

## Turinys

|  |    |
|--|----|
| Įvadas.....  | 7  |
| 1. Apžvalga.....   | 8  |
| 1.1 Tekstilės gaminių funkcinės savybės.....                                       | 8  |
| 1.2 Šunų plaukų sandaros ir kitų rodiklių tyrimai .....                            | 10 |
| 1.3 Funkcinių savybių tyrimų įrenginiai ir metodikos.....                          | 12 |
| 1.4 Laidumo šilumai tyrimai.....   | 21 |
| 1.5 Laidumo vandeniui tyrimai.....   | 29 |
| 1.6 Laidumo orui tyrimai .....   | 32 |
| 1.7 Apibendrinimas.....  | 37 |
| 2. Tyrimo objektas ir metodika .....   | 39 |
| 2.1 Tyrimo objektas .....  | 39 |
| 2.2 Tyrimo metodika .....  | 40 |
| 3. Tyrimų rezultatai .....   | 44 |
| 3.1 Mezginių struktūrinių rodiklių tyrimo rezultatai .....                         | 44 |
| 3.2 Mezginių storio ir laidumo orui tyrimo rezultatai .....                        | 44 |
| 3.3 Mezginių laidumo šilumai tyrimo rezultatai.....                                | 46 |
| 3.4 Mezginių šiluminių mainų proceso tyrimo rezultatai .....                       | 50 |
| 3.4.1 Skirtingų šunų veislių įtakos mezginių šilumos mainų procesui tyrimas .....  | 50 |
| 3.4.2 Vėpalų mišinio sudėties įtakos mezginių šilumos mainų procesui tyrimas ..... | 52 |
| Išvados.....   | 58 |
| Literatūros sąrašas .....  | 60 |

## Paveikslų sąrašas

|  |    |
|--|----|
| 1.1.1 pav. Veiksniai, turintys įtakos šilumos mainams tarp žmogaus kūno ir aplinkos.....   | 9  |
| 1.2.1 pav. I - Avių vilnos pluoštų vaizdas: a) A1, b) A2, c) A3; II - šunų plaukų vaizdas: a) Š1, b) Š2, c) Š3 .....                           | 10 |
| 1.2.2 pav. Plaukelių vidutinio ilginio tankio pasiskyrstymo diagrama .....   | 11 |
| 1.2.3 pav. Plaukelių storių pasiskyrstymo pluoštuose histogramos .....   | 11 |
| 1.2.4 pav. Plaukelių ilgių pasiskyrstymo pluoštuose histogramos .....  | 12 |
| 1.3.1 pav. Alambeta prietaiso schema .....   | 14 |
| 1.3.2 pav. P testerio principinė schema .....  | 15 |
| 1.3.3 pav. Togmeterio principinė schema .....  | 15 |
| 1.3.4 pav. Principinė šilumos matavimo prietaiso schema.....   | 17 |
| 1.3.5 pav. Nekontaktinio šiluminių savybių įvertinimo metodo schema .....  | 18 |
| 1.3.6. pav. Sasmira testerio principinė schema .....   | 19 |
| 1.4.1 pav. Skirtingų pynimų mezginių laidumo šilumai koeficientų palyginimas.....  | 22 |
| 1.4.2 pav. Mezginių laidumo šilumai priklausomybė nuo verpalų ilginio tankio.....  | 22 |
| 1.4.3 pav. Grynpluoščių mezginių I ir mezginių su poliamidu II.....  | 24 |
| 1.4.4 pav. Audinių šiluminės savybės .....   | 27 |
| 1.5.1 pav. Mezginių vandens sugerties palyginimas .....  | 30 |
| 1.6.1 pav. Lygiuoju sluoksniuotiniu pynimu numegztų mezginių pluoštinės sudėties įtaka laidumo orui.....                                       | 33 |
| 1.6.2 pav. Mezginių pluoštinės sudėties įtaka laidumo orui, numegztų: a) kombinuotu pynimui I, b) kombinuotu pynimu II.....                    | 33 |
| 1.6.3 pav. Mezginių laidumo orui palyginimai: a) numegzta iš žiedinio verpimo verpalų, b) numegzta iš sanglaudžiuoju būdu verptų verpalų ..... | 35 |
| 1.6.4 pav. Mezginių paviršiaus išvaizda prieš skalbimą (a) ir mezginių išvaizda po skalbimo (b) ...  | 35 |
| 1.6.5 pav. Lygiojo skersinio pynimo mezginių laidumo orui palyginimas prieš ir po dildymo .....  | 36 |
| 1.6.6 pav. Sluoksniuotinių mezginių laidumo orui palyginimas, prieš ir po dildymo .....  | 37 |
| 2.2.1 pav. Alambeta prietaiso technologinė schema .....  | 41 |
| 2.2.2 pav. Mezginių šiluminių savybių tyrimas Alambeta prietaisu .....   | 41 |
| 3.3.1 pav. Mezginių laidumo šilumai koeficientų palyginimas .....  | 47 |
| 3.3.2 pav. Mezginių šiluminių varžų palyginimas .....  | 48 |
| 3.3.3 pav. Mezginių, numegztų su įvairios procentinės sudėties pudelio plaukais ir PA siūlais, laidumo šilumai koeficientų palyginimas.....    | 49 |

|  |    |
|--|----|
| 3.3.4 pav. Mezginių, numegztų su įvairios procentinės sudėties pudelio plaukais ir PA siūlais, šiluminės varžos palyginimas.....                                   | 49 |
| 3.4.1 pav. Mezginių, numegztų iš verpalų su 15 % šunų plaukais, šilumos mainų proceso tyrimas...   | 50 |
| 3.4.2 pav. Mezginių, numegztų iš verpalų su 25 % šunų plaukais, šilumos mainų proceso tyrimas...   | 51 |
| 3.4.3 pav. Mezginių, numegztų iš verpalų su 35 % šunų plaukais, šilumos mainų proceso tyrimas...   | 51 |
| 3.4.4 pav. Mezginių, numegztų iš verpalų su 45 % šunų plaukais, šilumos mainų proceso tyrimas...   | 52 |
| 3.4.5 pav. Mezginių, numegztų su įvairios procentinės sudėties jorkšyro plaukais, šilumos mainų proceso tyrimas.....   | 53 |
| 3.4.6 pav. Mezginių, numegztų su įvairios procentinės sudėties spanielio plaukais, šilumos mainų proceso tyrimas.....  | 53 |
| 3.4.7 pav. Mezginių, numegztų su įvairios procentinės sudėties pudelio plaukais, šilumos mainų proceso tyrimas.....  | 54 |
| 3.4.8 pav. Mezginių, numegztų su įvairios procentinės sudėties ši – cu plaukais, šilumos mainų proceso tyrimas.....  | 54 |
| 3.4.9 pav. Mezginių, numegztų su įvairios procentinės sudėties pudelio plaukais ir PA daugiagijais siūlais, šilumos mainų proceso tyrimas .....                    | 55 |
| 3.4.10 pav. Mezginių, numegztų su įvairios procentinės sudėties jorkšyro plaukais, šilumos mainų proceso ant plokštės ir žmogaus rankos rezultatų palyginimas..... | 56 |

## Lentelių sąrašas

|   |    |
|---|----|
| 1.4.1 lentelė. Termografiniu metodu tirtų teflono medžiagų tyrimo rezultatai .....                            | 28 |
| 2.1.1 lentelė. Baltyminiai pluoštai, naudoti kočiotinių verpalų gamyboje.....                                 | 39 |
| 2.1.2 lentelė. Tiriamų mezginių parametrai .....  | 40 |
| 3.1.1 lentelė. Tiriamų mezginių struktūriniai rodikliai .....   | 44 |
| 3.2.1 lentelė. Mezginių storio ir laidumo orui rodiklių tyrimų rezultatai.....                                | 45 |
| 3.3.1 lentelė. Mezginių laidumo šilumai koeficientai ir šiluminės varžos rodikliai .....                      | 47 |
| 3.4.1 lentelė. Mezginių šilumos mainų proceso eksperimento empirinės lygtys ir apibrėžties koeficientai ..... | 56 |

**Mezginų iš baltyminių pluoštų šiluminių savybių tyrimas/ Magistro projektas/ Autorius – A. Grublytė/ Vadovė – doc. dr. Audronė Ragaišienė / KTU, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas, Medžiagų inžinerijos katedra. Kaunas, 2015 – 62 psl., 38 paveikslai, 7 lentelės.**

## **Santrauka**

Žmonės vis dažniau renkasi nestandartinius tekstilės gaminius, pasižyminčius kitokiomis savybėmis. Vieni iš tokių gaminių, kol kas dar palyginti retai naudojami mezginiai, kurių sudėtyje yra šunų plaukų. Dėl šios priežasties baigiamojo darbo tyrimams buvo pagaminti lygiojo skersinio pynimo mezginiai iš kočiotinių verpalų, kurių sudėtyje yra populiariausių Lietuvoje vokiečių juodgalvių avių vilna ir šunų (jorkšyro, spanielio, pudelio, ši-cu) plaukai. Taip pat, palyginimui buvo pagaminti mezginiai, naudojant verpalus su skirtingos procentinės sudėties pudelio plaukais ir PA daugiagijais siūlais.

Atlikus literatūros apžvalgą pastebėta, kad funkcinės audinių bei mezginių savybės – laidumas šilumai, orui bei vandeniui analizuojamos gana dažnai. Tačiau netipiški mezginiai, pavyzdžiui, su įvairiais, skirtingais baltymineis pluoštais, projektuojami ir analizuojami retai. Taigi, mezginių su šunų plaukais, funkcinų savybių tyrimai leis įvertinti jų šiluminės savybės, mezginių pluoštinės sudėties įtaką joms bei priklausomybes tarp mezginių struktūros parametrų ir funkcinų savybių.

Baigiamajame darbe buvo nustatyti mezginių, numegztų iš skirtingų šunų veislių ir skirtingos procentinės mišinio sudėties verpalų, struktūriniai rodikliai, išanalizuoti jų laidumo orui ir šilumai rodikliai bei įvertinti šiluminių mainų per juos procesai. Iš viso buvo išanalizuota 19 skirtingos procentinės sudėties mezginių. Įvertinta verpalų mišinio sudėties įtaka tirtoms mezginių charakteristikoms bei atlikta mezginių šiluminių charakteristikų palyginamoji analizė.

Nustatyta, kad egzistuoja priklausomybė tarp tirtų mezginių storio ir jų laidumo orui. Verpalų mišiniuose didinant šunų plaukų procentinę dalį, mezginių iš jų laidumo šilumai rodikliai beveik nesikeičia. Rasta, kad mezginiai su spanielio veislės šunų plaukais šilumos praleidžia mažiausiai, o geriausiai šilumą sulaiko mezginiai su jorkšyro ir spanielio plaukais. Gauta, kad, į verpalų pluoštų mišinį įdėjus 15–35 % kitos rūšies baltyminio pluošto, pagerėja mezginių iš jų šilumos sulaikymo galimybės.

**Investigation of Thermal Properties of Protein Fibres Knits/ Master project/ Author – A. Grublytė/ Supervisor – associate prof. dr. Audronė Ragaišienė/ Department of Materials Engineering, Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology. Kaunas, 2015 – 62 pages, 38 Pictures, 7 Tables.**

## **Summary**

People are increasingly choosing non-standard textile products that are of different features. Among these, there is a relatively rarely used knits made with dog hair. Accordingly, plain jersey fabric knits made from condensed yarns for the thesis research has been made. Yarns have contained Lithuanian's most popular German blackface sheep wool and dogs ( Yorkshire , Spaniel, Poodle , Shih Tzu ) hair. Also, for comparison, knits made with poodle hair and PA multifilament yarns has been produced.

The literature review has outlined that typical woven fabric and knits functional properties such as thermal conductivity, air and water permeability are analyzed quite often. However, aberrant protein fibre knits are designed and analyzed more rarely. For this reason, functional properties research that regards to knits made with dog hair will evaluate the following features- thermal properties, knits fiber compositions, dependencies between knits structural parameters and functional properties. The thesis work has analyzed knits made from different dog breeds hair and different mixture yarns. The experimental results, such as structural indicators, air permeability, thermal conductivity indicators and thermal exchange processes were determined and evaluated. Overall, analysis has been made for 19 knits with different percentage compositions. The yarn composition influence was determined on investigated knits characteristics and knits thermal characteristics of the comparative analysis were produced.

