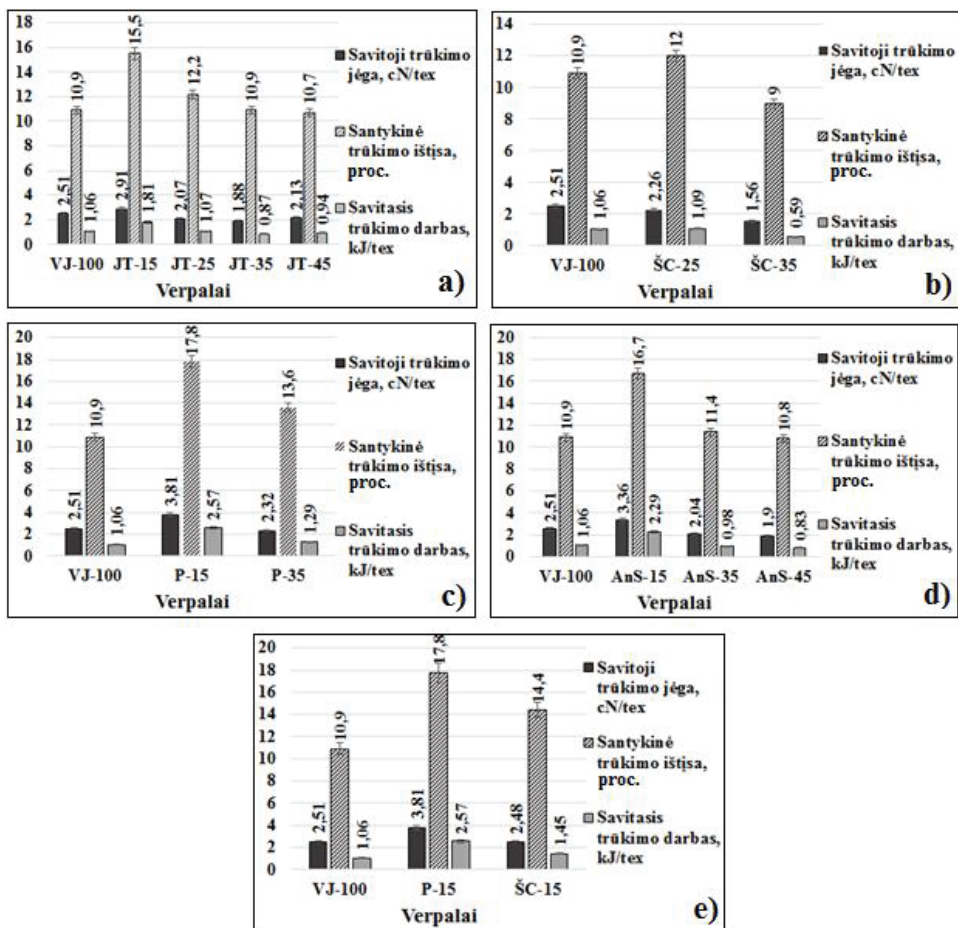
Verpalai	Savitoji trūkimo jėga		Santykinė trūkimo išťažsa, proc.		Savitasis trūkimo darbas, kJ/tex	
	f_{tr} , cN/tex	δ , proc.	ε_{tr} , proc.	δ , proc.	w_{tr} , kJ/tex	δ , proc.
VJ-100	2,51±0,04	1,59	10,9±0,9	8,26	1,06±0,09	8,49
AnS-15	3,36±0,14	4,43	16,70±0,38	2,32	2,29±0,01	2,37
P-15	3,81±0,09	3,27	17,8±0,32	1,98	2,57±0,08	4,36
JT-15	2,91±0,07	2,61	15,5±0,34	2,22	1,81±0,07	4,07
FB-15	2,79±0,16	5,73	16,4±0,64	3,90	1,99±0,11	5,53
ŠC-15	2,48±0,06	2,48	14,4±0,42	3,18	1,45±0,08	5,45
AnS-25	1,90±0,08	4,12	9,8±0,31	3,25	0,77±0,05	6,51
P-25	1,53±0,05	3,51	8,9±0,35	3,98	0,58±0,04	7,00
JT-25	2,07±0,09	4,35	12,2±0,48	3,92	1,07±0,08	8,45
ŠC-25	2,26±0,05	2,43	12,0±0,39	3,29	1,09±0,05	4,75
AnS-35	2,04±0,05	2,56	11,4±0,37	3,29	0,98±0,05	5,32
P-35	2,32±0,07	3,00	13,6±0,43	3,17	1,29±0,07	5,66
JT-35	1,88±0,06	3,19	10,9±0,30	2,74	0,87±0,04	5,04
ŠC-35	1,56±0,11	7,05	9,0±0,3	3,33	0,59±0,02	3,39
AnS-45	1,90±0,04	2,11	10,8±0,6	5,55	0,83±0,09	10,84
P-45	2,30±0,16	6,95	15,3±0,3	1,96	1,40±0,11	7,86
JT-45	2,13±0,15	7,04	10,7±0,6	5,60	0,94±0,05	5,32

Žinoma (literatūros apžvalga, 1.4.1 skyrelis), kad verpalų trūkimo jėga priklauso nuo kelių veiksnių: pavienių plaukelių trūkimo jėgos, plaukelių skaičiaus verpalo skerspjuvyje, pluošto stiprumo išnaudojimo koeficiento ir sukrio kampo (Radivojevic ir kt., 2008). Taigi, be kitų veiksnių, ir įvairūs pluoštų rodikliai mišinyje lemia verpalų iš to mišinio savybes. Kita vertus, šiame darbe įrodyta, kad tirtų baltyminių pluoštų mechaniniams rodikliams turi įtakos ne tik jų geometriniai, bet ir morfologiniai rodikliai (3.4 skyrelį). Todėl ir šiame tyrimo etape buvo svarbu išsiaiškinti, kokią įtaką pagamintų kočiotinių verpalų mechaninėms savybėms turi pluoštų geometriniai rodikliai ir morfologiniai ypatumai.

Kaip matyti iš 3.11 lentelėje pateiktų duomenų, verpalai JT-15, JT-25, JT-35 ir JT-45 pasižymi labai panašiomis vidutinėmis ilginio tankio vertėmis (203,3–218,2 tex), tačiau šių verpalų mechaninių rodiklių vertės skiriasi (žr. 3.10 pav., a). Gauta, kad, didinant Jorkšyro terjero veislės šuns plaukų procentinį kiekį mišinyje nuo 15 proc. iki 35 proc., verpalų iš to mišinio savitoji trūkimo jėga mažėja nuo 2,91 cN/tex iki 1,88 cN/tex, santykinė trūkimo išťažsa nuo 15,5 proc. iki 10,9 proc., o vidutinė savitojo trūkimo darbo vertė mažėja nuo 1,81 kJ/tex iki 0,87 kJ/tex. Verpalų JT-45 mechaninių rodiklių vertės yra panašios į verpalų JT-35. 3.4 skyrelyje įrodyta, kad plaukai JT pasižymi nedideliu (6,60 proc.) santykiniu kanalo dažniu jų skerspjuvyje, todėl jų stiprumas yra didesnis nei kitų tirtų panašaus skersmens ir ilgio baltyminių pluoštų. Vis dėlto kočiotinių verpalų mechaninių rodiklių analizė

rodo, kad, didinant Jorkšyro terjero veislės šuns plaukų procentinį kiekį mišinyje, verpalų JT-15, JT-25, JT-35 ir JT-45 mechaniniai rodikliai mažėja (3.10 pav., a).

Lyginant verpalų ŠC-25 ir ŠC-35, kurių ilginis tankis atitinkamai yra 220,2 tex ir 203,2 tex (skiriasi 7,7 proc.), mechaninius rodiklius, taip pat gauta, kad verpalų ŠC-35 savitoji trūkimo jėga, santykinė trūkimo ištįsa ir savitasis trūkimo darbas yra mažesni nei verpalų ŠC-25, atitinkamai 31 proc., 25 proc. ir 46 proc. (3.10 pav., b). 3.2.1 skyrelyje akcentuota, kad ši su veislės šunų plaukai pasižymi 44,36 proc. vertės santykinio kanalo dažniu jų skerspjuvyje, tačiau net ir tokia didelė šio rodiklio vertė neturėjo įtakos jų mechaniniams rodikliams. Iš 3.10 pav., c, pateiktų duomenų matyti, kad, didinant procentinį pudelio veislės šuns plaukų kiekį mišinyje nuo 15 proc. iki 35 proc., verpalų P-35 savitoji trūkimo jėga, santykinė trūkimo ištįsa ir savitasis trūkimo darbas, palyginti su verpalais P-15, taip pat mažėja, atitinkamai nuo 3,81 cN/tex iki 2,32 cN/tex, nuo 17,8 proc. iki 13,6 proc., nuo 2,57 kJ/tex iki 1,29 kJ/tex.



3.10 pav. Verpalų su skirtingų veislių šunų plaukais mechaninių rodiklių lyginamosios stulpelinės diagramos

Anglų spanielio veislės šuns plaukų skerspjūvyje yra ištisiniai tuščiaviduriai kanalai, o juose esančio kanalo santykinis dažnis siekia net 61,54 proc. Lyginant vienodo ilginio tankio (207, 5–213,3 tex) verpalus AnS-15, AnS-35 ir AnS-45, gauta, kad, didinant anglų spanielio veislės šuns plaukų procentinį kiekį mišinyje, verpalų iš to mišinio mechaniniai rodikliai taip pat mažėja (3.10 pav., d).

Lyginant kelis verpalų variantus su tuo pačiu procentiniu skirtingų veislių šunų plaukų kiekiu (3.10 pav., c ir d), gauta, kad kočiotinių verpalų P-35 ir AnS-35 savitoji trūkimo jėga ir santykinė trūkimo ištįsa yra apie 1,4–1,1 karto didesnės nei tų pačių verpalų su 25 proc. šunų plaukų P-25 ir AnS-25.

3.11 ir 3.12 lentelėse pateiktų duomenų analizė, parodė, kad labai panašaus ilginio tankio (249,2–262,5 tex) kočiotinių verpalų VJ-100, P-15 ir ŠC-15 mechaninės savybės labai skiriasi, t. y. verpalų su ši cu ir pudelio plaukais savitosios trūkimo jėgos, santykinės trūkimo ištįsos ir savitojo trūkimo darbo vertės yra didesnės, atitinkamai iki 59 proc. ir iki 27 proc., nei verpalų iš avių vilnos VJ-100 (3.10 pav., e). Manoma, kad tokie rezultatai labiausiai priklauso nuo to, kad šunų plaukų P ir ŠC savitosios trūkimo jėgos vertės (41,46–43,19 cN/tex) taip pat yra vienos didžiausių tarp visų tirtų pluoštų (palyginkime: Vokietijos juodgalvių avių vilnos šis rodiklis 19,29 cN/tex). Taigi procentinio šių pluoštų kiekio didinimas mišinyje galėjo nulemti verpalų iš šių mišinių mechaninių savybių verčių padidėjimą. Ta pati tendencija nustatyta ir lyginant grynvilnius bei verpalus, į kuriuos įdėta 15 proc. kitų veislių šunų plaukų (anglų spanielio, flamandų buvjė ir Jorkšyro terjero), nors pačių pluoštų savitoji trūkimo jėga mažai skiriasi nuo avies vilnos šio rodiklio. Gauta, kad net 45 proc. šunų plaukų kiekis neturi didelės įtakos verpalų su jais mechaniniams rodikliams, palyginti su grynvilniais verpalais VJ-100.

Žinoma, kad kočiotinių verpalų gamyboje gali būti naudojami skirtingų geometrinių ir mechaninių savybių pluoštai, o tai turi įtakos iš šių pluoštų pagamintų verpalų savybėms bei jų rodiklių variacijai. Šiame darbe gauta, kad kočiotinių verpalų savitosios trūkimo jėgos variacijos koeficientas svyravo 9,80–22,8 proc., santykinės trūkimo ištįsos 9,8–20,23 proc., o savitojo trūkimo darbo 15,5–44,7 proc. Kadangi tirtų grynvilnių verpalų VJ-100 mechaninių rodiklių (savitosios trūkimo jėgos, santykinės trūkimo ištįsos ir savitojo trūkimo darbo) variacijos koeficientų vertės yra panašios (atitinkamai 15,59–18,78–31,94 proc.), galima sakyti, kad, į mišinį pridėjus tam tikrą procentinį šunų plaukų kiekį, verpalų iš tų mišinių mechaninių savybių variacija nesikeičia.

Taigi šunų veislė bei plaukų morfologija ir geometriniai rodikliai turi įtakos jų elgesiui perdurbant pluoštus (ypač maišant ir karšiant), o tai savo ruožtu bei pasirinkta kočiotinė verpimo sistema turi įtakos būsimų verpalų geometrinėms ir mechaninėms savybėms ir jų nevienareikšmiškoms kitimo tendencijoms. Kita vertus, norint sumaišyti ir suverpti gana skirtingus baltyminius pluoštus (avies vilną ir skirtingų veislių šunų plaukus), tai galima padaryti naudojant būtent šią, kočiotinę, verpimo sistemą.

Apibendrinimas. Įrodyta, kad kočiotinė verpimo sistema tinka verpti verpalus iš skirtingų veislių šunų plaukų ir Vokietijos juodgalvės avies vilnos. Verpalai buvo pagaminti taikant standartinę kočiotinės verpimo sistemos technologinę eigą, kaip ir

grynavilniai kočiotiniai verpalai. Pagamintų kočiotinių verpalų ilginis tankis yra apie 220 tex. Nustatyta, kad verpalų ilginis tankis ir jų mechaniniai rodikliai priklauso ne tik nuo pačių plaukelių šių rodiklių, jų morfologijos, bet ir nuo plaukų procentinio kiekio mišinyje. Atlikus verpalų analizę gauta, kad, didinant procentinį šunų plaukų AnS, P, ŠC ir JT kiekį mišinyje, kočiotinių verpalų iš to mišinio stipruminės savybės mažėja. Santykinis kanalo dažnis ir plauko skerspjuvyje esančio kanalo struktūra turi įtakos ne tik mechaniniams plaukų P, AnS, JT ir ŠC rodikliams, bet ir verpalų iš jų mechaninių rodiklių vertėms. Didinant anglų spanielio ir Jorkšyro terjero veislių šunų plaukų procentinį kiekį mišinyje nuo 15 proc. iki 45 proc., ši cu nuo 25 proc. iki 35 proc., o pudelio nuo 15 proc. iki 35 proc., kočiotinių verpalų iš tų mišinių savitoji trūkimo jėga, santykinė trūkimo išťaža ir savitasis trūkimo darbas mažėja. Gauta, kad, į pluoštų mišinį idėjus vos 15 proc. pudelio ar ši cu veislės šunų plaukų, verpalų iš šių mišinių mechaninių rodiklių vertės padidėja 1,3–1,6 karto, o net ir 45 proc. šunų plaukų priedas nepablogina verpalų su jais mechaninių savybių, palyginti su verpalais iš 100 proc. Vokietijos juodgalvių avių vilnos.