It was established that there is a relationship between analyzed knits thickness and air permeability. The thermal conductivity indicators remain stable after increasing dog hair percentage in yarn mixtures. It was also found that knits made with Spaniel dog hair have lower thermal conductivity. Knits made with Yorkshire and Spaniel hair have the best properties of thermal resistance. It was concluded, that knits thermal properties improves after adding 15–35 % other kind of protein fibers in to the yarn mixtures.

## **Įvadas**

Apranga yra neatsiejama kasdienybės dalis, kuri ne tik suteikia žmogui savitąjį įvaizdį bet ir apsaugo jo kūną. Daugelis žmonių gali jaustis laisvai ir pasitikėti savimi tik nešiodami jiems tinkamus bei patogius drabužius. Taigi, yra svarbūs ne tik drabužių dizainas ar spalvos, bet ir komfortas juos dėvint. Vis daugiau žmonių pirmiausia atkreipia dėmesį į tai, iš ko gaminys pagamintas, bei įvertina galimybes jaustis patogiai su tuo drabužiu. Svarbiausi komfortabilumą apibrėžiantys parametrai yra: laidumas šilumai, laidumas orui bei laidumas vandeniui.

Žinoma, kad natūralūs baltyminiai pluoštai, pasižymi puikiomis savybėmis – jie yra laidūs orui, mažai teplūs, tamprūs, atsparūs raukšlėms, gerai išlaiko savo formą, yra antistatiniai, lėtai užsidega ir yra geri garso izoliatoriai. Skirtingų pluoštų maišymas įgalina optimizuoti mišinio savybes ieškant optimalaus varianto. Be to, panašaus pobūdžio tyrimai leis vystyti ir Lietuvos avininkystės sektorių, kuris, besiplėsdamas, pastaraisiais metais ieško būdų kurti ir gaminti naujus, inovatyvius gaminius.

Funkcinės audinių ar mezginių savybės – laidumas šilumai, vandeniui bei orui, pumpuravimasis ir kitos, tiriamos gana dažnai. Tačiau netipiški mezginiai, pavyzdžiui, su įvairiais, skirtingais baltymineis pluoštais, projektuojami ir analizuojami retai.

Žinoma, kad jau seniausiais laikais žmonės, gyvenantys šiauriniuose kraštuose, šunų plaukus naudodavo drabužių ar aksesuarų gamybai. Tokie gaminiai labiau apsaugo nuo šalčio bei padeda sergant tam tikromis ligomis. Pastaraisiais metais gaminiai su šunų plaukais vis sparčiau populiarėja ir Lietuvoje. Todėl yra aktualu išanalizuoti tokių gaminių komfortabilumą. Be to, žinant, kad vilnoniai gaminiai pasižymi puikiomis šiluminėmis charakteristikomis, būtų galima įvertinti kitų baltyminių pluoštų įtaką šioms savybėms. Svarbu ir tai, kad medžiagos šiluminiai rodikliai yra susiję su jos laidumu orui, nes nuo šio rodiklio priklauso šilumos pertekliaus atidavimas aplinkai, kuris taip pat turi įtakos žmogaus savijautai.

# 1. Apžvalga

## 1.1 Tekstilės gaminių funkcinės savybės

Dėvint drabužius vartotojams svarbesnis tampa gaminių komfortabilumas, o po to tik estetinė išvaizda. Drabužių komfortabilumas gali būti suvokiamas šiais trimis aspektais: fiziologiniu, jutiminiu ir terminiu. Jutiminis komfortabilumas suvokiamas kaip gera savijauta dėvint drabužį. Šiuo aspektu svarbu minkštas, švelnus gaminio paviršius, gaminio lengvumas, tamprumas, šilumos/vėsumo bei sausumo pojūtis. Fiziologinis komfortabilumas apibūdinamas [1]:

- Laidumu orui;
- Laidumu šilumai;
- Laidumu vandeniui.

Norint, kad medžiaga atitiktų šias savybes, turi būti atsižvelgiama iš kokių pluoštų ji gaminama bei pagal kokias technologijas. Įrodyta, kad gaminių laidumas šilumai, vandens absorbcija, laidumas orui, standumas bei kritumas priklauso nuo tekstilės gaminio storio [2].

Šilumos komfortas yra apibūdinamas, kaip tam tikras šilumos pasitenkinimas. Norint užtikrinti šilumos komfortą reikia stabilizuoti žmogaus šilumą, sekant šilumos balansą tarp kūno šilumos gamybos ir praradimo. Žmogaus kūno organizmas yra kaip priemonė, palaikanti temperatūrą apie 37 °C. Atlikdamas bet kokią veiklą, net ir miegant, žmogaus kūnas gamina tam tikrą kiekį šilumos. Šilumos kiekio perteklius į aplinką gali būti perduodamas keliais būdais: kvėpavimo, išleidžiant sausą karštį (radiacija, konvekcija, laidumas) ir išgarinant karštį [3].

Šilumos kaita tarp žmogaus kūno ir aplinkos priklauso nuo daugelio faktorių, kurie suskirstyti į tris grupes [3]:

- Žmogaus organizmas;
- Drabužiai;
- Aplinkoje esančios klimato sąlygos.

Kiekviena grupė turi skirtingus veiksnius, nuo kurių daugiau ar mažiau priklauso šilumos kaita. Šie žmogaus organizmo, drabužių bei aplinkos veiksniai pateikti 1.1.1 paveiksle.

Drabužių šiluminė varža (nusako, kaip gerai tekstilinė medžiaga sulaiko šilumą) dažniausiai priklauso nuo tekstilinės medžiagos tam tikro sluoksnio storio ir akytumo. Standartinių tekstilės medžiagų akytumo pokyčiai nėra dideli, dėl to didžiausią įtaką drabužių šiluminei varžai turi medžiagos storis. Tekstilės medžiagų drėgmės pokyčiai, kuriuos sukelia atmosferos drėgmės pokyčiai, turi nežymią įtaką tekstilės medžiagų šiluminei varžos vertei. Neatsižvelgiant į tekstilės medžiagų šiluminę varžą, šilumos mainuose pagrindinį vaidmenį atlieka oro kiekis esantis tarp



žmogaus kūno ir drabužių paviršiaus, ar tarp tam tikro drabužių sluoksnio. Esant vienam drabužių sluoksniui, šilumos komfortas priklauso nuo drabužių modelio ir pasiuvimo pagal tam tikrą vartotojo figūrą [3].



1.1.1 pav. Veiksniai, turintys įtakos šilumos mainams tarp žmogaus kūno ir aplinkos [3]

Dėl gebėjimo prisitaikyti prie dėvinčiojo kūno kontūrų, savo lankstumo bei suteikiamo komforto dėvinti megzti gaminiai yra populiarūs daugelyje rūšių. Lyginant su audiniais, mezginiai yra daug tasesni, ypač skersine kryptimi. Be to įvairūs mezginių pynimai charakterizuoja skirtingus tšsumus ir maksimalias trūkimo jėgas [4, 5].

Megzti drabužiai, ypač dėvimi šaltuoju metų laiku, dažniausiai gaminami iš vilnos pluošto. Vilnos pluoštas gerai praleidžia orą, yra mažai teplus, tamprus, atsparus raukšlėms, gerai išlaiko savo formą, užsidega palengva, yra geras garso izoliatorius. Dėl neutralaus vilnos pluošto elektrinio krūvio jis yra antimikrobiškas, o itin porėtos vilnos pluoštą sudarančios ląstelės suteikia pluoštui absorbcinę gebą, gerą oro mikrocirkuliaciją, termomechanines savybes. Dėl šių išskirtinių multifunkcinių savybių vilnos pluoštas yra naudojamas ne tik aprangoje, bet ir buityje bei techninėje tekstilėje. Be to norint pagerinti gaminių tam tikras savybes, vilnos pluoštas gali būti maišomas su kitais tekstiliniiais pluoštais, pvz: šunų plaukais [6, 7].

Jau seniai žinomos teigiamos šunų plaukų savybės ir išnaudojamos šaltojo klimato zonos šalyse, kuriose iš šių plaukų numegzti šalikai, kepurės, pirštines apsaugo nuo šalčio. Be to pastebėtos ir vertinamos šunų plaukų gydomosios savybės. Sergant reumatinėmis ligomis namų medicina pataria dėvėti kojines ir pirštines iš verpalų su šunų plaukais [6, 7].

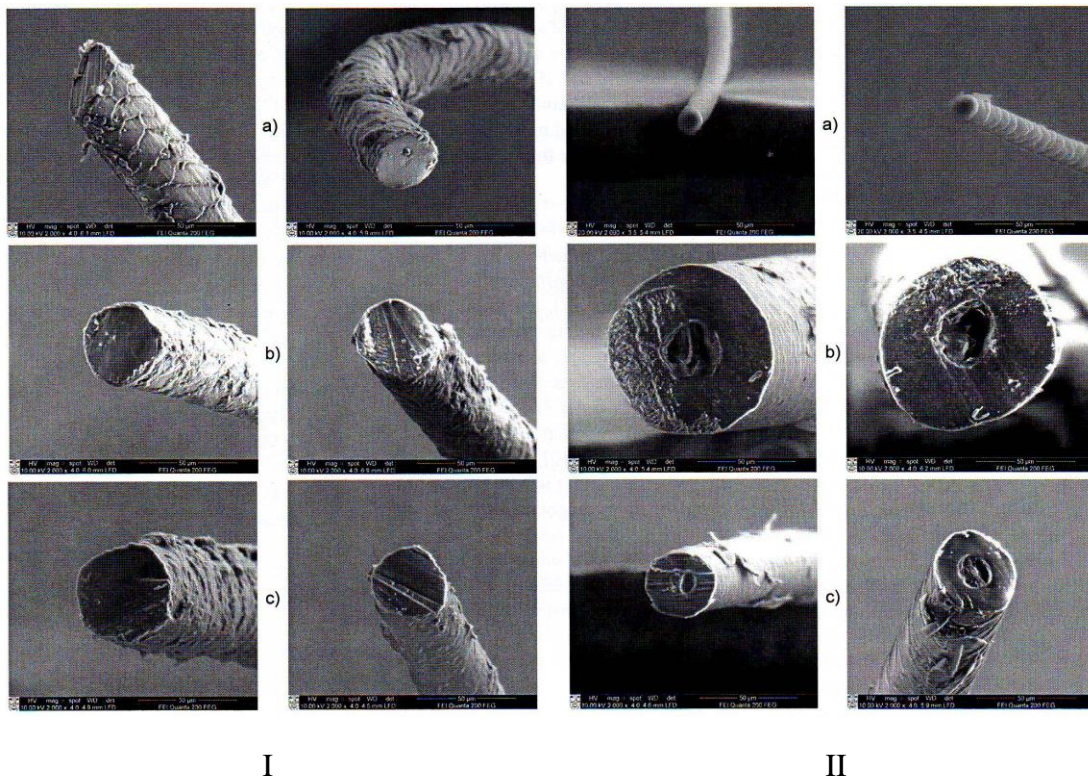
## 1.2. Šunų plaukų sandaros ir kitų rodiklių tyrimai

Vilnos pluoštas – tai sąvoka apimanti tiek avių, tiek kupranugarių, triušių ar kitų gyvūnų kailio plaukus. Pasaulyje 98 % sudaro avių vilna ir tik 2 % kitų gyvulių vilna. Šunų kailis taip pat priskiriamas prie vilnos ir dažnai yra lyginamas su avių vilna.

Vilnos pluošto geometrinės, mechaninės ir kitos savybės labai priklauso nuo gyvulių veislių, jų laikymo sąlygų, nuo to, iš kurios plako vietos nukirptas pluoštas ir panašiai. Vilnos ilgis ir storis yra labai svarbūs rodikliai, nuo kurių tiesiogiai priklauso verpalų absoliučioji trūkimo jėga, savitoji trūkimo jėga, verpalų trūkinėjimas verpiant, verpalų savikaina bei kiti ekonominiai rodikliai [6]. Šunys kaip ir kiti gyvūnai yra skirtingų veislių, todėl ir kiekvienos veislės kailio plaukų ilgis ir storis skiriasi.