3.6 Tekstilės medžiagų geometrinių ir mechaninių rodiklių tyrimų rezultatai

3.6.1 Mezginių struktūros ir funkcinių savybių tyrimų analizė

Šiame tyrimų etape siekiama išsiaiškinti, ar šunų plaukų procentinis kiekis mišinyje turi tiesioginę įtaką mezginių iš to mišinio šiluminėms savybėms. Tyrimo metu pagamintų mezginių struktūriniai rodikliai pateikti 3.13 lentelėje.

3.13 lentelė. Tirtų mezginių struktūriniai rodikliai

Mezginys	Horizontalusis tankumų koeficientas P_h, cm^{-1}	Vertikalusis tankumų koeficientas P_v, cm^{-1}	Vidutinis siūlo skersmuo d, mm	Kilpos ilgis l, mm	Paviršinis tankis $M, \text{g/m}^2$	Dengiamumo koeficientas TF
JT-15	4,0	6,0	0,785	9,73	467,7	1,47
JT-25	4,0	6,0	0,820	10,01	525,9	1,48
JT-35	4,0	6,0	0,819	9,84	514,5	1,50
JT-45	4,0	6,0	0,808	9,80	498,0	1,48
AnS-15	4,0	6,0	0,799	9,77	486,5	1,47
AnS-25	4,0	6,0	0,772	9,69	449,5	1,43
AnS-35	4,0	6,0	0,804	9,79	493,0	1,48
AnS-45	3,5	6,0	0,811	10,38	464,9	1,41
P-15	4,0	6,0	0,876	10,02	599,2	1,58
P-25	4,0	6,0	0,791	9,75	477,1	1,46
P-35	3,5	6,0	0,843	10,48	508,1	1,45
P-45	3,5	6,0	0,978	10,90	710,2	1,62
ŠC-15	4,0	6,5	0,899	9,83	671,0	1,65
ŠC-25	4,0	6,0	0,822	9,84	520,1	1,51
ŠC-35	4,0	6,0	0,791	9,75	475,5	1,46
FB-15	4,0	6,0	0,876	10,02	598,3	1,53
VJ-100	4,0	5,5	0,890	10,36	586,4	1,54

Kaip matyti iš 3.13 lentelėje pateiktų duomenų, visų pagamintų mezginių vertikaliojo ir horizontaliojo tankumo koeficientai yra labai panašūs. Apskaičiuota, kad

tirtų mezginių kilpos aukštis ir žingsnis taip pat yra labai panašių verčių, atitinkamai 2,50 mm ir 1,67 mm. 2,86 mm kilpos žingsnis nustatytas AnS-45, P-35 ir P-45 mezginiuose, o ŠC-15 ir VJ-100 mezginių kilpos aukštis buvo šiek tiek kitoks, atitinkamai 1,54 mm bei 1,82 mm. Visų tirtų mezginių apskaičiuotasis siūlo skersmuo (3.13 lentelė) svyruoja nuo 0,772 mm iki 0,978 mm. Mezgimo sąlygos šio tyrimo metu buvo identiškios: ta pati mezgimo mašina, tas pats pynimas, labai panašus kilpos ilgis 9,69–10,9 mm, todėl mezginio paviršinis tankis tiesiogiai priklauso siūlo skersmens. 3.13 lentelėje pateikti rezultatai rodo, kad mažiausias siūlo skersmuo verpaluose AnS-25, todėl dėsningai iš šių verpalų numezgto mezginio AnS-25 paviršinis tankis taip pat yra mažiausias. O didžiausias siūlo skersmuo apskaičiuotas verpaluose P-45, o mežginys iš šių verpalų dėsningai pasižymi didžiausiu paviršiniu tankiu. Gauta, kad verpalų P-45 skersmuo yra 21,1 proc., šio mezginio kilpos ilgis – 11,1 proc., o paviršinis tankis net 36,7 proc. didesnis už mezginio AnS-25. Tai paaiškinama tuo, kad verpalų P-45 ilginis tankis yra net 310,22 tex, o verpalų AnS – tik 193,30 tex.

Žinoma, kad laidumas orui, šiluminis laidumas ir šiluminė varža bei temperatūros mainai pro mezginio sluoksnį į aplinką yra labai svarbūs tekstilinių medžiagų funkcines ir šilumines savybės įvertinantys rodikliai (Korycki, Więzowska, 2008; Matusiak, 2006). Kaip matyti iš 3.11 lentelėje pateiktų duomenų, šio tyrimo metu pagamintų kočiotinių verpalų ilginis tankis svyruoja 203,2–310,2 tex, todėl yra suprantama, kad lyginti mezginių savybes, kai yra tokie dideli verpalų ilginio tankio svyravimai, negalima. Todėl mežginiai buvo suskirstyti grupėmis pagal vienodą verpalų ilginį tankį ir žaliavą (3.14 lentelė). Šioje lentelėje pateiktų ir tarpusavyje lyginamų mezginių storis kiekvienoje grupėje skiriasi ne daugiau nei 6 proc., kilpos ilgis iki 6,6 proc., o jų verpalų ilginis tankis svyruoja 7,3–9,4 proc.

3.14 lentelė. Mezginių šiluminės savybės ir laidumas orui

Grupė	Mežginys	Mezginio storis		Šiluminis laidumas		Šiluminė varža		Laidumas orui	
		d, mm	V, proc.	λ , cal/Cms	V, proc.	R, K.m ² /W	V, proc.	Q, cm ³ /(m ² s)	V, proc.
I	JT-15	2,62±0,03	1,58	45,03±3,2	4,8	58,09±3,4	5,5	1179,4±5,9	12,6
	JT-25	2,51±0,02	1,26	44,88±2,2	3,2	55,73±2,1	3,1	1402,9±4,0	8,6
	JT-35	2,65±0,02	1,29	48,01±2,0	3,4	56,58±2,2	3,6	887,8±10,5	22,5
	JT-45	2,51±0,03	1,47	45,65±1,1	1,5	55,36±1,8	2,6	1352,7±3,7	7,8
II	AnS-15	2,63±0,04	2,07	44,05±2,1	4,6	57,38±2,1	4,7	1385,1±4,5	9,7
	AnS-25	2,67±0,02	1,30	46,39±1,8	2,9	56,26±2,1	3,5	1138,9±2,9	6,1
	AnS-35	2,61±0,04	2,01	45,01±2,1	4,3	56,69±2,4	4,8	1485,5±6,3	13,4
	AnS-45	2,58±0,04	2,40	45,90±1,3	2,4	55,66±1,3	2,3	1321,9±3,6	7,6
III	P-15	2,65±0,03	1,49	46,79±1,7	2,6	55,87±1,7	2,5	1066,0±4,5	9,7
	P-35	2,52±0,03	1,54	46,82±1,8	2,8	52,43±1,8	2,9	1296,0±7,7	16,5
IV	ŠC-25	2,72±0,03	1,61	51,83±1,7	3,9	50,34±1,6	3,8	1203,7±5,1	10,9
	ŠC-35	2,61±0,03	1,51	50,52±3,3	6,6	52,86±3,4	6,8	1088,6±6,2	13,3

Jau yra įrodyta, kad mezginių laidumas orui bei šiluminiai mainai labiausiai priklauso nuo pasirinkto mezginio pynimo, o tai reiškia – ir nuo kilpos ilgio (Bivai-

nytė ir kt., 2012; Bivainytė, Mikučionienė, 2011b; Gupta ir kt., 2013; Çoruh, 2015). Šiame darbe visi mezginiai buvo numegzti tuo pačiu lygiuoju skersiniu pynimu, todėl jų kilpos ilgis yra labai panašus – 9,69–10,90 mm (3.13 lentelė). Taigi natūralu, kad kilpos ilgio įtaka šiluminėms mezginio savybėms tirta nebuvo.

Literatūros apžvalgoje jau buvo minėta, kad pluoštų žaliava ir skirtingas baltyminių pluoštų procentinis kiekis mišinyje turi įtakos mezginių šiluminėms savybėms (Shakyawar ir kt., 2007), taip pat ir kanalas plaukų skerspjuvyje turi teigiamą įtaką tekstilės medžiagų su šiais plaukais šiluminėms savybėms (Shakyawar ir kt., 2007). Kitas labai svarbus mezginių struktūros rodiklis, nuo kurio priklauso gaminio laidumas orui bei šiluminė varža, yra jo storis (Oğlakcioğlu, Marmarali, 2007). Analizuojant tyrimų rezultatus, ir šiame darbe buvo kreipiamas dėmesys į šiuos rodiklius.

Kaip matyti iš 3.13 ir 3.14 lentelėse pateiktų duomenų, mezginio ŠC-25 šiluminio laidumo ir šiluminės varžos vertės yra labai panašios į mezginio ŠC-35. 3.2.1 skyrelyje jau buvo aprašyta, kad ši cu veislės šuns plaukai ŠC yra priskirti tarpinių plaukų rūšiai, jų santykinis kanalo dažnis siekia net 44,36 proc. Didinant šunų plaukų ŠC procentinį kiekį mišinyje nuo 25 proc. iki 35 proc., ši cu veislės šuns plaukų skerspjuvyje esantys skirtingos struktūros kanalai turi įtakos mezginio ŠC-35 laidumui orui, kurio vertė sumažėja 9,56 proc., palyginti su mezginio ŠC-25 (3.14 lentelė).

Tarpusavyje lyginant skirtingas mezginių grupes (3.13 ir 3.14 lentelė), nustatyta, kad mezginiai su anglų spanielio veislės šuns plaukais (II grupė) yra 6,3 proc. mažiau laidūs šilumai nei mezginiai su Jorkšyro terjero veislės šuns plaukais (I grupė). Kita vertus, mezginių su Jorkšyro terjero veislės šuns plaukais laidumas orui yra 6–22 proc. mažesnis nei mezginių su anglų spanielio veislės šuns plaukais, nors lyginamų mezginių struktūriniai parametrai yra panašūs. O lyginant mezginio AnS-45 šiluminius rodiklius su mezginio ŠC-35 šiais rodikliais, gauta, kad mezginys AnS-45 yra 11 proc. mažiau laidus šilumai, o jo šiluminė varža yra 5,5 proc. didesnė nei mezginio ŠC-35. Taigi nors plaukuose ŠC santykinis kanalo dažnis yra net 44,36 proc., šis rodiklis neturėjo lemiamos reikšmės mezginių su šiais plaukais šiluminių rodiklių vertėms.

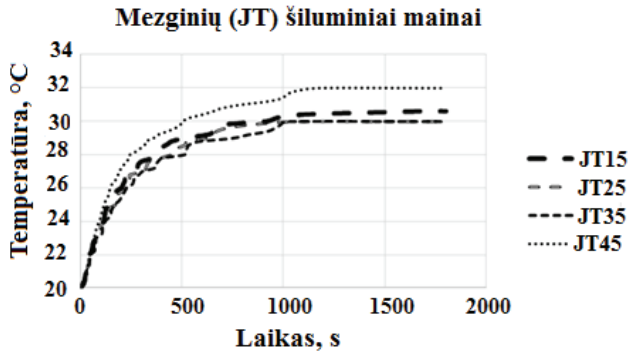
3.14 lentelėje pateikti duomenys rodo, kad I grupėje storiausio (2,65 mm) mezginio JT-35 laidumas orui yra mažiausias ($887,8 \text{ cm}^3/(\text{m}^2\text{s})$). Ta pati tendencija nustatyta ir II grupėje, kur storiausias (2,67 mm) mezginys AnS-25 yra ir mažiausiai laidus orui ($1138,9 \text{ cm}^3/(\text{m}^2\text{s})$). Arba gauta, kad vienodo storio (2,51 mm) ir dengiamumo koeficiento (1,48) mezginiai JT-25 ir JT-45 pasižymi panašiomis šiluminio laidumo ($44,88\text{--}45,65 \text{ cal}/^\circ\text{Cms}$), šiluminės varžos ($55,73\text{--}55,36 \text{ K}\cdot\text{m}^2/\text{W}$) ir laidumo orui ($1402,9\text{--}1352,7 \text{ cm}^3/(\text{m}^2\text{s})$) vertėmis. Priklausomybė tarp mezginio storio ir laidumo orui nebūna stipri, nes mezginio laidumas orui daugiausiai priklauso nuo pynimo bei užpildymo rodiklių, tokių kaip, pvz., mezginio akučių dydis, kuris priklauso nuo vidutinio kilpos ilgio ir vidutinio siūlo skersmens mezginyje. Kaip ir tikėtasi, nustatyta, kad mezginių su Jorkšyro terjero ar anglų spanielio plaukais storis yra atvirkščiai proporcingas jų laidumui orui, įvertinant faktą, kad vidutinis siūlo skersmuo mezginių grupėse su Jorkšyro terjero ir anglų spanielio veislės šunų

plaukais neveik nesiskiria (4,3–4,8 proc.), o dengiamumo koeficientų skirtumas yra tik 2–3,4 proc.

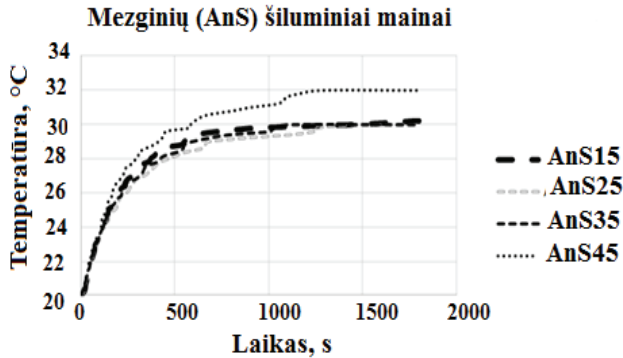
I ir IV grupėse esantys mežginiai pasižymi itin vienodu verpalų ilginiu tankiu ir mežginio dengiamumo koeficientu, tačiau mežginių su ši cu veislės šuns plaukais laidumo orui vertės kinta mažiau ($1088,6\text{--}1203,07\text{ cm}^3/(\text{m}^2\text{s})$) nei mežginių su Jorkšyro terjero veislės šuns plaukais ($887,8\text{--}1402,9\text{ cm}^3/(\text{m}^2\text{s})$). Tai gali būti paaiškinama tuo, kad I grupėje esantys mežginiai su Jorkšyro terjero veislės šunų plaukais pasižymi 6,4–6,9 proc. mažesnėmis vidutinėmis siūlo skersmens vertėmis nei mežginiai su ši cu veislės šuns plaukais (IV grupė), todėl dėl didesnių mežginio akucijų yra laidesni orui.

Šiame darbe, lyginant P-15 ir P-35 mežginius (3.14 lentelė), gauta, kad mežginys P-35 pasižymi 6,2 proc. mažesne šilumine varža ir yra 17,7 proc. laidesnis orui nei mežginys P-15. Tai gali būti paaiškinama dengiamumo koeficiento verte, kuri mežginio P-15 yra 8,2 proc. didesnė nei mežginio P-35. Taip pat manoma, kad tokie mežginių su pudelio veislės šunų plaukais rezultatai gali būti paaiškinami ir verpalų sandaros ypatybėmis. Būtent pudelio veislės šunų plaukai P buvo trumpiausi ir ploniausi tarp visų šio tyrimo metu naudotų kočiotinių verpalų ir lygiojo skersinio pynimo mežginių gamyboje, o tai galėjo turėti įtakos jų elgsenai kočiotinių verpalų gamybos metu.

Apibendrintai galima teigti, kad tirtų lygiojo skersinio pynimo mežginių iš kočiotinių verpalų su Jorkšyro terjero, anglų spanielio, pudelio ir ši cu plaukais šiluminis laidumas ir varža bei laidumas orui nepriklauso nuo mišinio procentinės sudėties. Tiriamieji mežginiai yra numegzti iš kočiotinių verpalų, kuriuose plaukeliai išsidėsto nevienodai, labai chaotiškai, persidengdami vieni su kitais. O tai savo ruožtu turi įtakos verpalų ilginiu tankio nevienodumui, sandaros nelygumui ir išsikišusių plaukelių skaičiui per verpalo ilgį. Kaip jau buvo minėta kituose skyriuose, šios verpalų savybės labai priklauso ir nuo mišinyje naudotų plaukelių morfologijos, sandaros ir geometrinių rodiklių skirtumų. Vilnos pluoštas, palyginti su šunų plaukais, yra gana skirtingų savybių (skersmens, ilgio, žvynelių išsidėstymo ir kitais požūriais) ir galbūt tam tikrų veislių šunų plaukų ir avies vilnos derinys turi įtakos pirmiausia verpalų iš jų, o vėliau ir tekstilės gaminių nevienodumui ir su tuo susijusiomis savybėmis. Buvo atlikti ir mežginių su Jorkšyro terjero, anglų spanielio, pudelio ir ši cu plaukais šiluminių mainų tyrimai. 3.11–3.14 pav. pateiktos I–IV grupėms priskirtų mežginių (3.14 lentelė) šiluminių mainų kreivės.

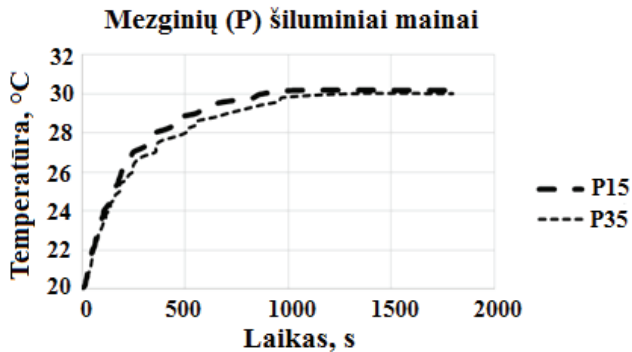


3.11 pav. I grupės mezginių su Jorkšyro terjero (JT) plaukais šiluminių mainų kreivės

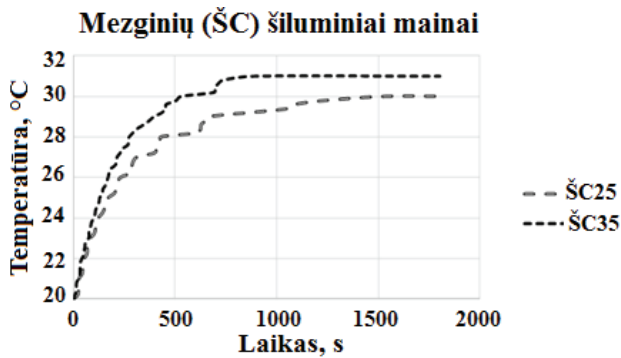


3.12 pav. II grupės mezginių su anglų spanielio (AnS) plaukais šiluminių mainų kreivės

Kaip matyti iš 3.11–3.12 pav., mezginiuose JT-35 ir AnS-25 nustatytos ir vienos mažiausių šiluminių mainų verčių ($30\text{ }^{\circ}\text{C}$). Mezginys JT-45 I grupėje buvo vienas iš ploniausių ($2,51\text{ }\mu\text{m}$) ir pasižymėjo didžiausia šiluminių mainų verte ($32\text{ }^{\circ}\text{C}$). Tokia pati tendencija nustatyta ir II grupėje ploniausiame ($2,58\text{ }\mu\text{m}$) mezginyje AnS-45. Taigi ne tik laidumas orui, bet ir šiluminiai mainai yra atvirkščiai proporcingi mezginių su Jorkšyro terjero ir anglų spanielio šuns plaukų storiui.



3.13 pav. III grupės mezginių su pudelio (P) plaukais šiluminių mainų kreivės



3.14 pav. IV grupės mezginių su ši cu (ŠC) plaukais šiluminių mainų kreivės

Nors mezginy P-35 pasižymi didesne laidumo orui verte nei mezginy P-15, tačiau tiriant šiluminius mainus mezginy P-35 pro paviršių į aplinką praleido mažesnę šilumą (3.13 pav.). Vis dėlto, nors ir nebuvo nustatyta priklausomybė tarp mezginio su ši cu plaukais storio ir laidumo orui, tačiau 3.14 pav. pateiktos šiluminių mainų kreivės rodo, kad storesnis mezginy ŠC-25 (2,72 μm) pro paviršių į aplinką praleidžia mažesnę (30 °C), o plonesnis (2,61 μm) – didesnę (31 °C) šilumą. Kaip jau buvo aptarta, tai gali būti paaiškinama kočiotinių verpalų sandaros nevienodumu. Kaip matyti iš 3.11–3.14 pav. pateiktų mezginių šiluminių mainų kreivių, šio tyrimo metu nustatyta, kad pluoštų žaliava ir skirtingas baltyminių pluoštų procentinis kiekis mišinyje skirtingų grupių mezginių šiluminėms savybėms įtakos neturi.

Apibendrinimas. Šiame tyrimo etape įrodyta, kad iš kočiotinių verpalų, kurių sudėtyje yra skirtingi procentiniai kiekiai šunų plaukų, gali būti pagaminti lygiojo skersinio pynimo meginiai. Nustatyta, kad egzistuoja atvirkštinė priklausomybė tarp mezginių su Jorkšyro terjero ar anglų spanielio plaukais storio ir laidumo orui, t. y. kuo meginiai yra storesni, tuo jų laidumas orui yra mažesnis. Vis dėlto, didinant procentinį šunų plaukų AnS, ŠC, JT ir P kiekį pluoštų mišiniuose, mezginių šiluminių savybių kitimo tendencijų nenustatyta. Tokioms mezginių su šunų plaukais funkcinėms ir šiluminėms savybėms turi įtakos ne tik žaliavos sandaros ar geometrinės ypatybės, bet ir pati mezginių sandara – kilpelinė struktūra (mezginio akučių dydis), pro kurią nevienodai pasiskirsto tiek šiluminiai, tiek oro srautai.

3.6.2 Veltinių šiluminių savybių tyrimų rezultatai

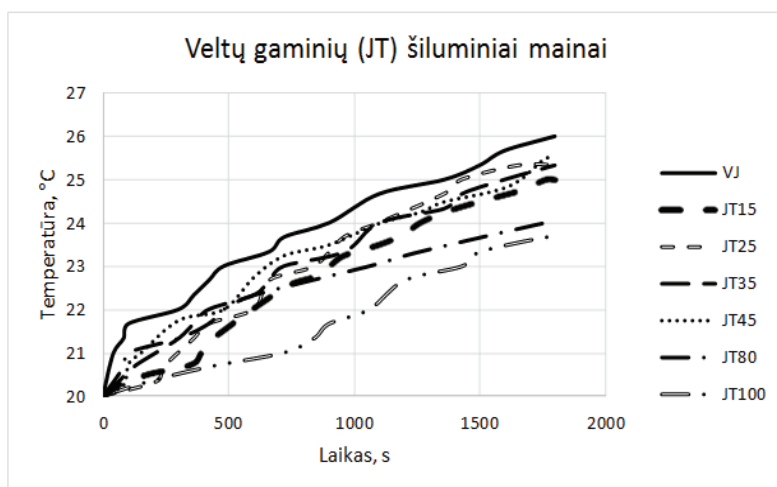
Kadangi meginiai pasižymi savitu paviršiumi, juose yra oro tarpai, pro kuriuos šiluminiai srautai pasiskirsto nevienodai, antrame tekstilės medžiagų tyrimų etape nuspręsta suprojektuoti ir išanalizuoti veltinius iš baltyminių pluoštų. Šios tekstilės medžiagos yra vienodos tiek tūriu, tiek sandara, todėl šiluminiai mainai plote turėtų pasiskirstyti tolygiau, kad būtų galima juos kuo tiksliau išmatuoti. Žinoma, kad veltos tekstilės medžiagos plačiai naudojamos jau nuo seniai (Kazlauskaitė, 2008). Be to, šios medžiagos pasižymi itin dideliu pritaikomumu, puikiomis dėvėjimosi ir funkcinėmis savybėmis bei ilgaamžiškumu.

Taigi paskutiniame šio tyrimo etape, eksperimentiškai parinkus geriausias mišinių procentines sudėtis, buvo pagaminti ir išanalizuoti veltiniai iš Vokietijos juodgalvių avių vilnos ir bobteilo, rusų spanielio bei Jorkšyro terjero veislių šunų plaukų mišinių. Iš viso paruošta 19 skirtingos pluoštinės sudėties mišinių, iš jų pagaminti 38 (po 2 vnt. kiekvieno mišinio) veltinių pavyzdžiai, kurių storis buvo labai panašus (4,13–4,40 mm). Literatūroje konstatuojama, kad vilnionių veltinių šiluminis laidumas tiesiogiai priklauso nuo vidutinio vilnos pluošto skersmens (Shakyawar ir kt., 2007). Siekiant rezultatų palyginamumo, veltiniams gaminti parinkti pluoštai VJ, RS ir JT pasižymi labai panašiomis vidutinio skersmens vertėmis, atitinkamai 30,00 μm , 26,88 μm ir 29,55 μm . O pakankamai retos bobteilo veislės šunų plaukai pasirinkti dėl išskirtinių jo savybių. Ankstesnių tyrimų metu buvo nustatyta, kad šis pluoštas yra vienas storiųjų ir ilgiausių, o plauko skerspjūvyje esantis kanalas ne tik užima net iki 68 proc. plauko tūrio, bet išsiskiria ir itin savita struktūra.

Įvertinus literatūroje pabrėžiamus kitų tyrėjų pastebėjimus, kad baltyminių pluoštų kanalas gali turėti svarbios įtakos šiluminėms tekstilės gaminių savybėms (Broeck ir kt., 2001; Czapliski, 2012), nustatyta, kad visi keturi veltinių gamyboje naudoti baltyminiai pluoštai tarpusavyje skiriasi skerspjūvyje esančio kanalo užimamu plotu plauko tūryje ir santykinio kanalo dažniu pluošte, atitinkamai: rusų spanielio veislės šuns plaukai 30 proc. ir 3,65 proc., Jorkšyro terjero veislės šuns plaukai 20 proc. ir 6,6 proc. ir bobteilo veislės šuns plaukai 68 proc. ir 56,58 proc. Šio tyrimo metu Vokietijos juodgalvių avių vilnoje kanalas aptiktas nebuvo. Būtent šie baltyminių pluoštų sandaros ir geometrinių rodiklių skirtumai ir turėtų / galėtų turėti įtakos šiluminėms veltinių savybėms. Taigi, VJ pluoštą sumaišius su JT, RS ir B veislės šunų plaukais santykiu 100:0, 85:15, 75:25, 65:35, 55:45, 20:80 ir 0:100, šiame darbe buvo pagamintos veltos medžiagos.

Pirmiausia buvo analizuojamas veltinių laidumas orui. Atlikus laidumo orui tyrimus nustatyta, kad 4,13–4,29 mm storio veltiniai RS45, RS25, RS35, JT35, B100 bei RS15 pasižymi 456,58–656,64 $\text{cm}^3/(\text{m}^2\text{s})$ vidutinėmis laidumo orui vertėmis, o 4,30–4,40 mm storio veltinių B25, B80, JT25, JT80, B45, JT100, RS100, RS80, B15, JT15, JT45 ir B35 vidutinis laidumas orui kinta nuo 378,42 $\text{cm}^3/(\text{m}^2\text{s})$ iki 501,40 $\text{cm}^3/(\text{m}^2\text{s})$. 4,34 mm storio veltinis iš 100 proc. Vokietijos juodgalvių avių vilnos pluošto pasižymi 434,2 $\text{cm}^3/(\text{m}^2\text{s})$ vidutine laidumo orui verte. Kadangi veltiniai, siekiant rezultatų palyginamumo, projektuoti taip, kad jų storis būtų kuo vieno desnis (šis rodiklis skiriasi tik 3,7 proc. tarp visų tirtų veltų medžiagų), suprantama, kad priklausomybė tarp veltinio storio ir laidumo orui tirta nebuvo. Atlikus laidumo orui analizę, priklausomybė tarp procentinio šunų plaukų kiekio mišinyje ir veltinio laidumo orui nenustatyta.

3.15–3.17 pav. pateiktos šio tyrimo metu pagamintų veltinių iš Vokietijos juodgalvių avių vilnos ir / ar Jorkšyro terjero, bobteilo bei rusų spanielio veislių šunų plaukų šiluminių mainų kreivės.