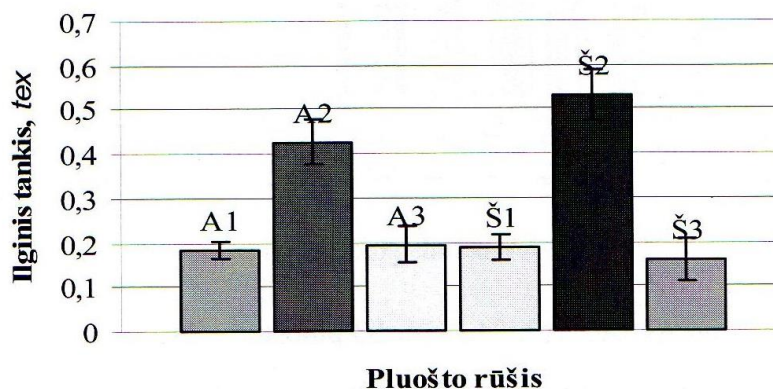
Ne tik vilnos pluošto ilgis bet ir skersmuo parodo pluošto kokybę. Vilnos pluošto skersmuo yra pagrindinis kriterijus kainų tendencijos nustatymui, procesų atlikimui ir vilnos panaudojimui. Nustatyta, kad pluošto trūkimo jėgos variacijos koeficientai priklauso nuo jo skersmens [8]. Todėl buvo atlikti moksliniai tyrimai, kurių tikslas buvo išanalizuoti šunų ir avių vilnos tarpusavio geometrinius ir mechaninius rodiklius.

Vienam tyrimui parinkti trijų veislių šunų pluoštai: Š1 – čiau čiau, Š2 – pekino, Š3 – jorkšyro terjiero. Jie palyginti su trijų veislių avių vilna (A1, A2, A3) [8].



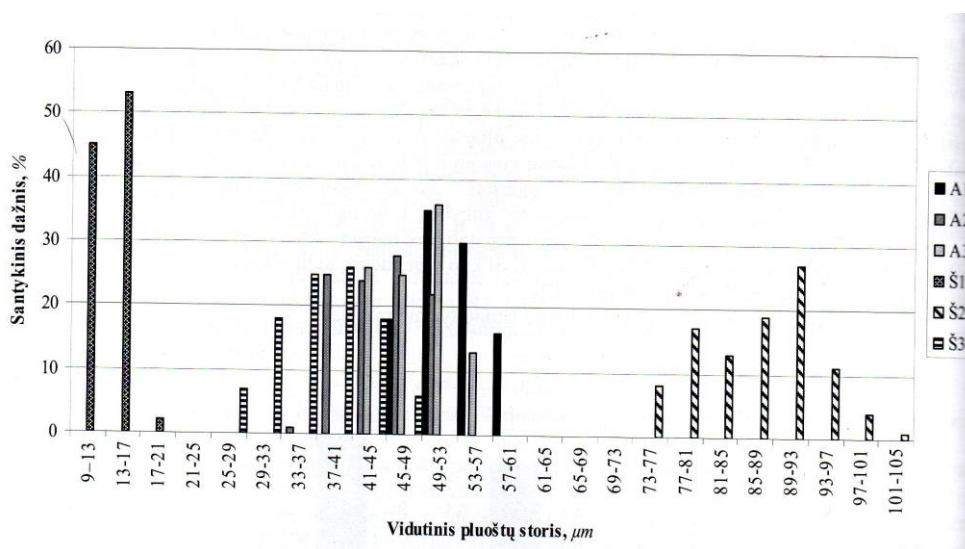
1.2.1 pav. I - Avių vilnos pluoštų vaizdas: a) A1, b) A2, c) A3; II - šunų plaukų vaizdas: a) Š1, b) Š2, c) Š3 [8]

Visi tiriami pluoštai savo paviršiuje turi žvynelius, bet žvynelių forma ir pasiskirstymas ant šunų plaukų paviršiaus skiriasi nei ant avių pluošto. Visų pluoštų skespjūvis yra apskritimo formos, tačiau šunų plaukas dar turi vidinį kanalą. Apskaičiuota, kad kanalo skersmuo priklauso nuo pačio pluošto skersmens, todėl kuo pluoštas storesnis, tuo didesnis jo vidinis kanalas [8]. Šios savybės pateiktos 1.2.1 paveiksle.

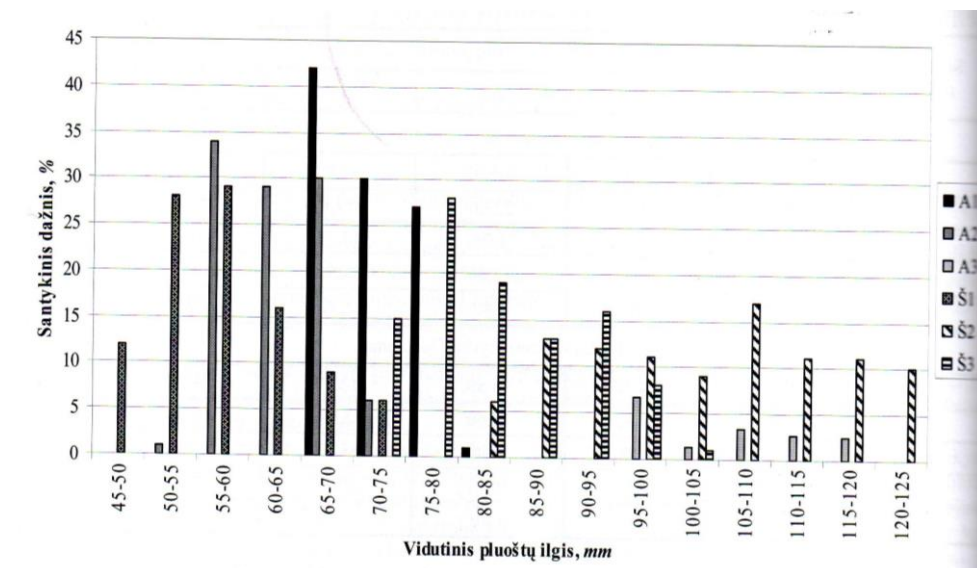


1.2.2 pav. Plaukelių vidutinio ilginio tankio pasiskirstymo diagrama [6]

1.2.2 paveiksle pateikti avių ir šunų pluoštų ilginio tankio tyrimo rezultatai. Didžiausiu ilginiu tankiu (0,531 tex) pasižymi Pekino veislės šuns pluoštas (Š2). Tokia šio rodiklio vertė labiausiai priklauso nuo šuns veislės. Pekino veislės šunys pasižymi ilgais, stambiais ir gana vienodais plaukais [6].



1.2.3 pav. Plaukelių storių pasiskirstymo pluoštuose histogramos [6]



1.2.4 pav. Plaukelių ilgių pasiskirstymo pluoštuose histogramos [6]

Nustatyta, kad tirtų pluoštų storio (1.2.3 pav.) ir ilgio (1.2.4 pav.) pasiskirstymo dėsniai yra nevienodi, t. y. šie rodikliai pasiskirstę pagal normalinį, dviejų pikų pasiskirstymą bei pasiskirstymą su lūžiu kairėje. Palyginus rezultatus gauta, kad ilgiausi yra A3 ir Š2 pluoštų plaukeliai. Š2 pluošto plaukeliai yra ir patys storiausi [6].

Kitas tyrimas atliktas su šešių veislių šunų plaukais: Š1 – pudelių, Š2 – ši-cu, Š3 – bobteilių, Š4 – flamandų buvje, Š5 – anglų spanielių, Š6 – amerikiečių spanielių ir Š7 – jorkšyro terjero. Šie pluoštai lyginami su dviejų veislių avių pluoštais: A1 – vokietijos juodgalvių, A2 – romanovų [7].

Šiems pluoštams taip pat buvo nustatytas pluošto ilgis, diametras, teorinis ir eksperimentinis ilginis tankis ir visi rodikliai palyginti tarpusavyje. Gauta, kad ilgiausi yra A2 ir Š3 pluoštų plaukeliai. Šie plaukeliai yra ir vieni iš storiausių. Tirtų avies pluoštų plaukelių storis yra panašus ir svyruoja 30–32  $\mu\text{m}$  ribose. Nustatyta, kad skirtingų veislių šunų plaukų storis kinta nuo 21  $\mu\text{m}$  iki 52  $\mu\text{m}$ , ilgis – nuo 25 mm iki 139 mm. Didžiausia ilginio tankio verte pasižymėjo šuns plaukų pluoštas Š3 [7].

Taip pat nustatyta, kad pluoštų geometrinės savybės turi įtakos mechaninėms savybėms. Pluošto tvirtumas ir pailgėjimas trūkio metu priklauso nuo pluošto ilgio. Minimalus pluošto ilgis turi maksimalias šių indeksų reikšmes, tik skiriasi čia čia veislės šunų plaukų pailgėjimas trūkio metu [8].

### 1.3 Funkcinių savybių tyrimų įrenginiai ir metodikos

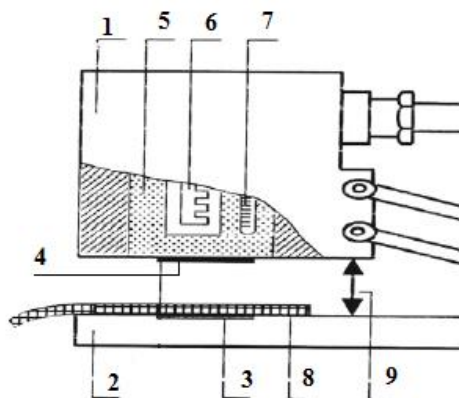
Kiekvieni tyrimai turi būti atlikti pagal tam tikrus standartizacijų departamentų pateiktus standartus. Tekstilės gaminių tyrimų atlikimui taip pat yra nustatyti standartai. Skirtingiems tyrimams naudojami skirtingi įrenginiai ir kitos metodikos.

Tekstiliniai gaminiai yra uždaros organizmo-drabužių-aplinkos sistemos dalis, kurioje vyksta šilumos perdavimas. Šiluma, kaip vidinė energija keliauja iš šiltesnio objekto į šaltesnį, t.y. šiluma iš žmogaus organizmo per tekstilinius drabužius pereina į aplinką (ekstremaliomis sąlygomis gali būti atvirkščiai). Iš organizmo į aplinką šiluma gali būti perduodama spinduliavimu arba laidumu (tekėjimu). Kai šiluma perduodama laidumu, energija į aplinką plinta vertikaliai. Tekstilinės medžiagos šiluminės savybės gali būti apibūdinamos medžiagos lydymusi, degimu ar temperatūros patikrinimu. Pagal šilumos balansą galime nurodyti tekstilinės medžiagos egzoterminę reakciją (medžiagos šilumos paleidimas į aplinką) arba endoterminę reakciją (medžiagos šilumos sugėrimas iš aplinkos) [9].

Šiluminei analizei labai svarbūs tokie medžiagos parametrai: laidumas šilumai, šiluminė varža, šilumos izoliacija, šilumos perdavimas. Norint įvertinti šiluminį drabužių komfortą reikia įvairių prietaisų, kurie aiškiai charakterizuotų fizikinius poveikius. Tokie prietaisai imituoja aktyvias šilumos sąlygas organizmo ir drabužių aplinkoje. Šiluminis aktyvumas matuojamas artimomis žmogaus organizmo sąlygomis. Tinkamiausi prietaisai šiluminėms charakteristikoms išmatuoti pagal standartus yra:

- Alambeta;
- P testeris;
- Togmeteris [9].

Alambeta prietaisas yra kompiuteriu valdoma priemonė, kuri matuoja pagrindines tekstilės statines ir dinamines šilumos charakteristikas. Prietaisas išmatuoja šilumos srauto kiekį per testuojamą medžiagą, tarp skirtingų temperatūrų plokščių. Alambeta prietaiso principinė schema pavaizduota 1.3.1 paveiksle. Skirtingos temperatūros tarp apatinės plokštės, kuri yra aplinkos temperatūros ir šildymo plokštės sukelia dirbtinį testuojamos medžiagos laidumą šilumai. Padėjus testuojamą medžiagą ant apatinės plokštės, karšta plokštė juda žemyn. Iš karštos plokštės šiluma teka pro testuojamą medžiagą link matavimo plokštės. Toliau abu šilumos srautai stabilizuojasi panašiam lygyje ir tuo pačiu metu įvertinami termofizikiniai dydžiai bei medžiagos storis. Bandinio storis išmatuojamas optoelektriniu jutikliu. Reikia pažymėti, kad priemonė, tiesiogiai matuoja stacionarų šilumos srauto tankį, temperatūrų skirtumą tarp viršutinio ir apatinio medžiagos paviršių, ir medžiagos storį. Kiti šiluminiai parametrai – šiluminė varža, šilumos sugertis ir šilumos difuzija yra apskaičiuojami remiantis įvertintomis savybėmis. Visos šios savybės gali būti nustatomos sausos ar drėgnos būsenos medžiagoms [10–12].