3.15 pav. Veltinių su Jorkšyro terjero (JT) plaukais šiluminių mainų kreivės

Kaip matyti iš 3.15 pav. pateiktų šiluminių mainų kreivių, didinant procentinį Jorkšyro terjero veislės šunų plaukų kiekį mišinyje, veltiniai geriau sulaiko šilumą ne tik palyginti su veltiniais iš 100 proc. Vokietijos juodgalvių avių vilnos pluošto, bet ir lyginant juos tarpusavyje. Remiantis tyrimo metu atliktais matavimais nustatyta, kad veltiniai iš 100 proc. Vokietijos juodgalvių avių vilnos pluošto po 1800 s pro paviršių į aplinką praleidžia 26 °C šilumą, o veltiniai, kurių sudėtyje yra 80 proc. ir 100 proc. Jorkšyro terjero veislės šunų plaukų, – tik 24 °C.

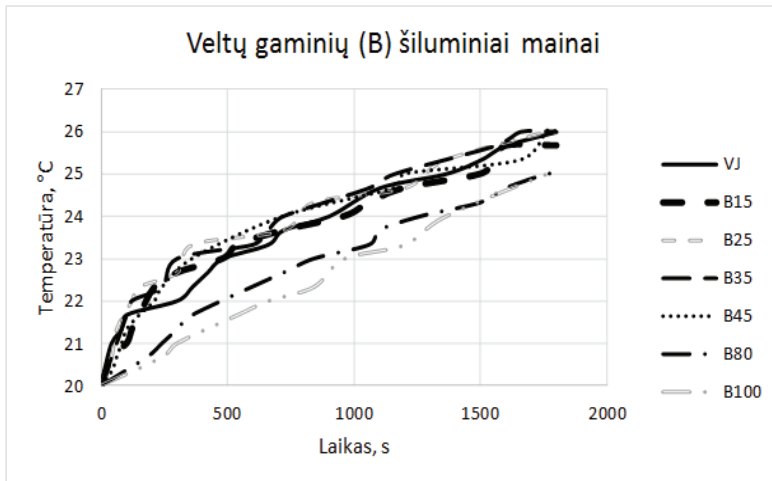
Be to, rasta, kad veltinis VJ100 pro paviršių šilumą į aplinką praleidžia greičiausiai, o veltinis JT100 – lėčiausiai (3.15 pav.). Kitaip tariant, veltinis VJ100 pro paviršių į aplinką 22 °C šilumą praleido jau po 300 s, o veltinis JT100 – tik 20,5 °C šilumą. Ši tendencija yra nuosekli, nes po 1000 s VJ100 praleido jau 24,4 °C, o JT100 tuo pačiu metu praleidžiama šiluma nesiekė nei 22 °C.

Veltinių VJ100 ir JT100 tuo pačiu metu (po 750 s ir 1800 s) pro paviršių į aplinką praleidžiama šiluma tarpusavyje maksimaliai skiriasi apie 2,5 °C. Svarbu ir tai, kad veltinis JT80 pro paviršių į aplinką iki 1000 s praleido panašią šilumą, kaip ir JT15, JT25, JT35 ar JT45, tačiau nuo 1000 s laiko šis veltinis jau išsiskyrė iš Jorkšyro terjero veltinių grupės ir iki pat 1800 s šiluminėmis savybėmis nusileido tik veltinui JT100.

Nustatyta, kad vidutinis Jorkšyro terjero veislės šunų plaukų ir Vokietijos juodgalvių avių vilnos plaukelių skersmuo yra labai panašus 29,55–30,00 μm, todėl Jorkšyro terjero veislės šunų plaukų procentinio kiekio didinimas neturi įtakos vidutinei plaukelių skersmens vertei mišinyje, taigi ir veltinio tūrio pokyčiui. Atlikus duomenų analizę ir įvertinus gautų bandymų rezultatus galima teigti, kad nors Jorkšyro terjero veislės šuns plaukuose esančio kanalo santykinis dažnis yra nedidelis (6,6 proc.) ir kanalas užima iki 20 proc. plauko tūrio, tačiau, didinant procentinį šio pluošto kiekį mišinyje, veltiniai iš šių mišinių geriau sulaiko šilumą.

Nors santykinis kanalo dažnis bobteilo veislės šunų plaukuose yra beveik 10 kartų didesnis nei prieš tai aptartuose Jorkšyro terjero veislės šunų plaukuose, o ka-

nalo užimamas plotas plauko tūryje didesnis daugiau kaip 3 kartus, tačiau iš 3.16 pav. pateiktų šiluminių mainų kreivių matyti, kad, iki 45 proc. didinant šunų plaukų B procentinį kiekį veltinyje, jų šiluminių mainų procesas panašus į VJ100.



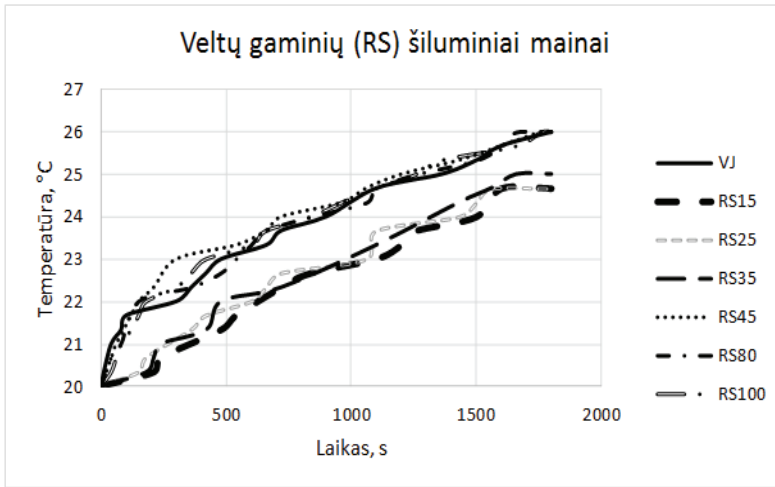
3.16 pav. Veltinių su bobteilo (B) plaukais šiluminių mainų kreivės

Kitaip tariant, nors plaukų B skerspjūvyje kanalas yra itin dažnai ir užima atitinkamai 68 proc. ir 56,58 proc. plauko tūrio dalį, tačiau veltiniai B25, B35 po 1800 s pro paviršius į aplinką praleido tokią pačią šilumą (26 °C), kaip ir veltinis VJ100. Be to, šilumos mainai pro veltinius B25 ir B35 į aplinką vyksta greičiau nei pro grynvilinį veltinį VJ100. Visai kitokios tendencijos nustatytos tiriant veltinius, kuriuose bobteilo plaukų yra daugiau. Rasta, kad veltiniai B80 ir B100 viso bandymo metu akivaizdžiai į aplinką atiduoda mažesnę šilumą, o pats šilumos atidavimo procesas yra lėtesnis nei veltinio iš 100 proc. Vokietijos juodgalvių avių vilnos (3.16 pav.). Išanalizavus visą bandymo laiką nusakančias šiluminių mainų kreives, nustatyta, kad veltinių VJ100 ir B100 tuo pačiu metu (po 750 s ir 1200 s) į aplinką praleidžiama šiluma tarpusavyje maksimaliai skiriasi apie 1,4 °C. Taigi galima konstatuoti, kad veltiniai su dideliu bobteilo veislės šunų plaukų procentiniu kiekiu pasižymi geresnėmis šiluminėmis savybėmis nei grynviliniai veltiniai.

Kaip jau buvo aptarta ankstesniuose skyreliuose, baltyminiai pluoštai VJ ir B tarpusavyje labiausiai skyrėsi vidutinėmis skersmens (30 μm ir 52 μm) ir ilgio (88 mm ir 139 mm) vertėmis. Manoma, kad šie geometriniai pluoštų skirtumai galėjo turėti įtakos veltinių su mažesniu bobteilo plaukų kiekiu šiluminių mainų rezultatams (3.16 pav.). Cituojant G. Pupšienę, kuri šio tyrimo metu profesionaliai pagamino tiriamuosius veltinius, labai skirtingo skersmens plaukeliai veltinyje sunkiau susikabina, o dalis plaukelių dažnai tiesiog išbyra vėlimo metu. Todėl, mišinyje esant maksimaliam procentiniam vienodo skersmens plaukelių skaičiui (B80 ir B100), veltiniai iš šių mišinių pasižymi daug geresnėmis šiluminėmis savybėmis.

Kaip matyti iš 3.17 pav., veltiniai su 15 proc., 25 proc. ir 35 proc. rusų spanielio plaukų šilumą sulaiko geriau nei veltiniai iš 100 proc. Vokietijos juodgalvių avių vilnos, tačiau, toliau proporcingai didinant rusų spanielio veislės šunų plaukų kiekį

mišinyje iki 45, 80 ir 100 proc., veltinių šiluminė izoliacija atitinkamai mažėja (3.17 pav.).



3.17 pav. Veltinių su rusų spanielio (RS) plaukais šiluminių mainų kreivės

Tokias tendencijas galima paaiškinti tuo, kad rusų spanielio plaukai yra ne tik ploniausi, bet ir trumpiausi iš visų naudotų veltiniuose, todėl, didinant šių plaukų procentinį kiekį mišinyje, karšimo metu jų galėjo išbyrėti daugiau nei Jorkšyro terjero ir bobteilo veislės šunų plaukų. Be to, SEM padarytos nuotraukos parodė, kad nors šios veislės šunų plaukų paviršiuje esantys žvyneliai ir yra dažniau pasiskirstę plauko paviršiuje, tačiau jie yra ir nuožulnesni. Taigi tikėtina, kad tokie plaukeliai tarpusavyje tvirtai nesukimba, todėl trumpi ir ploni plaukeliai dar lengviau pašalinami karšimo metu. Taigi veltinių su rusų spanielio plaukais analizė parodė, kad, renkant komponentus iš baltyminių pluoštų veltoms medžiagoms gaminti, labai svarbu įvertinti ne tik jų skersmenį bei ilgį, bet ir morfologinius pluoštų ypatumus bei sandarą.

Apibendrinimas. Veltinių iš skirtingų baltyminių pluoštų šiluminių mainų procesas priklauso ne tik nuo pluošto geometrinių savybių – skersmens ir ilgio, bet ir šunų veislės, jų plaukų morfologijos, santykinio kanalo dažnio plauko skerspjūvyje ir ypač nuo procentinio plaukelių kiekio mišinyje. Svarbu ir tai, kad skirtingo skersmens plaukeliai tarpusavyje sunkiau susivelia, todėl jų daugiau išbyra vėlimo metu. Taigi rekomenduotina veltiniuose naudoti panašaus skersmens baltyminius pluoštus. Atlikus veltų gaminių šiluminių mainų kreivių analizę nustatyta, kad gyvūno veislė, pluošto kokybės rodikliai ir procentinis pluošto kiekis mišinyje turi įtakos veltinių šiluminėms savybėms. Išmatuota, kad veltiniai VJ100 ir RS100 šiluminių mainų tyrimo pabaigoje (po 1800 s) pro paviršių į aplinką praleido 26 °C šilumą, veltinis B100 mažesnę – 25 °C, o veltinis JT100 tik 23,5 °C šilumą. Veltiniai su Jorkšyro terjero, maksimaliais bobteilo ir minimaliais bei vidutiniais rusų spanielio kiekiais mišinyje į aplinką praleidžia mažesnę šilumą, o šiluminiai mainai pro jų paviršių į aplinką yra lėtesni nei veltinių iš 100 proc. Vokietijos juodgalvių avių vilnos.

3.7. Megztų medžiagų ir veltinių iš avių vilnos ir šunų plaukų naudojimo rekomendacijos

Kaip jau buvo minėta įvade, medžiagų su šunų plaukais paklausa pastaruoju metu itin išaugusi, tačiau šie natūralūs pluoštai vis dar nėra tinkamai išnaudojami. Be to, kaip parodė šio darbo tyrimų rezultatai, šunų plaukai puikiai dera mišiniuose su avių vilna, todėl gali būti perdirbami pramoniniais technologiniais įrenginiais tiek gaminant kočiotinius verpalus, tiek skirtingas tekstilės medžiagas. Ypač svarbu ir tai, kad šiame darbe pagaminti gaminiai yra 100 proc. draugiški gamtai, todėl jų panaudojamumo populiarinimas yra visuomeniškai skatintina ir sveikintina akcija. Kaip žinoma, kočiotiniai verpalai yra labai plačiai naudojami tiek buitinės, tiek techninės paskirties gaminiuose. Įvertinus šio tyrimo metu gautų kočiotinių verpalų, mezginių ir veltinių geometrinių, mechaninių ir šiluminių savybių rezultatus, nustatyta, kad šio darbo metu pagamintos tekstilės medžiagos galėtų būti labai įvairiai pritaikomos.

Iš įvairiomis procentinėmis sudėtimis tarpusavyje sumaišytų avių vilnos ir šunų plaukų pagaminti mišiniai tinkami suformuoti veltas medžiagas, kurios gali būti naudojamos kaip įdėklai į kambarines šlepetes ar batus, įdėklai į vaikiškus vėžimėlius, viršutiniai drabužiai, šilumą sulaikančios talpos (pvz., pienui rauginti) ir t. t. Iš tokių mišinių pagamintų kočiotinių verpalų gali būti mezgamos kojinės (skirtos žmonėms, kurių prasta kraujotaka ir nuolat šąla galūnės), kepurės, šalikai, pirštinės, movos, viršutinės storos kelnės, megztiniai, skraistės, paltai. Iš kočiotinių verpalų su šunų plaukais taip pat būtų galima pagaminti pledus, kilimus, kūdikių nešioklas.

Itin svarbi ir akcentuotina sritis – natūralioji medicina. Šio tyrimo gauti rezultatai parodė, kad veltiniai su šunų plaukais JT ir B geriau sulaiko šilumą nei veltiniai iš avių vilnos pluošto VJ. Taigi megzti ir velti gaminiai su minėtų veislių šuns plaukais gali būti pritaikomi kaip antkeliai ir riešinės, skirti žmonėms, sergantiems reumatinėmis ligomis. Tokie tekstilės gaminiai galėtų būti puikūs šildomąjį poveikį turintys korsetai ar nugaros juostos; apykaklės, skirtos kaklo skausmams gydyti.

Taigi šiame darbe atlikti tyrimai ir jų metu gauti rezultatai ne tik leidžia teigti, kad tirtos medžiagos su šunų plaukais gali būti labai įvairiapusėms pritaikomos ir panaudojamos, tačiau ir pateiktį pagrįstas technologines gamybos rekomendacijas.

Ribinis procentinis šunų plaukų kiekis mišinyje kočiotiniuose verpaluose yra 45 proc. Procentinį šunų plaukų kiekį padidinus, atsiranda įvairių neigiamų technologinės eigos trukdžių, pvz., karštuvų būgnas apsivelia šunų plaukais; dėl šunų plaukų slidumo sumažėja karšinio įtempimas ir t. t.

Šunų plaukų paviršius pasižymi nuožulnesniais žvyneliais, o tai nulemia prastą plaukelių sukibimą tarpusavyje. Siekiant padidinti komponentų (avies vilnos ir šunų plaukų) sukibimą mišinyje, būtina avies vilną rinktis tokią, kuri pasižymėtų tankiu žvynelių pasiskirstymu plauko paviršiuje.

Atrenkant komponentus veltiniams gaminti, būtina įvertinti pluoštų geometrinius ir morfologinius rodiklius. Pluoštai, pasižymintys vienodu skersmeniu ir ilgiu, veltinyje sudarys tvirtesnę konstrukciją ir neišbyrės, o kanalas plauko skerspjuvyje turės įtakos geresnėms veltinio šiluminėms savybėms.

IŠVADOS

1. Nustatyta, kad tirtų Vokietijos juodgalvių ir Romanovų veislių avių vilnos bei pudelio, ši cu, bobteilo, flamandų buvjė, anglų, amerikiečių ir rusų spanielio bei Jorkšyro terjero veislių šunų plaukų skerspjūvis yra netaisyklingo apskritimo formos, plaukelių paviršius padengtas žvyneliais, kurių pasiskirstymo dažnis plauko paviršiuje skiriasi, o šunų plaukelių (išskyrus flamandų buvjė šunų veislę) skerspjūvyje yra tušciaaviduriai arba korėti įvairaus pasiskirstymo dažnio per plauko ilgį kanalai. Rasta, kad kanalo dažnis skirtingų veislių šunų plaukelių skerspjūvyje siekia 61,5 proc., o kanalo užimamas tūris – 68,0 proc.
2. Nustatyta, kad Vokietijos juodgalvių avių vilnos FTIR absorbcijos smailės yra 2920–2850 cm^{-1} ir 1643 cm^{-1} regionuose, o šunų plaukų FTIR spektrai yra intensyvesni 2958 cm^{-1} , 1651–1646 cm^{-1} ir 1514–1537 cm^{-1} smailių regionuose. Kristalografines smailės ir difrakciniai maksimumai rasti ties $2\theta = 9,04 \sim 9,08^\circ$ ir $2\theta = 20,58 \sim 20,68^\circ$, tirtų baltyminių pluoštų kristalizacijos laipsnis kinta 7–30 proc. Procentinis anglies, deguonies ir azoto kiekis avių vilnos ir šunų plaukų cheminėje sudėtyje yra tos pačios eilės, atitinkamai: C $\sim 45 \pm 3,0$ proc., H $\sim 6 \pm 0,3$ proc. ir N $\sim 14,6 \pm 1,0$ proc.
3. Rasta, kad tirtų pluoštų skersmuo kinta nuo 22,10 μm iki 48,80 μm , o ilgis svyruoja 25,2–139,6 mm. Vokietijos juodgalvių ir Romanovų veislių avių vilnos eksperimentinis ilginis tankis yra panašus (1,04–1,28 tex), o skirtingų veislių šunų plaukų ilginis tankis svyruoja 0,57–3,08 tex. Nustatyta, kad eksperimentinės ir teorinės pluoštų ilginio tankio vertės skiriasi 2,8–17,6 proc.
4. Nustatyta, kad tirtų pluoštų savitoji trūkimo jėga kinta nuo 9,91 cN/tex iki 43,19 cN/tex, santykinė trūkimo ištįsa yra 34,40–54,63 proc., o savitasis trūkimo darbas svyruoja 0,32–1,47 kJ/tex. Tirtų šunų plaukų santykinė trūkimo ištįsa yra 6–21 proc. didesnė nei Vokietijos juodgalvių avių vilnos pluošto. Pudelio, flamandų buvjė, anglų spanielio ir Jorkšyro terjero veislių šunų plaukų mechaniniai rodikliai priklauso ne tik nuo jų skersmens ir ilgio, bet ir nuo plaukelio morfologijos, santykinio kanalo dažnio plauko skerspjūvyje bei kanalo tipo, tačiau ši cu ir bobteilo veislės šunų plaukų mechaniniams rodikliams, be struktūros rodiklių, didžiausią įtaką turi plauko morfologija.
5. Įvertinus tirtų baltyminių pluoštų morfologiją, geometrinių ir mechaninių rodiklių tyrimų rezultatus, nustatyta, kad Vokietijos juodgalvių avių vilna ir pudelio, ši cu, bobteilo, anglų spanielio, Jorkšyro terjero ir flamandų buvjė veislių šunų plaukai yra tinkami mišiniams sudaryti, o iš jų pagaminti kočiotiniai verpalai toliau gali būti naudojami gaminant mezginius: verpimas žiediniu verptuvu „P-114-Š“ ir mezgimas kojinių mezgimo automatu „Irmac“ (Italija) technologinių sunkumų nesudarė.
6. Nustatyta, kad kočiotiniai Vokietijos juodgalvių avių vilnos verpalai pasižymi 2,51 cN/tex savitosios trūkimo jėgos, 10,9 proc. santykinės trūkimo ištįsos ir 1,06 kJ/tex savitojo trūkimo darbo vidutinėmis vertėmis. Verpalų su šunų plaukais savitosios trūkimo jėgos, santykinės trūkimo ištįsos ir savitojo trūkimo darbo vertės atitinkamai kito 1,53–3,81 cN/tex, 8,9–17,8 proc., 0,58–2,57 kJ/tex. Gauta,

kad, anglų spanielio ir Jorkšyro terjero veislių šunų plaukų procentinį kiekį mišinyje didinant nuo 15 proc. iki 45 proc., ši cu nuo 25 proc. iki 35 proc. ir pudelio nuo 15 proc. iki 35 proc., kočiotinių verpalų iš tų mišinių savitoji trūkimo jėga, santykinė trūkimo ištįsa ir savitasis trūkimo darbas mažėja. Į pluoštų mišinį įdėjus vos 15 proc. ši cu ar pudelio veislės šunų plaukų, verpalų iš šių mišinių mechaninių rodiklių vertės padidėja 1,3–1,6 karto, o net ir 45 proc. šunų plaukų priedas mišinyje nepablogina verpalų su jais mechaninių savybių, palyginti su verpalais iš 100 proc. Vokietijos juodgalvių avių vilnos.

7. Eksperimentais nustatyta, kad, pramoniniu būdu gaminant kočiotinius verpalus, ribinis procentinis šunų plaukų kiekis mišinyje yra 45 proc. Neviršijus šio šunų plaukų kiekio mišiniuose, verpalai gali būti gaminami įprasta kočiotinei verpimo sistemai gamybos technologija, kaip ir grynvilniai kočiotiniai verpalai.
8. Nustatyta, kad lygiojo skersinio pynimo mezginių iš kočiotinių verpalų su Jorkšyro terjero, anglų spanielio, pudelio ir ši cu veislės šunų plaukais šiluminis laidumas ir varža bei laidumas orui nepriklauso nuo mišinio procentinės sudėties. Didinant procentinį šunų plaukų kiekį mišiniuose iki 45 proc., funkcinių mezginių savybių kitimo tendencijų nenustatyta.
9. Nustatyta, kad veltinių iš skirtingų baltyminių pluoštų šiluminių mainų procesas priklauso ne tik pluošto geometrinių savybių – skersmens ir ilgio, bet ir nuo šunų veislės, jų plaukų morfologijos, santykinio kanalo dažnio plauko skerspjūvyje ir ypač nuo procentinio šunų plaukelių kiekio mišinyje. Veltiniai su Jorkšyro terjero, maksimaliais bobteilo ir minimaliais bei vidutiniais rusų spanielio kiekiais mišinyje geriau sulaiko šilumą, o šiluminiai mainai per juos yra lėtesni nei veltinių iš 100 proc. Vokietijos juodgalvių avių vilnos.
10. Rekomenduojama veltiniams gaminti naudoti pudelio, ši cu, bobteilo, angų, amerikiečių ar rusų spanielio bei Jorkšyro terjero veislės šunų plaukus, kurių skerspjūvyje yra kanalai, nes jie dažniausiai pagerina veltinio šiluminės savybės. Parenkant komponentus veltiniams labai svarbu įvertinti pluoštų geometrinius ir morfologinius rodiklius: vidutinį pluoštų skersmenį ir ilgį, žvynelių pasiskirstymo dažnį plauko paviršiuje, vidutinį kanalo skersmenį bei santykinį kanalo dažnį plauko skerspjūvyje.

LITERATŪROS SARAŠAS

1. AHMAD, S., KHAN, M. S., and M. F. KHAN. Factors affecting wool characteristics of Kari sheep in Pakistan. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*. 2010, 34(6), 485-492. ISSN 1303-6181.
2. AMBER, R. R., et al. Thermal and moisture transfer properties of sock fabrics differing in fiber type, yarn, and fabric structure. *Textile Research Journal*. 2015, 85(12), 1269-1280. ISSN 0040-5175.
3. ALUIGI, A., et al. Study on the structure and properties of wool keratin regenerated from formic acid. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2007, 41(3), 266-273. ISSN 0141-8130.
4. ATAV, R., and R. YURDAKUL. Low temperature dyeing of plasma treated luxury fibres. Part I: results for Mohair (Angora goat). *Fibres & textiles in Eastern Europe*. 2011, 2(85), 84-89. ISSN 1230-3666.
5. ATAV, R., and F. TÜRKMEN. Investigation of the dyeing characteristics of alpaca fibers (Huacaya and Suri) in comparison with wool. *Textile Research Journal*. 2015, 85(13), 1331-1339. ISSN 0040-5175.
6. BABA, T., and N. NAGASAWA. Recovery of surface properties of damaged wool fibers. *Textile Research Journal*. 2001, 71(10), 885-890. ISSN 0040-5175.
7. BAHI, A., et al. Surface Characterization of Chemically Modified Wool. *Textile Research Journal*. 2007, 77(12), 937-945. ISSN 0040-5175.
8. BASU, A. Yarn structure – properties relationship. *Indian Journal of Fibres & textile Research*. 2009, 34(3), 287-294. ISSN 0975-1025.
9. BIVAINYTĖ, A., and D. MIKUČIONIENĖ. Investigation on the Dynamic Water Absorption of Double-Layered Weft Knitted Fabrics. *Fibres & textiles in Eastern Europe*. 2011a, 6(89), 64-70. ISSN 1230-3666.
10. BIVAINYTĖ, A., and D. MIKUČIONIENĖ. Investigation on the Air and Water Vapour Permeability of Double-Layered Weft Knitted Fabrics. *Fibres & textiles in Eastern Europe*. 2011b, 3(86), 69-73. ISSN 1230-3666.
11. BIVAINYTĖ, A., MIKUČIONIENĖ, D., and D. MILAŠIENĖ. Influence of the Knitting Structure of Double Layered Fabrics on the Heat Transfer Process. *Fibres & textiles in Eastern Europe*. 2012, 2(91), 40-43. ISSN 1230-3666.
12. BERGER, Y. M., and C. J. LUPTON. Wool characteristics of Romanov × Targhee Crossbred ewes in comparison to Finn × Targhee Crossbred ewes. *Sheep & Goat Research Journal*. 1994, 10(2), 120-123. ISSN 1535-2587.
13. BLACK, N., et al. Effect of physical processing on the wool fibre surface. *Textile Research Journal*. 2001, 71(10), 911-915. ISSN 0040-5175.
14. BOTHA, A. F., and L. HUNTER. The effect of coarse edge on wool spinning performance and yarn properties. *South African Journal of Science*. 2007, 3/4, 174-176. ISSN 1996-7489.
15. BROECK, W., MORTIER, P., and P. SIMOEN. Scanning electron microscopy study of different hair types in various breeds of rabbits. *Folia Morphologica*. 2001, 60(1), 33-40. ISSN 0015-5659.
16. BUIKA, G., GETAUTIS, V., MARTYNAITIS, V., and K. RUTKAUSKAS. *Spectroscopy of organic compounds*. Kaunas: Vitae Litera, 2007.
17. CAO, J., and C. A. BILLOWS. Crystallinity determination of native and stretched wool by X-ray diffraction. *Polymer International*. 1999, 48, 1027-1033. ISSN 1097-0126.
18. CAO, J., and A. Y. BHOYRO. Structural Characterization of Wool by Thermal Mechanical Analysis of Yarns. *Textile Research Journal*. 2001, 71(1), 63-66. ISSN 0040-5175.