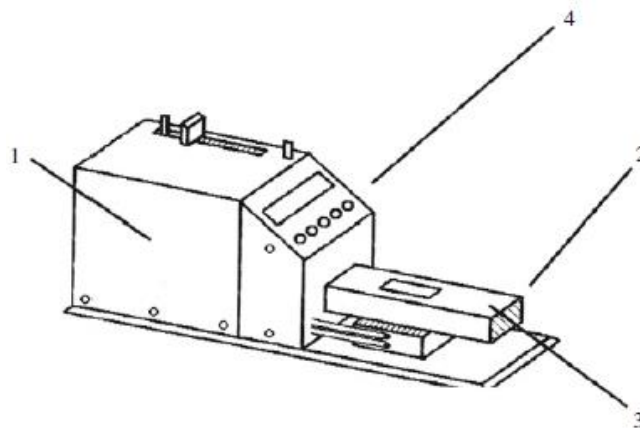
1.3.1 pav. Alambeta prietaiso schema: 1 – kompiuterinis blokas; 2 – rėmo ir korpuso blokas; 3 – šalta matavimo plokštė; 4 – karšta plokštelė; 5 – termostatas; 6 – šildytuvas; 7 – termometras; 8 – bandinys; 9 – atstumas tarp matavimo paviršių [9, 10].

P testerio prietaisu atlikti šiluminiai matavimai bei gauti rezultatai yra artimi standartui ISO 11092, tačiau jie yra daug lengviau ir ekonomiškiau gaunami. Tyrimo esmė yra išmatuoti šilumos srautą, kuris veikia tarp tekstilinės medžiagos ir šiluminio modelio (žmogaus kūno). Naudojant šį įrenginį įmanoma išmatuoti:

- Tekstilinės medžiagos šiluminę varžą stabilioje 32 °C temperatūroje;
- Tekstilinės medžiagos garavimo atsparumą ir garų pralaidumą izoterminėse ir anizoterminėse sąlygose [9].

Mikrokompiuterių pagalba, kurie yra įdiegti į prietaisą, galima pasirinkti pradinius šildytuvo temperatūros parametrus, oro greitį ir matavimo įtaiso laipsnius bei drėkinimą. Išmatuoti duomenys yra įvertinami mikrokompiuteriu ir parodomi prietaiso ekrane. Principinė prietaiso schema pavaizduota 1.3.2 paveiksle [9].

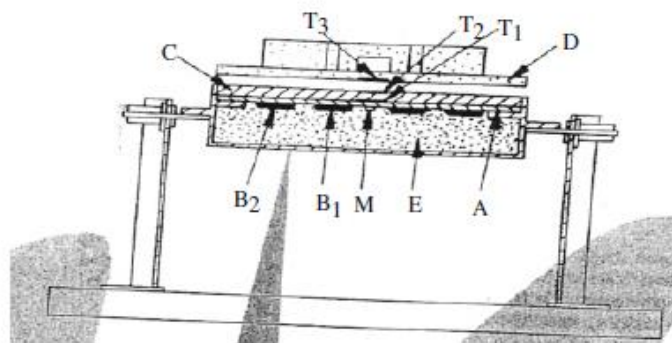
Bandymo pradžioje, esant tam tikrai temperatūrai ir oro srauto greičiui, šildytuvą būtina sudrėkinti ir koreguoti. Nurodyti įvertinimai turi būti atlikti be bandinio. Matuojamas bandinys yra patalpintas tarp drėgno bloko 3 ir oro srauto kanalo 2. Pagrindiniai prietaiso mechanizmai (stiprintuvas, mikroprocesorius, garso generatorius, valdymo blokas, konverteris) yra įdiegti į korpuso bloką 1, o matuojami duomenys rodomi ekrane 4. Kompiuteryje esanti programa suteikia ekonomiškumą bei statistiškai įvertina matavimus. P testerio išmatuotais duomenimis galima apskaičiuoti tekstilinės medžiagos santykinį garų pralaidumą, garavimo atsparumą, šiluminę varžą [9].



1.3.2 pav. P testerio principinė schema [9]

Togmeterio prietaisas yra įdedamas į dėžę su kontroliuojamu oro srautu. Eksperimentinis bandinys yra patalpinamas į dėžutę tarp šiltos ir šaltos lentų, o pasiekus stabilią būseną, šilumai jautriu elementu nuskaitymi trys terminiai nuolydžiai. Bandymo rezultatai yra išskaičiuojami kaip terminė gradientų šiluminė varža. Principinė togmeterio schema pavaizduota 1.3.3 paveiksle [9].

Prieš bandymą išmatuojamas mėginio storis, jautriu elementu T2 koreguojama temperatūra (32–35 °C). Mėginys įdedamas į dėžę tarp karštos lentos A su šildytuvais B1, B2 ir šaltos lentos D. Šilumai jautriais elementais T1, T2, T3 temperatūra matuojama kas 30 min. Tokiu pačiu būdu temperatūra matuojama ir prieš bandymą be mėginio. Izoliacijos sluoksnis E užkerta kelią šilumos išsiskaidymui iš lentos. Šiuo prietaisu nustatytais parametrais galima apskaičiuoti tekstilinės medžiagos šiluminę varžą [9].



1.3.3 pav. Togmeterio principinė schema [9]

Alambetos, P testerio ir Togmeterio prietaisų gamintojai rekomenduoja matuoti vidutinės ar didelės paviršinės masės medžiagas. Šiais trimis prietaisais buvo atlikti šiluminiai matavimai skirtingoms tekstilinėms medžiagoms: nebalintos 100 % medvilnės audiniui ir dažytam 100 % polipropileno audiniui. Atlikus bandymą ir palyginus rezultatus, nustatyta, kad apskaičiuoti laidumo šilumai rodikliai Alambeta prietaisu labiausiai atitinka medvilninių audinių teorinius rodiklius. O polipropileno audinio teoriniai rodikliai labiausiai atitinka su P testeriu išmatuotais rodikliais. Be to,

Alambeta prietaisu patogiu matuoti ir įvertinti įvairias šilumines charakteristikas, o P testeriu – matavimai įvykdomi greitai ir su galimybe statinius įvertinimus matyti kompiuteryje [9].

Medvilnės – bambuko pluoštų mezginių laidumas šilumai tirtas naudojant Alambeta prietaisą. Mezginys įtvirtinamas tarp karštos ir šaltos plokštelių. Karšta plokštelė liečiasi su mezginiu veikiant 200 Pa slėgiui. Kai tik įkaitusi plokštelė paliečia mezginio paviršių, šilumos tekėjimo sensorius užfiksuoja šilumos pratekėjimo vertę per mezginį nuo karštos plokštelės paviršiaus iki šaltos plokštelės paviršiaus. Tuo pačiu sensorius išmatuoja mezginio storį. Šios vertės panaudojamos apskaičiuojant šiluminio laidumo koeficientą  $\lambda$  [13].

Vienasluoksnių ir dvisluoksnių gaminių šiluminių savybių tyrime šiluminė varža buvo matuojama taip pat su Alambetos prietaisu. Laidumas orui buvo matuojamas Textest AG FX 3300 modelio prietaisu, o laidumas vandeniui išmatuotas Sensora Permetest matuokliu. Kiekvienų bandymų rezultatų vidurkiai buvo apskaičiuojami iš 10 matavimų kiekvienam bandiniui. Kiekvienas bandinys buvo testuojamas individualiai, o paskui išoriniai (OL1–11) ir vidiniai (IL1–22) bandiniai testuojami kartu ir įvertinamas 2-jų sluoksnių poveikis komforto savybėms. Visi bandymai atlikti standartinėse sąlygose, t. y. 27 °C temperatūroje ir 65 % oro drėgnyje [14].

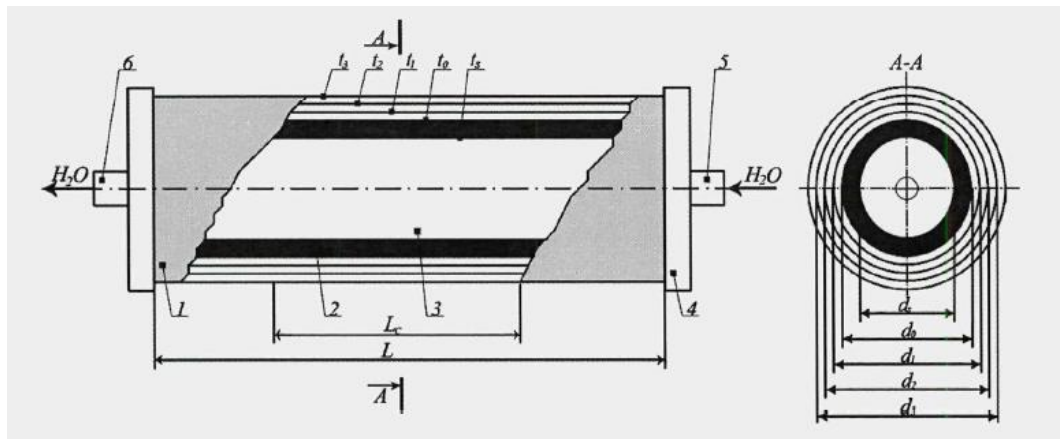
Bandinių šilumos varža išmatuota su oro tarpu. Trys mediniai žiedai, kurių storiai 5mm, 7mm ir 10mm sukuria oro tarpą tarp vidinio ir išorinio medžiagų sluoksnių. Žiedų diametras atitinka Alambetos prietaiso apatinės plokštės diametrą. Kiekvienas išorinis sluoksnis (OL 3–9) testuojami kartu su vidiniais sluoksniais (IL 1–2) su esamu tarp jų oro tarpu [14].

Kojinaičių iš natūralių pluoštų siūlų šiluminių savybių tyrimui buvo naudojamas prietaisas, kuriuo nustatomas tiriamų mezginių temperatūros kitimas sluoksniuose. Prietaisas susideda iš horizontalaus stiklinio vamzdelio, kurio galai izoliuoti termoizoliacine medžiaga. Per vamzdelį teka distiliuotas 40 °C temperatūros vanduo. Vandens temperatūra buvo tiksliai palaikoma impulsiniu termostatu. Bandiniai ant stiklinio vamzdelio buvo užvynioti trimis sluoksniais ir termoporomis tiksliai išmatuota jų temperatūra [15]. Tokiu pačiu principu tirtos ir kojinaiteš, kurios numegztos iš natūralių pluoštų (bambukas, medvilnė, soja), jų mišinių bei kombinuotų su tekstūruotu poliamidiniu ar elastano siūlais. Temperatūra matuojama termoporomis ir fiksuojama penkiose vietose – viduje ir išorėje stiklinio vamzdelio bei tarp kiekvieno bandinio sluoksnio. Kai temperatūra pasiekia tam tikrą ribą, ji užfiksuoja ALMEMO 2590-9 prietaisu. Iš gautų parametru apskaičiuojamas laidumo šilumai koeficientas [16].

Tokiu pačiu šilumos matavimo prietaisu atliktas ir dvisluoksnių mezginių iš medvilnės bei dirbtinio bambuko verpalų ir keturių tipų sintetinių siūlų laidumas šilumai. Stiklinio vamzdelio viduje tekėjo 40 °C temperatūros distiliuotas vanduo. Bandinys 1 buvo dedamas ant stiklinio vamzdelio trimis sluoksniais. Temperatūros matavimai buvo atlikti su termoporomis, kurios buvo

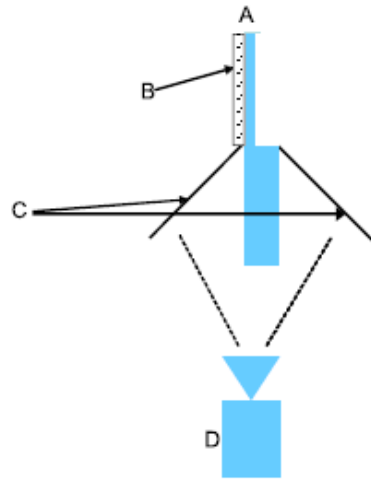


paskirstytos penkiose skirtingose vietose – ant stiklinio vamzdelio viršaus ir apačios bei taškuose  $t_s$ ,  $t_0$ ,  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ . Principinė šio matavimo prietaiso schema pateikta 1.3.4 paveiksle [17].



1.3.4 pav. Principinė šilumos matavimo prietaiso schema: 1 – bandinys; 2 – stiklinis vamzdelis; 3 – distiliuotas vanduo; 4 – termoizoliacinė medžiaga; 5, 6 – vandens tiekimo ir išleidimo vamzdeliai [17]

Plokščių gaminių šiluminių savybių įvertinimui buvo atliktas tyrimas naudojant nekontaktinį metodą. Šiam metodui (1.3.5 pav.) naudojami du infraraudonųjų spindulių veidrodžiai, kurie yra pastatyti  $45^\circ$  kampu taip, kad jų šoninės briaunos apimtų šildomą ir nešildomą bandinio puses. Bandinys yra pritvirtinamas plokščiai prie stovo, o jo viena pusė liečiasi su šildytuvu. Šilumos srautas nuo šildomos srities keliauja per mėginio paviršiaus sluoksnį į nešildomą sritį. Termovizijos kamera padėta taip, kad pratęstų mėginio kraštą ir nukreipiama į abiejų veidrodžių paviršius. Kamera yra susieta su kompiuteriu, kuriam perduodami matavimai. Tokiu būdu galima tuo pat metu įrašyti abiejų mėginio pusių pasiskirsčiusią temperatūrą. Atliekant bandymus, mėginys buvo kaitinamas 50 sekundžių, o tada šildytuvas išjungiamas. Termovizijos kamera fiksuojamas vaizdas kas 1 sekundę, o iš viso padaryta 1000 vaizdų. Tokiu metodu buvo analizuojamas teflono gaminys, o taip pat ir neaustinė medžiaga iš kanapių pluošto. Šildymo metodas neaustinei medžiagai buvo atliktas panašiai kaip ir teflonui. Dviejų vaizdų įrašymas trukdavo vieną sekundę ir kartojamas kas 500 sekundžių laikotarpį [18].



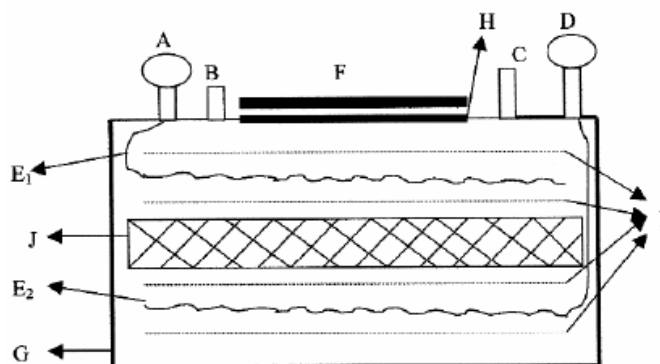
1.3.5 pav. Nekontaktinio šiluminių savybių įvertinimo metodo schema: A – 2D tekstilinis bandinys, B – šildytuvas, C – du IR veidrodžiai, D – termovizijos kamera [18]

Teflono medžiagos šiluminės savybės buvo išmatuotos dar trimis skirtingomis matavimo sistemomis, t. y. Alambeta prietaisu, specialiai paruošta matavimo sistema su pirometru ir stovu su termovizijos kamera. Visi matavimai buvo atliekami patalpoje, kurioje aplinkos temperatūra buvo  $21 \pm 1$  °C, o santykinis oro drėgnis  $65 \pm 5$  %. Matavimo stende su pirometru, mėginys buvo dedamas ant šildomos plokštelės, esant 40 °C temperatūrai. Trumpalaikis šiluminis procesas buvo įrašinėjamas. Pati šildoma plokštė gali pasiekti 40 °C temperatūrą per 16 min. Termovizijos matavimo stovė šilumos srautas teka iš vieno bandinio paviršiaus į kitą. Šildymas truko 50 sekundžių. IR spinduliai atsispindi terminio vaizdo formas, kurios rodo abiejų medžiagos pusių temperatūrų skirtumą. Alambeta prietaisu buvo išmatuoti parametrai ir apskaičiuoti laidumo šilumai koeficientai. Pirometro matavimai nebuvo labai tikslūs, nes sunku tiksliai sukalibruoti prietaisą. Tokie matavimai atlikti skirtingiems teflono konfigūracijų pavyzdžiams [19].

Taip pat taikant nekontaktinį šilumos metodą atliktas bandymas šiluminiams parametrams neaustinei izotropinei medžiagai nustatyti. Matavimui naudojamas prietaisas, kuriame sustatyti IR veidrodžiai ir bandinio ašies kryptimi pastatyta termovizinė kamera, tačiau veidrodžiai sustatyti 90° kampui. Tarp veidrodžių simetrijos ašies vertikaliai įrengtas šildymo elementas, kuris kontaktuoja su bandiniu. Kaitinimo elementas pagamintas iš elektrai laidžios neaustinės medžiagos, kuri elektriniais gnybtais pritvirtinta ant specialaus rėmo. Eksperimentui naudojamas mėginys yra padalinamas į dvi dalis. Tiek šildymo elementas, tiek mėginys yra stačiakampio formos. Kiekviena bandinio dalis prijungta prie šildymo sluoksnio suteikiant gerą mechaninį kontaktą ir elektros izoliaciją su kaitinimo elementu. Matavimo struktūra – trislauksnis matavimo rinkinys: vidinis sluoksnis, šildytuvas ir du išoriniais sluoksniais – dvi mėginio dalys. Kaitinimo elementas prijungtas prie elektros šaltinio, kurio galingumas fiksuojamas. Elektros srovė tekėdama per vidinį rinkinio

sluoksnį, sušildo abi mėginio dalis. Temperatūros pasiskirstymas ant abiejų mėginio dalių paviršiaus fiksuojamas termovizine kamera. Elektros energijos galia yra 0,25 W. Šildymo procesas truko 360 sekundžių, o fiksavimas – 600 sekundžių (10 min). Iš šio bandymo gautų rezultatų parengti tekstilinės medžiagos šiluminių savybių teoriniai modeliai. Pagal temperatūros ir laiko eigą teoriniai ir eksperimentiniai bandymo rezultatai yra susiderinę. Tačiau tyrimų, atliktų su Alambeta prietaisu, rezultatai parodė kitokią šios medžiagos laidumo šilumai vertę. Bet tai galėtų būti todėl, kad visi skaičiavimai buvo atlikti su pastoviomis medžiagos šilumos parametrų vertėmis [20].

Rankų darbo veltinei medžiagai, kuri pagaminta iš avių vilnos, kumpranugarių plaukų, triušių plaukų bei jų mišinių taip pat atlikti laidumo šilumai tyrimai. Laidumas šilumai tirtas naudojant SASMIRA testerį (1.3.6. pav), kurio pagalba gaunamos laidumo šilumai vertės. Veltinio pavyzdžiai, kurie yra 15 cm diametro, dedami virš kaitinimo plokštės. Apsauginės plokštės temperatūra palaikoma apie 50 °C karščio, o kaitinimo plokštės temperatūra 45 °C. Tarp veltinio ir įkaitintos plokštės yra 5 mm tarpas. Bandinio temperatūros mažėjimas fiksuojama skirtingais intervalais, t. y. 15, 30, 45 ir 60 min. Matavimai atlikti kambario temperatūroje (27±2 °C) palaikant 37 °C plokštės temperatūrą, taip imituojant žmogaus kūną. Veltinio laidumas šilumai apskaičiuojamas matematiškai [21].



1.3.6. pav. Sasmira testerio principinė schema: A – kaitinimo plokštės temperatūros reguliatorius; B – kaitinimo plokštės termometras, C – apsauginės plokštės termometras; D – apsauginės plokštės temperatūros reguliatorius; E<sub>1</sub> – kaitinimo plokštės elektrinės grotelės; E<sub>2</sub> – apsauginės plokštės elektrinės grotelės; F – bandinys; G – apsauginė dėžė; H – kaitinimo plokštė; I – folijos lakštai; J – ebonitinis blokas [21]

Laidumas orui tiriamas pagal LST EN ISO 9237:1997 standartą, aprašant plokščių tekstilės medžiagų laidumo orui matavimo būdą, kuris taikomas daugeliui orui laidžių medžiagų. Skersinių mezginių iš nedegių siūlų laidumo orui tyrimas atliktas taip pat pagal šį standartą. Bandiniui naudotas 10 cm<sup>2</sup> kiaurymės žiedo formos bandinio laikiklis bei pasirinktas 100 Pa slėgių skirtumas.

Laidumo orui bandymai buvo atlikti per 1, 2, 3 ir 4 to paties mezginio sluoksnius. Kiekvienam bandiniui buvo atlikta po 5 matavimus [22].

Remiantis anksčiau minėtu standartu atliktas tyrimas lygiojo skersinio pynimo mezginiams iš medvilnės ir sojos verpalų, bei lygiojo sluoksniuotinio pynimo mezginiams su tekstūruotu poliamidiniu siūlu. Laidumas orui matuotas su „L14DR“ įtaisu. Juo galima matuoti oro kiekį, praeinantį pro 5, 20, 50 ir 100 cm<sup>2</sup> pavyzdėlį. Slėgis tiekimo sistemoje buvo 100 Pa. Tyrimui paruošti 5 cm<sup>2</sup> bandiniai, kurių plotai įvertinami koeficientu [23].

Taip pat pagal šį standartą atliktas dvisluoksnių skersinių mezginių laidumo orui tyrimas. Iš mezginių medžiagos iškirpta dešimt bandinių, kurių skersmuo 47 mm. Bandiniai pritvirtinami laikiklyje darbine puse žemyn. Reduktoriumi į sistemą leidžiamas oro srautas. Manometru stebimas slėgio kilimas. Slėgiui pasiekus 100 Pa ir nusistovėjęs, užfiksuojamas per rotametą praėjusio oro debitas. Atlikus bandymus, apskaičiuoti laidumo orui koeficientai pagal formules [24].

Kojinaičių, numegztų iš medvilnės, bambuko, sojos pluoštų, bei jų mišinių su tekstūruotu poliamidu ir elastanu, laidumas orui nustatinėtas L14DR testeriu. Oro srauto rodiklis nustatytas 20-čiai bandinių. Pagal gautus rezultatus apskaičiuojamas mezginių laidumas orui [25].

Mezginių, kurie sudaryti iš sojos, bambuko ar medvilnės pluoštų, bei jų mišinių su elastanu arba tekstūruotu poliamidu vandens sugertis tirta pagal tam tikrą metodą. Mezginių pavyzdžiai buvo kondicionuojami laboratorijoje, po to sukarpyti (10x10) ir pasverti. Tokie pavyzdžiai palaikomi distiliuotame vandenyje vieną minutę ir ištraukiami. Kad būtų pašalintas vandens perteklius mezginiai pakabinami trims minutėms. Tuomet pasveriamas šlapio mezginio pavyzdys ir pagal gautus duomenis apskaičiuojama vandens absorbcija [26].

Mezginių, numegztų lygiuoju sluoksniuotiniu pynimu iš bambuko verpalų ir sintetinių siūlų derinių, vandens absorbcijos tyrimas atliktas užlašinant vandens lašą ant mezginio vidinės pusės, kuri numegzta iš sintetinių siūlų ir filmuojant skysčio elgseną bėgant laikui. Absorbuotas – distiliuotas vanduo yra užlašinamas iš vieno centimetro aukščio ant kondicionuoto, tolygiai patiesto bandinio. Matuojamas laiko intervalas, nuo tada, kai ant mezginio paviršiaus padėtas vandens lašas palaipsniui praranda savo stabilią formą ir, bėgant laikui, yra pilnai absorbuojamas mezginio. Metric 7.0 programa išmatuotas dėmės plotas. Pabaigos momentu yra laikomas momentas, kai dėmės plotas daugiau nebedidėja arba kitimas yra visiškai nereikšmingas. Skysčiui užlašinti buvo naudojama kalibruota pipetė. Užlašinamo skysčio kiekis – 1 µl, o temperatūra – 40 °C [27].