19. CHURCH, J. S, CORINO, G. L., and A. L. WOODHEAD. The Analysis of Merino wool Cuticle and Cortical Cells by Fourier Transform Raman Spectroscopy. *Biopolymers*. 1997, 42(1), 7-17. ISSN 1097-0282.
20. COATES, W., and AYERZA, R. Comparison of llama fiber obtained from production regions of Argentina. *Journal of Arid Environments*. 2004, 58(4), 513-524. ISSN 0140-1963.
21. CZAPLINSKI, Z. Properties and structures of polish alpaca wool. *Fibres & textiles in Eastern Europe*. 2012, 1(90), 8-12. ISSN 1230-3666.
22. CZAPLINSKI, Z., and K. RUSZKOWSKI. Optimization of Scouring Alpaca Wool by Ultrasonic Technique. *Journal of Natural Fibers*. 2014, 12(2), 169-183. ISSN 1544-046X.
23. CZEKALSKI, J., CYNIAK, D., JACKOWSKI, T., and K. SIERADZKI. Quality of wool – type compact yarns from twisted and rubbed roving. *Fibres & textiles in Eastern Europe*. 2007, 3(62), 38-44. ISSN 1230-3666.
24. ÇORUH, E. Optimization of Comfort Properties of Single Jersey Knitted Fabrics. *Fibres & textiles in Eastern Europe*. 2015, 4(112), 66-72. ISSN 1230-3666.
25. ČIUKAS, R., and J. ABRAMAVIČIŪTĖ. Investigation of the Air Permeability of Socks Knitted from Yarns with Peculiar Properties. *Fibres & textiles in Eastern Europe*. 2010, 1(78), 84-88. ISSN 1230-3666.
26. ČIUKAS, R., ABRAMAVIČIŪTĖ, J., and P. KERPAUSKAS. Investigation of the Thermal Properties of Socks Knitted from Yarns with Peculiar Properties. Part I. Thermal Conductivity Coefficient of Socks Knitted from Natural and Synthetic textured Yarns. *Fibres & textiles in Eastern Europe*. 2010, 3(80), 89-93. ISSN 1230-3666.
27. ČIUKAS, R., ABRAMAVIČIŪTĖ, J., and P. KERPAUSKAS. Investigation of the Thermal Properties of Socks Knitted from Yarns with Peculiar Properties. Part II: Thermal Resistance of Socks Knitted from Natural and Stretch Yarns. *Fibres & textiles in Eastern Europe*. 2011, 3(86), 64-68. ISSN 1230-3666.
28. ČUBRIĆ, I. S., SKENDERI, Z., MIHELIĆ-BOGDAVIĆ, A., and M. ANDRASSY. Experimentl study of thermal resistance of knitted fabrics. *International Journal of Experimental Heat Transfer, Thermodynamics, and Fluid Mechanics*. 2012, 38, 223-228. ISSN 0894-1777.
29. DENG, C., WANG, L., and X. WANG. Diameter variations of irregular fibers under different tensions. *Fibers and Polymers*. 2007, 8(6), 642-648. ISSN 1229-9197.
30. DICK, J. L., and R. M. W. SUMNER. Development of fibre and follicle characteristics related to wool bulk in Perendale sheep over the first year of life. *Proceedings of the New Zeland Society of Animal Production*. 1996, 56, 314-318. ISSN 1176-5283.
31. EDRISS, M. A., et al. A study on same physical attributes of Naeini sheep wool for textile industry. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2007, 10(3), 415-420. ISSN 1028-8880.
32. ENCIU, A., et al. Estimates of morphological structure of fleece and variation of wool qualitative traits on different body regions of palas meat line sheep. *The Journal Lucrari Stiintifice – seria Zootehnie*. 2007, 53(15), 370-376. ISSN 2067-2330.
33. ERAT, S., and Ş. ARIKAN. The hair characteristics of Turkish angora and Van cats. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*. 2012, 36(3), 215-221. ISSN 1303-6181.
34. ESLAHI, N., DADASHIAN, F., and N. H. NEJAD. An investigation on kerton extraction from wool and feather waste by enzymatic hydrolysis. *Preparative Biochemistry and Biotechnology*. 2013, 34(6), 624-648. ISSN 1532-2297.

35. ESPINOZA, E. O., BAKER, B. W., MOORES, T. D., and D. VOIN. Forensic identification of elephant and giraffe hair artifacts using HATR FTIR spectroscopy and discriminant analysis. *Endangered Species Research*. 2008, 9(3), 239-246. ISSN 1613-4796.
36. FANGUEIRO, R., GONÇALVES, P., SOUTINHO, H., and C. FREITAS. Moisture management performance of multifunctional yarns based on wool fibers, *Indian Journal of Fibres & textile Research*. 2009, 34(4), 315-320. ISSN 0975-1025.
37. FANGUEIRO, R. M. E. S., SOUTINHO, H. F. C., and C. FREITAS. Moisture management performance of multifunctional yarns based on wool fibers. *Journal of Advanced Materials Research*. 2010, 123(125), 1247-1250. ISSN 1662-8985.
38. FERRY, A., et al. Thermal Properties of Wool Fabrics Treated in Atmospheric Pressure Post-Discharge Plasma Equipment. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. 2012, 7(3), 75-81. ISSN 1558-9250.
39. FLEET, M. R., MILLINGTON, K. R., SMITH, D. H., and R. J. GRIMSON. Association of fibre diameter with wool colour in a South Australian selection flock. *Proceedings of Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics 30th Anniversary Conference, September 27- October 2, Barossa Valley, Australia*. 2009, 18, 556-559. ISSN 1328-3227.
40. FONOLLOSA, J., et al. X-ray diffracton analysis of internal wool lipids. *Chemistry and Physics of Lipids*. 2004, 130(2), 159-166. ISSN 0009-3084.
41. GAO, J., YU, W., and N. PAN. Structures and Properties of the Goose Down as a Material for Thermal Insulation. *Textile Research Journal*. 2007, 77(8), 617-626. ISSN 0040-5175.
42. GREEFF, J. C., SCHLINK, A. C., and M. E. DAWLING. Inheritance of yarn shrinkage of Merino wool. *Proceedings of 16th Biennial Conference of the Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics 2005: Application of New Genetic Technologies to Animal Breeding, September 25-28, Queensland, Australia*. 2005, 16, 318-321. ISSN 1328-3227.
43. GREER, J. S. Evaluation of non-traditional animal fibers for use in textile products: *Degree of Master of Science: Department of textile Apparel Technology & Management, Graduate Faculty, North Carolina State University*. Raleigh, 2003.
44. GREER, S., BANKS-LEE, P., and M. JONES. Physical and Mechanical Properties of Chiengora Fibers. *AATCC Review*. 2007, 42-46. ISSN 1018-7081.
45. GRIGAITYTĖ, S., and A. RAGAIŠIENĖ. Audinių su fasoniniais siūlais dilinimo ir laidumo orui tyrimas. *Konferencijos „Gaminių technologijos ir dizainas 2011“ pranešimų medžiagoje, Balandžio 29, Kaunas, Lietuva*. 2011. 216-220. ISSN 1822-492X.
46. GOUDARZI, G., SEPEHRIZADEN, Z., YAZDI, M. T., and M. JAMSHIDIHA. Comparison of surface modification of wool fibres using pronase, trypsin, papain and pepsin. *Fibres & textiles in Eastern Europe*. 2008, 3(68), 90-92. ISSN 1230-3666.
47. GUNESOGLU, S. MERIC, B., and C. GUNESOGLU. Thermal Contact Properties of 2-Yarn Fleece Knitted Fabric. *Fibres & textiles in Eastern Europe*. 2005, 2(50), 46-50. ISSN 1230-3666.
48. GUPTA, N. P., SHAKYAWA, D. B., and R. D. SINHA. Influence of fibre diameter and medullation on woollen spun yarns and their products. *Indian Journal of Fibres & textile Research*. 1998, 23(1), 32-37. ISSN 0975-1025.
49. GUPTA, D., SRIVASTAVA, A., and S. KALE. Thermal properties of single and double layer fabric assemblies. *Indian Journal of Fibres & textile Research*. 2013, 38(4), 387-394. ISSN 0975-1025.

50. GUPTA, D., KOTHARI, V. K., and Y. JHANJI. Heat and moisture transport in single jersey plated fabrics. *Indian Journal of Fibres & textile Research*. 2014, 39(2), 115-121. ISSN 0975-1025.
51. GUTIÉRREZ, J. P., et al. Genetic parameters for growth of fiber diameter in alpacas. *Journal of Animal Science*. 2011, 89(8), 2310-2315. ISSN 1525-3163.
52. HAJI, A. Antibacterial Dyeing of Wool with Natural Cationic Dye Using Metal Mordants. *Materials Science*. 2012, 18(3), 267-270. ISSN 1392-1320.
53. HAJILARIA, M., ASHJARANB, A., and M. HOSEINKHANIB. Study on effects of mordant on tenacity of carpets piles. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2012, 3(4), 338-345. ISSN 0975-8585.
54. HELAL, A., and A. M. FAYED. Wool characteristics of sheep fed onhalophyte plants ensiled by some biological treatments. *Proceedings Book of 4th International Scientific Conference on Small Ruminant Development, September 3-7, 2012, Sharm El Shiekh, Egypt*. 2013, 8(1), 131-139. ISSN 2090-0368.
55. HERRMANN, S., WORTMANN, G., and F. J. WORTMANN. Characteristics of angora rabbit fibre 1- the influence of fibre origin on fibre and medulla diameter in angora wool. *World Rabbit Science*. 1996, 4(3), 149-153. ISSN 1989-8886.
56. HSIEH, S. H., HUANG, Z. K., HUANG, Z. Z., and Z. S. TSENG. Antimicrobial and physical properties of woolen fabrics cured with citric acid and chitosan. *Journal of Applied Polymer Science*. 2004, 94(5), 1999-2007. ISSN 1097-4628.
57. УРУДЖЕВ, Р. С., ДЕМИРОВА, А. Ф., and Г. Д. БАБАЕВА. Особенности теплофизических свойств кератина шерсти. *Текстильная Промышленность*. 2004, 48-49.
58. JONAITIENĖ, V. The influence of a two-card unit and three-card unit on the irregularity of wool yarn. *Fibres & textiles in Eastern Europe*. 2009, 5(76), 31-34. ISSN 1230-3666.
59. JUN, Y., PARK, C. H., SHIM, H., and T. J. KANG. Thermal Comfort Properties of Wearing Caps from Various textiles Prickle. *Textile Research Journal*. 2009, 79(2), 179-189. ISSN 0040-5175.
60. KADAM, V. V., GOUD, V., and D. B. SHAKYAWAR. Ultrasound scouring of wool and its effect on fibre quality. *Indian Journal of Fibre & textile Research*. 2013, 38(4), 410-414. ISSN 0975-1025.
61. KAMEL, M. M., ABDELGHAFAR, F., and M. M. EL-ZAWAHRY. Eco-friendly dyeing of wool with mixture of natural dyes. *Journal of Natural Fibers* . 2011, 8(4), 289-307. ISSN 1544-046X.
62. KAN, C. W. Surface morphological study of low temperature plasma treated wool – a time dependence study, *Modern Research and Educational Topics in Microscopy* . 2007, 2, 683-689. ISBN-13: 978-84-611-9420-9.
63. KAN, C. W., CHAN, K., and M. C. YUEN. Surface analysis of plazma treated wool. *Research Journal of textile and Apparel*. 1998, 2(1), 63-73. ISSN 1560-6074.
64. KAN, C. W., and C.W.M. YUEN. A comparative study of wool fiber surface modified by physical and chemical methods. *Fibers and Polymers*. 2009, 10(5), 681-686. ISSN 1229-9197.
65. KAN, C. W., YUEN, C. W. M., CHAN, C. K., and M. P. LAU. Effect of surface treatment on the properties of wool fabric. *Surface Review and Letters*. 2007, 14(4), 559-563. ISSN 1793-6667.
66. KAZLAUSKAITĖ, V. *Veltinis*. Vilnius: Žuvėdra, 2008.

67. KING, A. L., and K. R. MILLINGTON. Trace Metals in Fleece Wool and Correlations with Yellowness. *Biological Elemental Trace Research*. 2013, 151, 365-372. ISSN 1559-0720.
68. KOHARA N., KANEI, M., and T. NAKAJIMA. Effect of reduction and succinylation on water absorbance of wool fibres. *Textile Research Journal*. 2001, 71(12), 1095-1098. ISSN 0040-5175.
69. KONG, J., and S. YU. Fourier Transform Infrared Spectroscopic Analysis of Protein Secondary Structures. *Acta Biochimica et Biophysica Sinica*. 2007, 39(8), 549-559. ISSN 1672-9145.
70. KORYZKI, R., and A. WIĘZOWSKA. Relation Between Basic Structural Parameters of Knitted Fur Fabrics and Their Heat Transmission Resistance. *Fibres & textiles in Eastern Europe*. 2008, 3(68), 84-89. ISSN 1230-3666.
71. KUKCINAVIČIŪTĖ, J., JONAITIENĖ, V., and R. ABROMAVIČIUS. Pusverpių įtaka vilnonių ir pusvilnonių verpalų kokybei. *Konferencijos „Gaminių dizainas ir technologijos 2007“ pranešimų medžiagoje. Kaunas, Lietuva, 2007*, 35-38. ISSN 1822-492X.
72. KUŹMICKA, E., and A. GRONDKOWSKA. The quality of camel wool held in the Tunisian Sahara Desert. *Annals of Warsaw University of Life Sciences, Animal Science*. 2013, 52, 91-94. ISSN 1898-8830.
73. KUMAR, P., NAGARAJU, S. C., PRAGASAM, A. J. A., and G. RAMGOPAL. Diffusion of fluorescent dye molecules in white wool fibers. *International Journal of Scientific & Engineering Research*. 2013, 4(6), 1622-1626. ISSN 2229-5518.
74. KWAK, S. A., LEE, J. Y., LEE, D. H., and B. S. JEON. Mechanical properties of wool fibre in the stretch breaking process. *Fibers and Polymers*. 2007, 8(1), 130-133. ISSN 1229-9197.
75. LAGERSKÁ, J., LIZÁK, P., DROBNÝ, M., and J. LIGAS. Electrical properties of wool fibre in the stretch breaking process. *University Review*. 2012, 6(2), 52-57. ISSN 1337-6047.
76. LEWANDOWSKI, S. Neutral network classification of the unknotted joints of yarn ends. *Fibres & textiles in Eastern Europe*. 2011, 3(86), 37-43. ISSN 1230-3666.
77. LI, Q., et al. Thermal and mechanical properties of ultrasonically treated wool. *Textile Research Journal*. 2011, 82(2), 195-202. ISSN 0040-5175.
78. LI, Q., HURREN, C. J., and X. WANG. Changes in wool protein structure and fabric properties with ultrasonic treatment. *Smartex Research Journal*. 2012, 1(1), 48-55. ISSN 2090-6358.
79. LI, S., and X. WANG. Fabrication and Characterization of Electrospun Wool keratin/Poly (vinyl alcohol) Blend Nanofibers. *Advances in materials Science and Engineering*. 2014, 1-7. ISSN 1687-8442.
80. LI, W., KE, G., LI, G., and W. XU. Study on the Structure and Properties of Viscose / Wool Powder Blended Fibre. *Fibres & textiles in Eastern Europe*. 2015, 1(109), 26-29. ISSN 1230-3666.
81. „Lietuvos avių augintojų asociacijos“ internetinis puslapis: <http://www.aviuaugintojai.lt/> [interaktyvus, žiūrėta 2013-04-05].
82. LIU, X., HURREN C. J., and X. WANG. The comparative study of the abrasion fatigue and resistance to compression properties of wool and alpaca fibres. *Proceedings of 11th International Wool Research Conference, September 4-9, 2005, Leeds, UK*. pp. 1-10.
83. LIU, X., and X. WANG. A comparative study on the felting propensity of animal fibers. *Textile Research Journal*. 2007, 77(12), 957-963. ISSN 0040-5175.
84. LONG, J. J., et al. Effect of treatment pressure on wool fiber supercritical carbon dioxide fluid. *Journal of Cleaner Production*. 2013, 43, 52-58. ISSN 0959-6526.