Taip pat šiems mezginiams tirta statinė vandens absorbcija puodelio metodu, indą uždengus bandomąja medžiaga. Indo skersmuo 75 mm, bandinio skersmuo 100 mm. Indas su vandeniu kaitinamas ant krosnelės Yellow Line MSH basic. Prieš bandymą indelis su vandeniu pasveriamas. Į indelį pilamas vandens kiekis – 50 ml. Krosnelės pagrindo ir inde esančio vandens temperatūra 40

°C. Indas uždengtas megztine medžiaga, kaitinamas ant krosnelės 1val, poto pasveriamas. Po garinimo išmatuojamas megztinės medžiagos dėgnis. Tiriant džiūvimą, bandinys po garinimo dar kartą pasveriamas po 1 valandos džiovinimo ir vėl apskaičiuojamas drėgnis [27].

Iš visų tirtų bandinių gautų parametrų, matematiškai apskaičiuotos bei statistiškai pateikiamos tam tikros savybės. Medžiagų nustatytos savybės pateikiamos ir aptariamoms 1.4 Laidumo šilumai tyrimai ir 1.6 Laidumo orui tyrimai skyreliuose.

## 1.4 Laidumo šilumai tyrimai

Laidumas šilumai – medžiagos savybė praleisti šilumą, t.y. termoizoliacinė medžiagos savybė [28]. Šiluminėmis savybėmis vadinamos tokios tekstilės medžiagų savybės, kurios apibūdina jų elgseną, veikiant šiluminei energijai. Šiluma per tekstilės medžiagas perduodama pluoštų ir tarp jų esančių oro porų laidumo šilumai, oro konvekcijos ir šilumos spinduliavimo dėka. Dažniausiai susiduriama su tekstilės medžiagų laidumu šilumai bei atsparumu karščiui ar šalčiui [15].

Medžiagos laidumas šilumai įtakoja žmogaus pojūtį vėsai ar šilumai. Kai labai šalta ar karšta žmogaus kūnas negali pats pasiekti tam tikro šilumos pojūčio, todėl dėvimai drabužiai turi palaikyti šilumos reguliaciją tarp žmogaus kūno ir aplinkos [29]. Renkantis drabužius reikia atsižvelgti į tai, kokių sezono laikotarpiu jis bus dėvimas. Vasaros metu dėvimas drabužis turi žmogų vėsinti, o žiemą – šildyti. Todėl žiemos sezonu populiariausi yra megzti gaminiai, nes jų “aktyumas” neleidžia į atmosferą perduoti žmogaus kūno šilumos [13].

Medžiagų parametrai, turintys įtakos laidumo šilumai charakteristikoms: [30]:

- Tankumas;
- Svoris;
- Storis;
- Pluošto rūšis;
- Gamybos technologijos.

Tekstilės medžiagų šiluminės savybės apibūdina šie rodikliai [15, 28]:

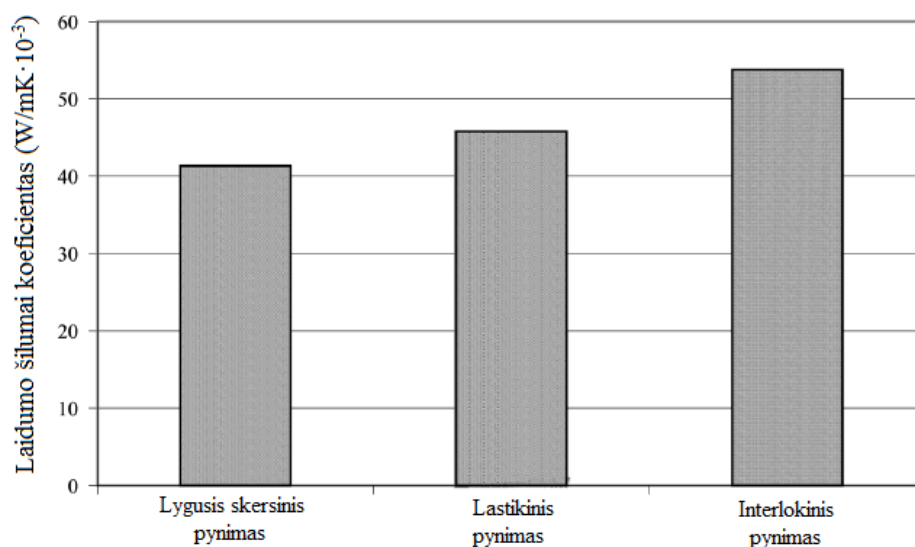
- Šiluminio laidumo koeficientas  $\lambda$ ;
- Šiluminė varža  $R$ ;
- Palyginamoji varža  $r$ .

Šilumos laidumo koeficientas  $\lambda$  rodo pro medžiagos paviršiaus ploto vienetą praeinančio šilumos srauto galią, kai medžiagos storis lygus storio vienetui, o temperatūrų skirtumas abiejose medžiagos pusėse lygus temperatūros vienetui [15]. Kuo mažesnė  $\lambda$  vertė, tuo geresnėmis izoliacinėmis savybėmis pasižymi medžiaga [28]. Šiluminė varža  $R$  parodo, kaip medžiaga gali

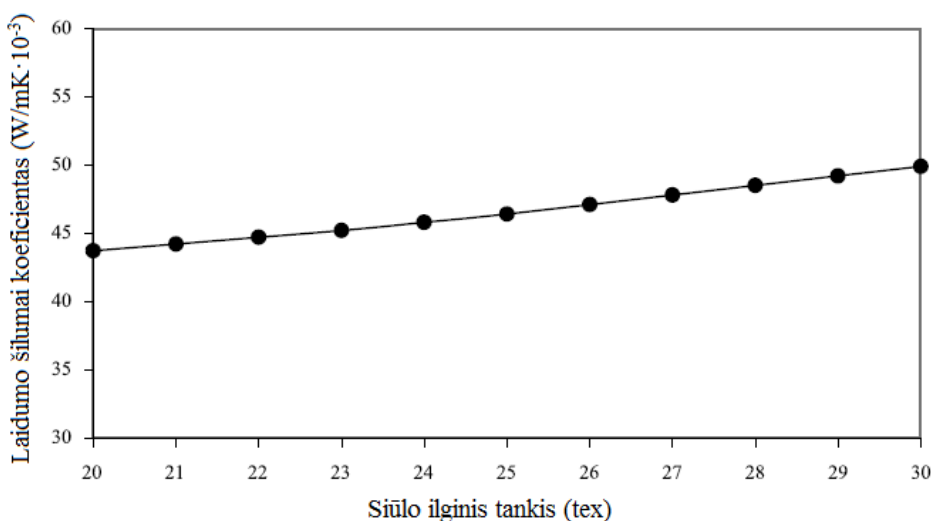
sulaikyti šilumą. Kuo šiluminė varža didesnė, tuo mes labiau jaučiame šiltesnį pojūtį. Palyginamoji šiluminė varža  $r$  parodo skirtingų medžiagų šiluminę varžą, kai jų visų storis vienodas [15].

Nustatyta, kad mezginių, numegztų su sanglaudžiuoju būdu pagamintais verpalais, šilumos izoliacija yra didesnė, nei mezginių, numegztų su žiedinio verpimo verpalais. Tai gali lemti verpalų geresnis vientisumas. Taip pat yra prielaida, kad išilgai verpalų ašies šilumos laidumas yra didesnis nei skersine jo kryptimi. Tokio laidumo savybė taikoma visoms pluoštų rūšims [30].

Atliktas laidumo šilumai tyrimas [13] mezgiamiems medvilnės–bambuko gaminiams. Gaminių pavyzdžiai megzti lygiuoju skersiniu, interlokiniu ir lastikiniu pynimais. 1.4.1 paveiksle pateikti mezginių laidumo šilumai koeficientai, kai verpalų ilginiai tankiai, bambuko pluošto proporcijos, mezginių storis ir oro tankis yra vienodi. Didžiausią laidumą šilumai turi interlokiniu pynimo meginys, o prasčiausiu laidumu šilumai pasižymi lygiojo skersinio pynimo meginys.



1.4.1 pav. Skirtingų pynimų mezginių laidumo šilumai koeficientų palyginimas [13]



1.4.2 pav. Mezginių laidumo šilumai priklausomybė nuo verpalų ilginio tankio [13]

1.4.2 paveiksle pateikta laidumo šilumai priklausomybė nuo verpalų ilginio tankio, kai visi kiti mezginių parametrai yra vienodi. Matoma, kad didinant mezginio verpalų ilginį tankį, taip pat didėja ir laidumas šilumai. Taip yra todėl, kad keičiant verpalų ilginį tankį, keičiasi mezginio akytumas. Didinant mezginių, kurių struktūra ir pluoštinės sudėties santykis yra vienodas, verpalų ilginį tankį, mezginio akytumas mažėja. Taip pat nustatyta, kad padidinus bambuko pluošto kiekį mezginyje laidumas šilumai sumažėja [13].

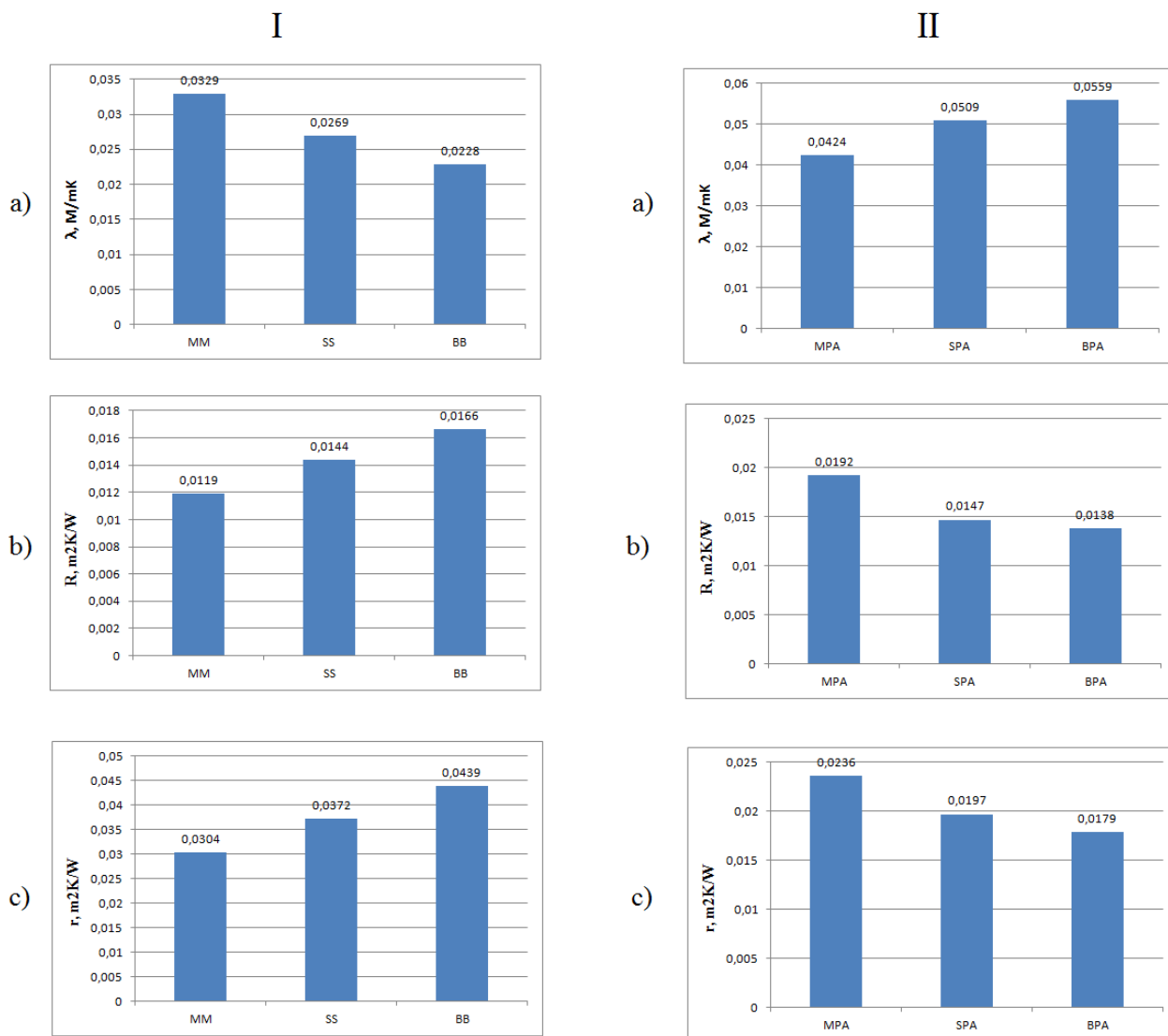
Ištirtos [14] vienasluoksnių ir dvisluoksnių gaminių šiluminės savybės. Vidinis sluoksnis – tai du 100 % medvilniniai mezginiai, iš kurių vienas numegztas lygiuoju skersiniu pynimu (IL1), o kitas lastikiniu (IL2). Viršutinis sluoksnis – tai poliesterio/viskozės ir poliesterio/medvilnės kostiuminiai audiniai (OL1–11). Taip pat tirti dveji 100 % medvilniniai marškinėlių audiniai. Visų tiriamų pavyzdžių storai skiriasi., storiausias buvo lastikinis meginys, o ploniausias – marškinėlių audiniai (OL12 ir OL13). Ištirta, kad egzistuoja ryšys tarp gaminio šiluminės varžos ir jo storio. Bet šis santykis yra tik specifiniams tipams, kaip marškinėlių, kostiumų ar megztoms medžiagoms. Tokia savybė negali būti taikoma jei visi tipai yra apimami kartu. Terminis komfortas drąstiškai žemėja, kai vidinis sluoksnis suporuojamas su išoriniu sluoksniu. Taigi tinkamai suprojektuoti pavieniai drabužių sluoksniai yra labiau komfortabilūs.