85. LONG, L., LEI, S., and J. GUIQIN. Properties of Wool Fibers Treated Under High-Temperature Water and Steam. *Journal of applied Polymer Science*. 2008, 109, 582-858. ISSN 1097-4628.
86. LUPTON, C. P., and F. A. PFEIFFER. Measurement of medullation in wool and mohair using Optical Fibre Diameter Analyser. *Journal of Animal Science*. 1998, 76(5), 1261-1266. ISSN 1525-3163.
87. MANDAGE, S. T., BHOSLE, N. S., and P. J. KAPADNIS. Study on wool follicular characteristic and s/p ratio in deccani sheep with reference to age. *Indian Journal of Animal Research*. 2007, 6(1), 33-38. ISSN 1695-971X.
88. MANICH, A. M., et al. Thermomechanical analysis of merino wool yarns. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 2005, 82(1), 119-123. ISSN 1572-8943.
89. MANTAREZ, M., LESSAN, F., PAJOOTAN, E., and F. DADASHIAN. Treatment of Bleached Wool with Trans-Glutaminases to Enhance Tensile Strength, Whiteness, and Alkali Resistance. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 2011, 165(2), 748-759. ISSN 1559-0291.
90. MONTAREZ, M., AMIRI, M. M., and R. M. A. MALEK. In Situ Synthesis and Characterization of Nano ZnO on Wool: Influence of Nano Photo Reactor on Wool Properties. *Photochemistry and Photobiology*. 2013, 89, 1057-1063. ISSN 1751-1097.
91. MATUKONIS, A., PALAIMA, J., and A. VITKAUSKAS. *Tekstilės medžiagotyra*. Vilnius: Mokslas, 1989.
92. MATUSIAK, M. Investigation of the Thermal Insulation Properties of Multi-layer textiles. *Fibres & textiles in Eastern Europe*. 2006, 5(59), 98-102. ISSN 1230-3666.
93. MCGREGOR, B. A., et al. Relationships between wearer assessment and the instrumental measurement of the handle and prickle of knitted wool. *Textile Research Journal*. 2015, 85(11), 1140-1152. ISSN 0040-5175.
94. MCGREGOR, B. A., and R. POSTLE. Mechanical Properties of Cashmere Single Jersey Knitted Fabrics Blended with High and Low Crimp Superfine Merino Wool. *Textile Research Journal*. 2008, 78(5), 399-411. ISSN 0040-5175.
95. MENGÜC, G. S., ÖZDİL, N., and L. HES. Prickle and handle properties of fabrics produced from specialty animal fibers. *Textile Research Journal*. 2015, 0(00), 1-13. ISSN 0040-5175.
96. MIKUČIONIENĖ, D., and D. MILAŠIENĖ. The Influence of Knitting Structure on Heating and Cooling Dynamic. *Materials Science*. 2013, 19(2), 174-177. ISSN 1392-1320.
97. MILAŠIUS, R. *Tekstilės eksperimento teorija ir praktika*. Kaunas: Technologija, 2011.
98. MONTES, M., et al. Quality characteristics of Huacaya alpaca fibre produced in the Peruvian Andean Plateau region of Huancavelica, *Spanish Journal of Agricultural Research*. 2008, 41(3), 188-191. ISSN 0976-0555.
99. NAEBE, M., et al. The effect of humidity and temperature on Wool ComfortMeter assessment of single jersey wool fabric. *Textile Research Journal*. 2013, 83(1), 83-89. ISSN 0040-5175.
100. NAEBE, M., MCGREGOR, B. A., SWAN, P., and D. TESTER. Associations between the physiological basis of fabric-evoked prickle, fiber and yarn characteristics and the Wool Comfort Meter value. *Textile Research Journal*. 2015, 85(11), 1122-1130. ISSN 0040-5175.
101. NAYLOR, G. R. S., STANSON, J. H., and J. SPEIJERS. Skin comfort of base layer wool garments. Part 2: Fiber diameter effects on fabric and garment prickle. *Textile Research Journal*. 2014, 84(14), 1506-1514. ISSN 0040-5175.

102. NEGAHDARI, S., and M. SALEHI. The survey on quantity and quality of hair produced by goats under fars province conditions, *Iranian Journal of Applied Animal Science*. 2012, 2(1), 27-32. ISSN 2251-631X.
103. NIU, M., et al. Molecular structure and properties of wool surface-grafted with nano-antibacterial materials. *Spectrochimica acta. Part A: Molecular spectroscopy, Molecular spectroscopy*. 2012, 86, 289-293. ISSN 0584-8539.
104. NING, P., TAO, H., and Q. YIPING. Relationship between fiber and yarn strength. *Textile Research Journal*. 2001, 71(11), 960-964. ISSN 0040-5175.
105. OĞLAKCIOĞLU, N., and A. MARMARALI. Thermal Comfort Properties of Some Knitted Structures. *Fibres & textiles in Eastern Europe*. 2007, 5/6(64/65), 94-96. ISSN 1230-3666.
106. OĞULATA, R. T. The Effect of Thermal Insulation of Clothing on Human Thermal Comfort. *Fibres & textiles in Eastern Europe*. 2007, 2(61), 67-72. ISSN 1230-3666.
107. ÖZDİL, N., MARMARALI, A., and S. D. KRETZSCHMAR. Effect of yarn properties on thermal comfort of knitted fabric. *International Journal of Thermal Sciences*. 2007, 46(12), 1318-1322. ISSN 1290-0729.
108. ÖZÇELİK, G., ÇAY, A., and E. KIRTAY. A study of the thermal properties of textured knitted fabrics. *Fibres & textiles in Eastern Europe*. 2007, 1(60), 55-58. ISSN 1230-3666.
109. PAN, N. Prediction of statistical strength of twisted fiber structures. *Journal of Material Sciences*. 1993, 28(22), 6107-6114. ISSN 1573-482X.
110. PATKOWSKA-SOKOLA, B., et al. The content of chosen chemical elements in wool of sheep of different origins and breeds. *Archiv Tierzucht Journal*. 2009, 52(4), 410-418. ISSN 0003-9438.
111. PAULAUSKIENĖ, A. *Maisto chemija. Laboratorinių darbų aprašas*. Akademija, 2012.
112. PETERSON, A. D., and S. G. GHERARDI. Comparison of the Sirolan Fleecescan and OFDA2000 for on-farm testing of fibre diameter. *Proceedings of the 24th Biennial Conference of the Australian Society of Animal Production, Adelaide, Australia*. 2002, 24, 173-176. ISSN 0728-5965.
113. PHILLIPS, C. J. C., CHIY, P. C., and H. M. OMED. The effects of cadmium in feed, and its amelioration with zinc, on element balances in sheep. *Journal of Animal Science*. 2004, 82(8), 2489-2502. ISSN 1525-3163.
114. ПРИМАЧЕНКО, Б. М., ПРИВАЛОВ, С. Ф., and Ф. Ч. АГАМОВ. Анализ состава шерстяных смесей для аппаратной пряжи технического назначения. *Текстильная Промышленность*. 2002, 34-36.
115. PUSZKARZ, A. M., and I. KRUZINSKA. The study of knitted fabric thermal insulation using thermography and finite volume method. *Textile Research Journal*. 2016, 0(00), 1-14. ISSN 0040-5175.
116. QI, K., LUPTON, C. J., PFEIFFER, F. A., and D. L. MINIKHIEM. Evaluation of the optical fibre diameter analyser (OFDA) for measuring fiber diameter parameters of sheep and goats, *Journal of Animal Science*. 1994, 72, 1675-1679. ISSN 1552-3163.
117. QURESHI, M. A., et al. Influence of genetic and non-genetic factors on quantity and quality of wool from sheep reared at rawalokot azad jammu and kashmir. *The Journal of Animal & Plant Sciences*. 2013, 23(1), 20-25. ISSN 1018-7081.
118. RADIVOJEVIC, D., STAMENKOVIC, M., STEPANOVIC, J., and D. TRAJKOVIC. Coherence analysis of the characteristics of wound woolen yarn deformation. *Fibres & textiles in Eastern Europe*. 2008, 4(69), 29-33. ISSN 1230-3666.
119. RAFAT, S. A., et al. Characteristics of Angora rabbit fiber using optical fiber diameter analyzer. *Journal of Animal Science*. 2007, 85(11), 3116-3122. ISSN 1525-3163.

120. RAGAIŠIENĖ, A., and D. MILAŠIENĖ. Mathematical Simulation of Elongation at Break after Fatigue Loading of Fabrics Containing Fancy Yarns. *Fibres & textiles in Eastern Europe*. 2013, 4(100), 67-74. ISSN 1230-3666.
121. RAGELIENĖ, L., TREIGIENĖ, R., and J. MUSNICKAS. Physical Properties of Human Hair Dyed Using Nonionic Surfactants. *Materials Science*. 2009, 15(3), 277-282. ISSN 1392-1320.
122. RAJA, A. S. M., et al. Feltability of coarse wool and its application as technical felt. *Indian Journal of Fibres & textile Research*. 2013, 38(4), 395-399. ISSN 0975-1025.
123. RAJA, A. S. M., SHAKYAWAR, D. B., and S. PARTHSARTHY. Manufacturing of blanket (Kambali) by traditional methods using Coimbatore sheep wool at Kalangal village. *Indian Journal of Traditional Knowledge*. 2008, 7(1), 79-82. ISSN 0975-1068.
124. ПАЗУМЕЕВ, К. Э. Шерсть Австралии сезона 2001/02 г.г. <<ТТТ>>. 2004, 34-36.
125. REIS, P. J., and T. SAHLU. The nutritional control of the growth and properties of mohair and wool fibers: a comparative review. *Journal of Animal Science*. 1994, 72(7), 1899-1907. ISSN 1525-3163.
126. REZIĆ, I., ZEINER, M., and I. STEFFAN. Determination of 28 selected elements in textiles by axially viewed inductively coupled plasma optical emission spectrometry. *The International Journal of Pure and Applied Analytical Chemistry*, 2011, 83, 865-871. ISSN 0039-9140.
127. ROSACE, G., GUIDO, E., COLLEONI, C., and G. BARIGOZZI. Influence of textile Structure and Silica Based Finishing on Thermal Insulation Properties of Cotton Fabrics. *International Journal of Polymer Science*, 2016, ID1726475, 1-10.
128. ROSE, M., and P. M. PEPPER. Genetic parameters for staple length and staple strength of Merino wool produced in Central and North West Queensland. *Proceedings of 9th Congress of the AAAP-ASAP Conference, July 2-7, 2000, Sydney, Australia*. pp. 1-4.
129. ROY, B., FAROOQUEE, N., SHARMA, S., and L.M.S. PALNI. Indigenous knowledge of wool dyeing: a Bhotiya practice on its way out in the higher Kumaun Himalaja. *Indian Journal of Traditional Knowledge*. 2002, 1(1), 40-46. ISSN 0975-1068.
130. SALEHI, M., MAHDAVI, A., and F. MIRZAEI. Effects of different levels of feeding of pistachio epicarp silage on wool characteristics of growing Afshari lambs. *Reports and Opinion*. 2011, 3(10), 10-13. ISSN 1553-9873.
131. SAMANTA, A. K. Effect of blend ratio on yarn evenness and imperfections characteristics of wool / polyester ring-spun yarn. *Indian Journal of Fibres & textile Research*. 2014, 39(1), 89-92. ISSN 0975-1025.
132. SHAHIDI, S., et al. Study of surface modification of wool fabrics using low temperature plasma, *Proceedings of the 3th International Conference on the Frontiers on Plasma Physics and Technology, March 5-9, 2007, Bangkok, Thailand*. pp. 1-7.
133. SHAKYAWAR, D. B., et al. Pashmina fibre – production, characteristics and utilization. *Indian Journal of Fibre & textile Research*. 2013, 38(2), 207-214. ISSN 0975-1025.
134. SHAKYAWAR, D. B., PATNI, P. C., and N. P. GUPTA. Studies on animal fibre blended handmade felts: part II – frictional, compressional and thermal properties. *Indian Journal of Fibre & textile Research*. 2007, 32(3), 301-305. ISSN 0975-1025.
135. SHANG, S., LIU, Y., YI, H., and Y. ZHANG. The research on identification of wool or cashmere fibre based on the digital image. *Proceedings of the 9th International Conference on Machine Learning and Cybernetics, July 11-14, 2010, Qingdao, China*. pp. 833-838.

136. SHARMA, A., and S. PANT. Properties of Camel Kid Hair: Chokla Wool Blended Yarns and Fabrics. *Studies on Home and Community Science*. 2013a, 7(3), 139-143. ISSN 0973-7189.
137. SHARMA, A., and S. PANT. Studies on camel hair – merino wool blended knitted fabrics. *Indian Journal of Fibres & textile Research*. 2013b, 38(3), 317-319. ISSN 0975-1025.
138. „Laserscan Technology Brochure“ internetinis puslapis. [interaktyvus, žiūrėta 2012-11-12]. http://www.awtawooltesting.com.au/index.php/en/component/edocman/laserscan-technology-brochure/edocman_sef_document_download
139. STOBART, H. R., et al. Sources of variation in wool fiber diameter. *Journal of Animal Science*. 1986, 62(5), 1181-1186. ISSN 1525-3163.
140. STOBART, H. R., GOTT, N., and C. F. PARKER. Processing characteristics of Polypay wool. *Journal of Animal Science*. 1986, 63(3), 692-699. ISSN 1525-3163.
141. STUART, B. H. *Infrared spectroscopy: fundamentals and applications*. Sydney: Wiley, 2004.
142. SUN, R. J., CHEN, M. Y., YAO, M., and Z. H. ZHANG. Study on the Thick Tip of Lamb's Wool of Superfine Merino Sheep. *Textile Research Journal*. 2007, 77(12), 964-967. ISSN 0040-5175.
143. ŠIAUČIŪNAS, R., BALTAKYS, K., ir A. BALTUŠNIKAS. *Silikatinių medžiagų instrumentinė analizė*. Vital Litera, 2007.
144. „Šunu-veisles“ internetinis puslapis: <http://www.sunu-veisles.lt/> [interaktyvus, žiūrėta 2013-04-05].
145. TANG, Z., WANG, X., and W. B. FRASER. Recent studies on yarn tension and energy consumption in ring spinning. *Research Journal of textile and Apparel*. 2005, 9(4), 1-15. ISSN 1560-6074.
146. TARIQ, M. M., et al. Assessment of wool characteristics of mengali sheep of balochistan. *The Journal of Animal & Plant Sciences*. 2013, 23(3), 721-726. ISSN 1018-7081.
147. TONETTI, C., VINEIS, C., ALUIGI, A., and C. TONIN. Immunological method for the identification of animal hair fibres. *Textile Research Journal*. 2012, 82(8), 766-772. ISSN 0040-5175.
148. TRAN, C. D., and T. M. MUTUTUVARI. Cellulose, Chitosan and Keratin Composite Materials: Facile and Recyclable Synthesis, Conformation and Properties. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. 2016, 4(3), 1850-1861. ISSN 2168-0485.
149. TREIGIENĖ, R. The Influence of Physical Factors on Wool Fibre Colour Changes. *Materials Science*. 2010, 16(4), 341-345. ISSN 1392-1320.
150. TVARIJONAVIČIENĖ, B. *Megzinių sandara ir analizė*. Kaunas: Technologija, 2009.
151. TVARIJONAVIČIENĖ, B., MATUKONIS, A., JONAITYTĖ, G., and J. VALAITIENĖ. Mišrių pusvilnionių verpalų sukrumo ir žaliavos sudėties įtaka jų kokybei. *Konferencijos „Tekstilės ir odos technologija 1990“ pranešimų medžiagoje*. Kaunas, Lietuva. 1990, pp. 65-77.
152. UMEHARA, R., et al. Crimp Formation and Stabilization of Wool Fibers by Draft and Immediate Relaxation. *Bulletin of the Institute for Chemical Research, Kyoto University*. 1990, 68(1), 11-20. ISSN 0023-6071.
153. VARLEY, A. R. A Modified Method of Cuticle Scale Height Determination for Animal Fibers. *AATCC Review*. 2006, 38-41. ISSN 1018-7081.
154. VASCONCELOS, A., FREDDI, G., and A. CAVACO-PAULO. Biodegradable Materials Based on Silk Fibroin and Keratin. *Biomacromolecules*. 2008, 9(4), 1299-1305. ISSN 1525-7797.

155. VINEIS, C., ALUIGI, A., and C. TONIN. Morphology and thermal behaviour of textile fibres from the hair of domestic and wild goat species. *AUTEX Research Journal*. 2008, 8(3), 68-71. ISSN 2300-0929.
156. VINEIS, C., ALUIGI, A., and C. TONIN. Outstanding traits and thermal behaviour for the identification of speciality animal fibres. *Textile Research Journal*. 2011, 81(3), 264-272. ISSN 0040-5175.
157. WAN, A., and W. YU. The effects of wool surface characteristic on fuzzing and pilling of knitted fabrics. *Fibers and Polymers*. 2011, 12(4), 528-533. ISSN 1229-9197.
158. WAN, A., JIANG, G., YU, W., and H. CONG. Fuzzing mechanism and fibre fatigue on wool knit. *Indian Journal of Fibres & textile Research*. 2014, 39(3), 238-243. ISSN 0975-1025.
159. WANG, X. Predicting the strength variation of wool from diameter variation. *Textile Research Journal*. 2000, 70(3), 191-194. ISSN 0040-5175.
160. WANG, H., MAHAR, T., LIU, X., and X. WANG. Measurement precision and evaluation of the diameter profiles of single wool fibres. *Textile Research Journal*. 2007, 77(12), 981-991. ISSN 0040-5175.
161. WANG, H., and X. WANG. Correlation between optical and SEM measurements of wool cortical cell size. *Research Journal of textile and Apparel*. 2005, 9(3), 23-28. ISSN 1560-6074.
162. WANG, L., XIN, L., and X. WANG. Changes in fibre curvature during the processing of wool and alpaca fibres and their blends. *Proceedings of the textile Institute 83rd World Conference, 2004, The textile Institute & Donghua University, Manchester, England*. pp. 1-6.
163. WANG, L. J., and X. A. WANG. The diameter and strength distribution of merino wool in early stage processing. *Textile Research Journal*. 1998, 68(2), 87-93. ISSN 0040-5175.
164. WANG, L. J., and X. A. WANG. A study of wool's tensile strength in early stage processing. *Textile Research Journal*. 2000, 70(2), 98-102. ISSN 0040-5175.
165. WANG, X., WANG, L., LIU, X., and H. WANG. The softness of alpaca fibres. *Proceedings of the Australian Alpaca Association national Conference, August 20-22, 2004, Hobart, Tasmania*. pp. 71-75.
166. WOJCIECHOWSKA, E., et al. The use of Fourier transform-infrared (FTIR) and Raman spectroscopy (FTR) for the investigation of structural changes in wool fibre keratin after enzymatic treatment *Journal of Molecular Structure*. 2004, 704(1/3), 315-321. ISSN 0022-2860.
167. WOJCIECHOWSKA, E., WLOCHOWICZ, A., and A. WESELUCHA-BIRCZYNA. Application of Fourier-transform infrared and Raman spectroscopy to study degradation of the wool fiber keratin. *Journal of Molecular Structure*. 1999, 511/512, 307-318. ISSN 0022-2860.
168. WU, G., ZHONG, Y., and W. YU. Identifying the breaks of wool fibers based on the waveform analysis of acoustic emission. *Textile Research Journal*. 2015, 85(13), 1319-1330. ISSN 0040-5175.
169. ХАЗАНОВ, Г. И. К вопросу о разрушении шерсти микроорганизмами . <<ТТТ>>. 2002, 29-30.
170. ZIEGLER, S., and J. KUCHARSKA-KOT. Estimation of the Overall Heat-transfer Coefficient Through a textile Layer. *Fibres & textiles in Eastern Europe*. 2006, 5(59), 103-106. ISSN 1230-3666.

171. ZIMMERMAN, B., et al. Variation of Surface Charge along the Surface of Wool Fibers Assessed by High-Resolution Force Spectroscopy. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. 2011, 6(2). ISSN 1558-9250.
172. ZHANG, J., PALMER, S., and X. WANG. Identification of animal fibers with walevet texture analysis. *Proceedings of the World Congress on Engineering WCE, June 30-July 2, 2010, London, UK*, 1, 1-6. ISSN 2078-0966.
173. ZHANG, H., SUN, R. J., and X. T. ZHANG. Effect of hydrothermal processing on the structure and properties of wool fibres. *Industria textilă*. 2014, 65(3), 123-128. ISSN 1222-5347.

MOKSLINIŲ PUBLIKACIJŲ DISERTACIJOS TEMA SĄRAŠAS

Mokslinės informacijos instituto duomenų bazės Thomson Reuters Web of Knowledge leidiniuose paskelbti straipsniai

1. Ragaišienė, Audronė; Rusinavičiūtė, Jolita. Comparative Investigation of Mechanical Indices of Sheep's Wool and Dog Hair Fibre // *Fibres & textiles in Eastern Europe*. Lodz: Institute of Chemical Fibres. ISSN 1230-3666. 2012, vol. 20, no. 6A (95), p. 43-47.
2. Rusinavičiūtė, Jolita; Ragaišienė, Audronė; Biniaś, Wladislaw. Influence of the Fibre Origin on its Structure and Geometrical Indices // *Journal of Natural Fibers*. ISSN 1544-046X. 2016, vol. 13, no. 5, p. 585-596.
3. Rusinavičiūtė, Jolita; Ragaišienė, Audronė; Milašienė, Daiva. Analysis of Different Breed of Protein Fibres and their Influence on Mechanical Properties of Woollen Blend Yarns // *Materials Science=Medžiagotyra*. ISSN 1392-1320. 2016, vol. 22, no. 3, p. 415-419.
4. Ragaišienė, Audronė; Rusinavičiūtė, Jolita; Milašienė, Daiva; Ivanauskas, Remigijus. Comparison of Selected Chemical Properties of Fibres from different Breeds of Dogs and German Blackface Sheep // *Fibres & textiles in Eastern Europe*. Lodz: Institute of Chemical Fibres. ISSN 1230-3666. 2016, vol. 24, no. 5(119), p. 21-28.

Kituose recenzuojamuose mokslo leidiniuose paskelbti straipsniai

1. Rusinavičiūtė, Jolita; Paškauskaitė, Jūratė; Ragaišienė, Audronė. Priklausomybės tarp šunų plaukų bei avių pluošto ilgio ir storio tyrimas // *Gaminių technologijos ir dizainas*, April 26, 2013, Kaunas, Lietuva: recenzuojamoje konferencijos pranešimų medžiagoje. ISSN 1822-492X. p. 109-113.
2. Rusinavičiūtė, Jolita; Ragaišienė, Audronė; Milašienė, Daiva. Tekstilės gaminių iš baltyminių pluoštų šiluminių savybių tyrimas // *Jaunųjų mokslininkų konferencija PRAMONĖS INŽINERIJA 2016*, 2016.04.28, Kaunas, Lietuva: recenzuojamoje konferencijos pranešimų medžiagoje. ISSN 2538-6727. p. 100-104.
3. Ragaišienė, Audronė; Rusinavičiūtė, Jolita; Milašienė, Daiva; Ivanauskas, Remigijus. Basic Chemical Structure and Composition of Dog Fibres // *Magic World of textiles: 8th International textile, Clothing and Design conference*, October 2th to 5th, 2016, Dubrovnik, Croatia: book of proceedings. University of Zagreb, Faculty of textile Technology. Zagreb: 2016, ISSN 1847-7275. p. 78-82.

Pranešimai pristatyti tarptautinėse konferencijose

1. Ragaišienė, Audronė; Rusinavičiūtė, Jolita. Interrelation between geometrical and mechanical indices of sheep and dog fibre // *World textile Conference AUTEX 2013*, 2013.05.22-24, Dresden, Germany: book of abstracts / Technische Universität Dresden, ISBN 9783867803434. p. [1-5].
2. Rusinavičiūtė, Jolita; Ragaišienė, Audronė. Investigation of Mechanical Indices of Different Breed Dog hair Fibre // *15th International Conference – School Ad-*

- vanced Materials and Technologies 2013, 2013.08.27-31, Palanga, Lithuania: book of abstracts / Kauno Technologijos Universitetas, ISSN 1822-7759. p. 160.
3. Rusinavičiūtė, Jolita; Ragaišienė, Audronė. Investigation of possibilities to blend sheeps wool and dogs hair fibres for the woolen yarn spinning // World textile Conference AUTEX 2014, 2014.05.26-28, Bursa, Turkey, [proceeding], ISBN 9786056311246. p. [1-4].
 4. Ragaišienė, Audronė; Rusinavičiūtė, Jolita. Design and Analysis of Protein Fiber Yarn for Medical textiles // 6th International Istanbul textile Conference: Future Technical textile FTT 2014, 2014.03.17-21, Istanbul, Turkey: book of abstracts / Marmara Üniversitesi Yayinevi, ISBN 978-975-400-386-4. p. 55.
 5. Ragaišienė, Audronė; Rusinavičiūtė, Jolita. A Dependence between Geometrical and Mechanical Indices of Dog Hair Fibre // ICNF 2015: 2 nd International Conference on Natural Fibers – from Nature to Market, 2015.04.27-29, Azores, Portugal, [proceedings] ISBN 978-989-98468-4-5. p. [69-70].
 6. Ragaišienė, Audronė; Rusinavičiūtė, Jolita; Milašienė, Daiva; Ivanauskas, Remigijus. Basic Chemical Structure and Composition of Dog Fibres // Magic World of textiles: 8th International textile, Clothing and Design conference, October 2th to 5th, 2016, Dubrovnik, Croatia: book of proceedings. University of Zagreb, Faculty of textile Technology. Zagreb: 2016, ISSN 1847 – 7275. p. 78-82.

Pranešimai, pristatyti respublikinėse konferencijose

1. Rusinavičiūtė, Jolita; Paškauskaitė, Jūratė; Ragaišienė, Audronė. Priklausomybės tarp šunų plaukų bei avių pluošto ilgio ir storio tyrimas // Gaminių technologijos ir dizainas, 2013.04.26, Kaunas, Lietuva: konferencijos pranešimų medžiaga. ISSN 1822-492X. p. 109-113.
2. Rusinavičiūtė, Jolita; Ragaišienė, Audronė. Galimybės pritaikyti šunų plaukų savybių ypatumus reumatinių ligų gydymui // Mokslas – sveikatai: VII nacionalinė doktorantų mokslinė konferencija: konferencijos pranešimų tezės, 2014.04.09, Kaunas, Lietuva. ISBN 9789955153429, p. 20-21.
3. Rusinavičiūtė, Jolita; Ragaišienė, Audronė; Milašienė, Daiva. Tekstilės gaminių iš baltyminių pluoštų šiluminių savybių tyrimas // Jaunųjų mokslininkų konferencija PRAMONĖS INŽINERIJA 2016, 201.04.28, Kaunas, Lietuva: konferencijos pranešimų medžiaga. ISSN 2538-6727. p. 100-104.

PADĖKA

Darbo vadovei doc. dr. Audronei Ragaišienei už neabejotiną pedagogės gyslelę ir natūralaus bei nuoširdaus bendravimo suvokimą. Tik su tokia puikia vadove ryžčiausi antrą kartą viską pakartoti iš naujo.

E. Majui už pagalbą gaminant modelinius verpalus ir nuoširdžią meilę tekstilės pramonei.

Doc. dr. R. Ivanauskui ir dr. J. Širvaitytei už pagalbą atliekant baltyminių pluoštų cheminius tyrimus.

Dr. A. Baltušnikui už atliktą baltyminių pluoštų rentgeno struktūrinę analizę, skirtą laiką konsultacijoms ir labai vertingus mokslinius patarimus.

Dr. inž. W. Biniąs už baltyminių pluoštų paviršiaus tyrimus.

UAB „Litwool“ direktoriui Algirdui Pupšiui už tiesioginę pagalbą įsigyjant Vokietijos juodgalvių avių vilnos pluošto bei gaminant kočiotinius mišriapluoščius verpalus.

Gintui Mizeikiui už pagalbą gaminant mezginius.

Dr. D. Milašienei už atliktus termomechaninius mezginių tyrimus Lenkijoje ir įdėjines mintis disertacijos metu atliekant tyrimus.

G. Pupšienei už profesionalų darbą veliant veltinius.

Šeimai, kuri tikėjo manimi nuo pačios šio ilgo mokslinio kelio pradžios ir neleido pasiduoti.

Tiems, kurių jau nebėra, tačiau kuriuos jaučiu šalia.

SL344. 2017-06-23, 15 leidyb. apsk. I. Tiražas 12 egz. Užsakymas 204.
Išleido Kauno technologijos universitetas, K. Donelaičio g. 73, 44249 Kaunas
Spausdino leidyklos „Technologija“ spaustuvė, Studentų g. 54, 51424 Kaunas