Patogumas dėvint – vienas iš svarbiausių aprangos rodiklių, tame tarpe ir kojinių. Kojinaitės tradiciškai mezgamos iš medvilnės verpalų kartu įmezgant tekstūruotą poliamido siūlą. Poliamido siūlas pasižymi stiprumu, o medvilnės verpalai – geromis higieninėmis savybėmis, gerai sugeria drėgmę, yra pralaidūs orui ir teikia malonų pojūtį [15].

R. Marazaitė, J. Abromavičiūtė, R. Čiukas atliko tyrimą [15], kurio tikslas buvo sužinoti kojinaičių iš natūralių pluoštų siūlų šiluminės savybes. Tirtos lygiuoju skersiniu sluoksniuotiniu pynimu megztos kojinaičės iš medvilnės, bambuko ir sojos verpalų, bei sluoksniuotinių mezginių su tekstūruotu poliamidiniu siūlu. Šio tyrimo rezultatai pateikti 1.4.3 paveiksle.

Minėtame darbe tirtų grynpluoščių mezginių iš medvilnės (MM), sojos (SS) ir bambuko (BB) verpalų šiluminio laidumo didžiausiu koeficientu pasižymi medvilninis meginys, o šilumine varža ir palyginamąja šilumine varža – bambuko meginys. Priešingos tendencijos nustatytos, tiriant mezginius iš medvilnės (MPA), sojos (SPA) ir bambuko (BPA) verpalų su poliamido siūlu, t.y. šiluminio laidumo didžiausiu koeficientu pasižymi bambuko su poliamidu meginys, o šilumine varža ir palyginamąja šilumine varža – medvilnės su poliamidu meginys. Tirtų mezginių su poliamidu šiluminio laidumo koeficientas didesnis nei grynpluoščių mezginių. Meziniai iš sojos užima tarpinę padėtį tarp bambuko ir medvilnės mezginių [15].

Nustatyta, kad tirtos tradicinės medvilninės kojinitės su poliamidu geriausiai tinka šaltajam metų laikui, kai reikia kad kojinitės saugotų nuo šalčio. Šaltuoju laiku taip pat tinkamos ir tirtos kojinitės iš bambuko. Šiltuoju metų laiku, kai reikia, kad kojinitės praleistų šilumą, patogiausia yra kojinitės, numegztos iš bambuko verpalų ir poliamido siūlų derinio, taip pat ir grynapluoštės medvilnės kojinitės. Kojinitės numegztos tik iš sojos verpalų bei iš sojos verpalų ir poliamido siūlų derinio, tinkamos dėvėti visus metus [15].



1.4.3 pav. Grynapluoščių mezginių I ir mezginių su poliamidu II: a) šiluminio laidumo koeficientai, b) šiluminė varža, c) palyginamoji šiluminė varža [15]

Šiuo metu labai populiarūs mezginiai, sudaryti iš elastano ir medvilnės ar kitų natūralių pluoštų mišinių. Ypač tokie mezginiai naudojami sportinėje aprangoje, dėl puikių elastaninio siūlo savybių (gerai išlaiko savo formą, minkštas, atsparus trinčiams, dilimui ir daugeliui chemikalų) [4].



Dėl didelio mezginių su elastanu populiarumo ištirtos kojinitės, kurios numegztos iš natūralių pluoštų (bambukas, medvilnė, soja), jų mišinių bei kombinuotų su tekstūruotu poliamidiniu ar elastano siūlais. Dažniausiai naudojamos kojinitės padengtos tekstūruotu poliamidiniu ar elastaniniu siūlu, kuris sudaro ne daugiau kaip 30 % viso pluošto mišinio. Atlikus tyrimą pastebėta, kad didinant ilginį verpalų tankį, mažėja šiluminė varža, ypač tokiose mezginių kombinacijose, kurios sudarytos iš kelių natūralių pluoštų verpalų ir tekstūruoto PA ar elastano siūlo. Didesnėmis šilumos varžomis pasižymi visi mezginiai padengti elastano siūlu. Mažesne šilumine varža pasižymi mezginiai iš natūralių pluoštų su tekstūruotu poliamidu. Visos kojinitės, numegztos iš kombinuotų pluoštų su elastanu, gali būti dėvimos norit jausti šilumą [31].

Priešingi rezultatai gauti tiriant [16] laidumą šilumai mezginiams išnatūralių pluoštų. Mezziniai pagaminti iš natūralių pluoštų su elastanu pasižymi mažu laidumo šilumai koeficientu. Visi mezziniai su poliamido siūlu turi didesnę laidumo šilumai koeficientą. Palyginus mezztas kojinites iš skirtingų pluoštų, šiltuoju sezonu reiktų dėvėti kombinuotus mezzinius su poliamidiniu siūlu. Mezziniai galėtų būti pagaminti iš medvilnės/ sojos ar bambuko/ linų su tekstūruotu poliamido siūlu. Dėvint tokias kojinites, dėl jų didesnio laidumo šilumai, žmogus jaus geresnį komfortą. Šaltuoju sezonu, dėl mažesnio laidumo šilumai, tinka dėvėti kojinites su elastanu. Tokios kojinitės galėtų būti numegztos, iš medvilnės/ sojos ar bambuko/ linų su elastano siūlu.

A. Bivainytė, D. Mikučionienė ir P. Kerpauskas atliko dvisluoksnių mezzinių laidumo šilumai tyrimą. Bandiniai numegzti 22 klasės mezzgimo mašina. Bandinių išorinis sluoksnis yra iš medvilnės ir dirbtinio bambuko verpalų, o vidinis sluoksnis iš PP, PES, PA ir Coolmax siūlų. Nustatyta, kad mezzinių iš dirbtinio bambuko verpalų ir sintetinių siūlų laidumas šilumai yra mažesnis, nei mezzinių iš medvilninių verpalų ir atitinkamų sintetinių siūlų. Taip pat didėjant mezzinių kilpos ilgiui didėja ir laidumas šilumai. Be to nustatyta, kad didėjant mezzginio storiui taip pat didėja šiluminė varža [17].

Dauguma tyrimų yra parodę, kad šilumos perdavimas priklauso nuo pluošto skersmens, o kuo pluoštas plonesnis, tuo mažesnis šilumos perdavimas. Buvo atlikti tyrimai [21] rankų darbo veltinei medžiagai, kuri pagaminta iš avių vilnos, kupranugarių plaukų, triušių plaukų bei jų mišinių. Gyvūnų pluoštų paviršiaus nelygumai sudaro mažas oro kišenėles, kurios sudaro izoliacijos barjerą ir suteikia geresnę šilumą. Produktai iš tokių pluoštų turi apsaugos nuo šalčio savybę. Tyrimas parodė, kad veltinis pagamintas iš 100 % kupranugario plaukų pasižymi didesniu laidumu šilumai nei veltiniai iš Chokla vilnos ar triušio plaukų. Tačiau jei pluoštai yra maišomi, tendencija yra tokia, kad didžiausiu laidumu pasižymi Chokla vilna, kupranugarių plaukai ir triušių plaukai. Taip yra todėl, kad tokiuose veltiniuose yra didesnis kiekis triušio ir kupranugario plaukų nei Chokla vilnos. Didesnis tokių pluoštų kiekis sudaro didesnę oro izoliacijos sluoksnį. Išskirtiniu elgesiu pasižymi

kupranugario plaukų veltinis, t. y. didesnis laidumas gali būti dėl santykinai didelio kupranugario plaukų tūrio ir mažesnio oro tūrio. Atlikus tyrimą padarytos tokios išvados: pagaminti veltiniai iš triušio plaukų ir jų mišinių yra lygesni, šiltesni ir minkštesni palyginus su kupranugario plaukų ir vilnos veltiniais; gaminių laidumas šilumai yra labai susijęs su pluošto skersmeniu [21].

M. Matusyak tyrinėjo viengubųjų ir daugiasluoksnių tekstilės gaminių termoizoliacines savybes. Tyrimas taikytas žiemos sezono lauko drabužių medžiagoms, t. y. medvilniniams audiniams, šiluminės izoliacijos medžiagoms bei daugiasluoksnei medžiagai, kuri pagaminta iš medvilninio audinio ir šilumine izoliacijos medžiaga. Šiluminės izoliacinės medžiagos, kaip atskiri elementai nėra naudojami, o dažniausiai sudaro vidinį daugiasluoksnių drabužio sluoksnį. Tyrinėtos medžiagos: medvilninis audinys, austas ruoželio 2/1 pynimu; izoliacinė medžiaga (W1) yra neustinė PES medžiaga; trisluoksni medžiaga (W2) pagaminta iš viskozės, PES neaustinės medžiagos ir PES tinklo. Atlikus tyrimą Alambeta prietaisu padarytos tokios išvados: medvilniniai audiniai pasižymi daug didesne šilumos sugėtimi, nei šiluminės izoliacinės medžiagos W1 ir W2; daugiasluoksni medžiagos W2 šilumos sugertis yra žymiai didesnė, negu neaustinės W1 medžiagos; stacionarus šilumos srauto tankis medvilnio audinio yra didesnis nei neaustinės W1 medžiagos; porėta neaustinė medžiaga pasižymi itin didele šilumos difuzija; tankesnė medžiaga, esanti didesnės šilumos pusėje, apriboja daugiasluoksni medžiagos lygiavertę šilumos difuziją; stacionarus šilumos srauto tankis tankaus audinio yra daug didesnis nei porėtos neaustinės medžiagos [12].

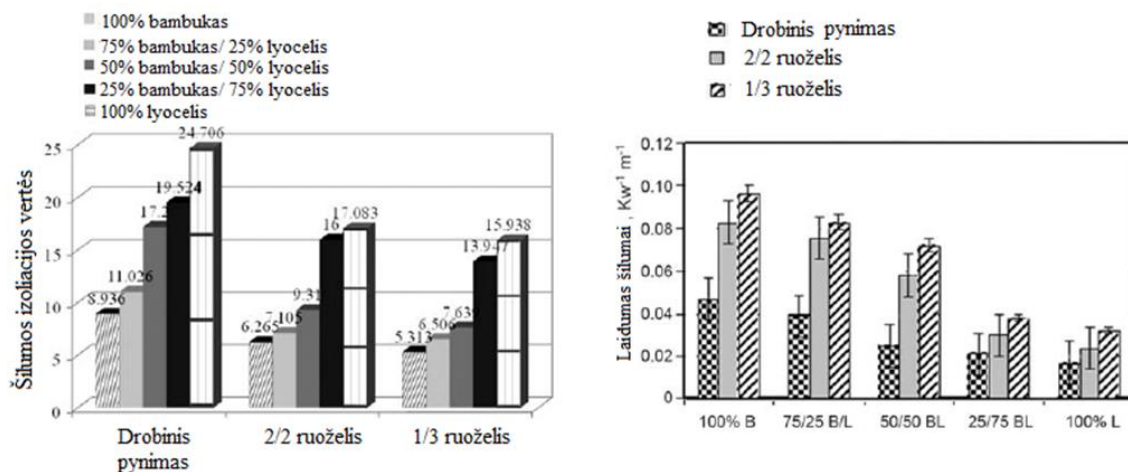
Buvo pastebėta, kad dėvint sintetinius drabužius žmonės jaučia padidėjusį nuovargį. Todėl atlikti tyrimai siekiant išsamiai išanalizuoti drabužių paviršiaus elektrostatinį krūvį ir temperatūros pasiskirstymą dėvėjimo metu. Bandymui parinkti drabužiai iš sintetinių ir natūralių pluoštų. Natūraliems pluoštams atstovavo linas, o sintetiniams – poliesteris, nes jis yra dažniausiai naudojamas drabužių gamybai. Buvo pagaminti vyriški austi marškinėliai. Tiek vieno, tiek kito pluošto marškinėliai buvo ilgomis rankovėmis, vienodai suprojektuoti ir tokių pačių charakteristikų. Testavimo sąlygos buvo tokios: oro drėgnis 50 %, temperatūra 20 °C [32].

Maža lino audinio paviršiaus varža parodo, kad linas skirtingai nei poliesteris ant paviršiaus nesulaiko elektrostatinio krūvio. Asmuo dėvintis poliesterinius drabužius nuolat yra veikiamas elektrinio lauko. Atliekant šį bandymą elektrostatinis krūvis ir temperatūros pasiskirstymai ant drabužių paviršiaus buvo fiksuojami. Savanoris vyras pastovioje temperatūroje ir oro drėgnyje dėvėjo marškinėlius. Jis neatlikinėjo jokių pratimų, valgė tik vaisius ir gėrė mineralinį vandenį. Per pirmąsias dvi bandymo valandas, vyras vilkėjo poliesterinius marškinėlius, o paskui dvi valandas lininius. Jo kiti drabužiai buvo iš natūralių pluoštų (medvilnės). Bandymas buvo kartojamas daug kartų, tomis pačiomis sąlygomis [32].

Bandymas parodė, kad lininių marškinių elektrostatinio lauko potencialo skirtumas tiek statinėmis, tiek dinaminėmis sąlygomis yra labai mažas, artimas nuliui. Tiriant poliesterinius marškinius nustatyta, kad elektrostatinis krūvis kaupiasi ant marškinių paviršiaus statinėmis sąlygomis. Elektrostatinis potencialų skirtumas labai didėja dinaminėmis sąlygomis. Visi matavimai buvo atliekami kas 20 minučių [32].

Ant lininių marškinių elektrostatinio krūvio nebuvo pastebėta. Elektrostatinio lauko potencialų skirtumas, esant 15 mm atstumu nuo marškinių dinaminėmis sąlygomis buvo 600 V, o statinėmis sąlygomis apie 400 V. Pagal atlikto bandymo rezultatus matome, kad dėvint poliesterinius marškinius, ant jų paviršiaus yra išsaugojamas elektrostatinis krūvis bei padidėjusi temperatūra, o tai gali būti elektromiografinių jėgų parametru pokyčio priežastis [32].

Termoreguliacinių sąvybių tyrimui panaudoti kombinuoti bambuko ir liocelio siūlai, kurie skirti drabužiams bei medicininei tekstilei. Ištirtos tokios tekstilinės medžiagos: 100 % bambuko ir 100 % liocelio audiniai; 75 % bambuko/25 % liocelio audinys, kuriame metmenys yra iš bambuko, o ataudai iš bambuko ir liocelio; 50 % bambuko/50 % liocelio audinys, kuriame ataudai iš liocelio, metmenys iš bambuko; 25 % bambuko/75 % liocelio audinys, kuriame ataudai yra iš liocelio o metmenys iš bambuko ir liocelio. Audiniai buvo audžiami drobinu, 2/2 ruoželio ir 1/3 ruoželio pynimais [33].



1.4.4 pav. Audinių šiluminės savybės [33]

Tyrimas atliktas kiekvieno audinio abiems pusėms, tiek priekinei pusei, tiek galinei pusei. Kiekvienos pusės parametrai matuojami 5 kartus ir apskaičiuojami vidurkiai. Tyrimo audinių šilumos savybių rezultatai pateikti 1.4.4 paveiksle. Matyti, kad 1/3 ruoželio pynimu austo audinio šilumos izoliacija yra aukštesnė, nei drobinio 2/2 ruoželio pynimo. Tokios sąvybės priežastis gali būti dėl audinio tankumo ir didelio siūlų praslydimo ruoželio pynime. Bambuko/liocelio sudėtis

medžiaga pasižymi didesniu laidumu šilumai, kai didinamas bambuko pluošto kiekis. Šilumos sklaidimo greitis didėja, kai audinio tankumas ir poringumas yra mažesnis. Audinio šilumos izoliacija didėja, kai didėja liocelio kiekis medžiagoje, nes liocelio laidumas šilumai yra mažesnis palyginus su bambuko pluoštu. Tokia bambuko/ liocelio sudėties audinių šilumos elgsena vysto naujų produktų gamybą žiemos/ vasaros sezonams [33].

Plokščių gaminių šiluminių savybių matavimams [18] parinkta neaustinė daugiasluoksnė medžiaga, kuri pagaminta iš trijų teflono plokščių, o kiekviena plokštė yra 3 mm storio. Plokštelės buvo sujungtos, kad nepraslystų. Viena bandinio pusė lietėsi su šildytuvu, o kita ne. Kai kuriose zonose plokštelės buvo pagamintos su skylėmis, kad susidarytų akyta medžiaga. Analizuojant rezultatus pastebėta, kad šildomo mėginio pusės temperatūra, beveik visais atvejais, yra didesnė nei priešingo mėginio paviršiaus; temperatūros padidėjimas abiejų mėginio pusių prasideda tuo pačiu metu; temperatūra didėti pradeda įjungus šildytuvą po 50 sekundžių; temperatūros didėjimas nekaitinamoje pusėje trunka ilgiau, nei kad šildomoje pusėje; atvėsimo charakteristikos abiejų pusių buvo panašaus pobūdžio. Tokiu pat metodu buvo analizuojama neaustinė medžiaga iš kanapių pluošto. Šildymo metodas buvo atliktas panašiai kaip ir teflonui. Medžiaga iš kanapių pluošto nėra laidu infraraudoniesiems spinduliams. Todėl tiriant šią medžiagą pastebėta, kad nešildomoje pusėje temperatūra pradeda didėti maždaug tik po 83 sekundžių nuo šildymo pradžios. Šildomos pusės temperatūros didėjimas truko iki 225 sekundžių, nuo šildytuvo įjungimo, o nešildomos pusės temperatūros didėjimas truko iki 425 sekundžių. Maksimaliai šildomos pusės temperatūra pasiekė 28,2 °C, o tuo tarpu nešildoma pusė pasiekė 25,7 °C temperatūrą [18].

Termografiniu metodu [19] tirta teflono medžiaga, kuri sudaryta iš 3 sluoksnių. Ilgiausias sluoksnis yra kontakte su šildytuvu. Siekiant teflono bandiniu užtikrinti tekstilinės medžiagos imitaciją, parengtas teflono pavyzdys, kurio dviejų sluoksnių viršutinėje dalyje turėjo skylės, o apatinė pavyzdžio dalis buvo be angų. Eksperimento rezultatai labai nesiskiria nuo teorinių teflono laidumo šilumai verčių. Atlikti matavimai skirtingų konfigūracijų teflono pavyzdžiams, kurie pateikti 1.4.1 lentelėje. Kaip ir buvo tikėtasi, didžiausią laidumo šilumai vertę turi trijų sluoksnių teflono medžiaga be skylių. Tuo tarpu mažiausiu laidumu pasižymi medžiagos su skylutėmis ir be aliuminio folijos. Kitų 3 sluoksnių konfigūracijų medžiagos turėjo numanomas vertes, t. y. medžiagos su skylėmis buvo pripildytos oro ir pasižymėjo mažesnėmis laidumo šilumai vertėmis.

1.4.1 lentelė. Termografiniu metodu tirtų teflono medžiagų tyrimo rezultatai [19]

| Teflono bandinio sudedamosios dalys |  | Laidumo šilumai koeficientas $\lambda$ , W/(m·K) |
|-------------------------------------|--|--|
| I                                   |  | II   |
| 1                                   | Sluoksnis be skylių – aliuminio folija – sluoksnis su skylėmis – sluoksnis su skylėmis | 0,23   |

#### 1.4.1 letelės tęsinys

|   | I  | II   |
|---|--|------|
| 2 | Sluoksnis be skylių – sluoksnis su skylėmis – sluoksnis su skylėmis                  | 0,21 |
| 3 | Sluoksnis be skylių – aliuminio folija – sluoksnis su skylėmis – sluoksnis be skylių | 0,28 |
| 4 | Sluoksnis be skylių – sluoksnis su skylėmis – sluoksnis be skylių                    | 0,26 |
| 5 | Sluoksnis be skylių – sluoksnis be skylių – sluoksnis be skylių                      | 0,30 |
| 6 | Sluoksnis be skylių – aliuminio folija – sluoksnis be skylių – sluoksnis be skylių   | 0,32 |

### 1.5 Laidumo vandeniui tyrimai

Tekstilės gaminių patogumas dėvint dažniausiai siejamas ne tik su laidumu šilumai, bet ir su laidumu vandens garams per tekstilinę medžiagą. Dėvint drabužį turi būti užtikrinta gera termoreguliacija, kad žmogus jautųsi patogiai. Laidumo drėgmei rodiklis svarbus daugeliui tekstilės gaminių, tame tarpe ir kasdieninei, ir sportinei aprangai [26,34].

Šlappumu vadinama medžiagos savybė sąlityje su vandeniu sušlapti ir jį sugerti. Kad dėvėtojas jaustųsi patogiai, prie odos besiliečiantis mežginio sluoksnis turi būti sausas ir greitai transportuoti drėgmę į išorinį mežginio sluoksnį. Todėl svarbu atrasti tokius medžiagų derinius, kurie tenkintų šią savybę, nes tai yra lemiamas veiksnys psichologiniam komfortui [27, 34].

Skirtingomis klimato sąlygomis, esant skirtingam prakaitavimo lygiui, drabužis turi gerai sugerti ir greitai pašalinti drėgmę. Žmogus aktyviai judėdamas prakaituoja, todėl prie odos priglundę drabužiai sušlampa. Dėl šios priežasties dėvimi sportiniai drabužiai turi pasižymėti prakaito išgarinimu ir laidumu orui. Taigi, svarbiausia drabužių savybė yra išgarinti prakaitą nuo odos paviršiaus, kita svarbi savybė – transportuoti drėgmę į išorę ir suteikti dėvėtojui sausumo pojūtį [27, 34].

Medžiagos drėgmės absorbcija labiausiai priklauso nuo pluošto savybių. Tačiau medžiagos laidumas vandeniui priklauso ir nuo pačioje medžiagoje esančio drėgmės kiekio [4, 7]. Nustatyta, kad esant sausai medžiagai laidumas vandeniui yra patenkinamas. Tačiau esant medžiagai šlapioje būsenoje, išorėje susiformuoja vandens plėvelė, kuri labai sumažina medžiagos laidumą vandeniui [29].

Drėgna žmogaus oda gali labai padidinti vėsimo pojūtį kūnui, kuris suteiks vartotojui diskomfortą. Todėl žinios apie laidumą vandeniui yra labai svarbios specialiųjų technologijų drabužių gamyboje, kurie naudojami ekstremaliose oro sąlygose su didele drėgme. Šilumos srauto tankis, susidarantis dėl prakaito garavimo, sukelia kūno šilumos praradimą ir suteikia vėsimo efektą. Taip pat šilumos srauto tankis suteikia vėsimo efektą susidarantį dėl drėgmės garinimo nuo gaminio paviršiaus [29].

Buvo atlikas tyrimas, leidžiantis nustatyti šlapių gaminių iš vilnos pluošto ir jų mišinių laidumą vandens garams. Įrodyta, kad didėjant drėgmės kiekiui medžiagoje pablogėja laidumas

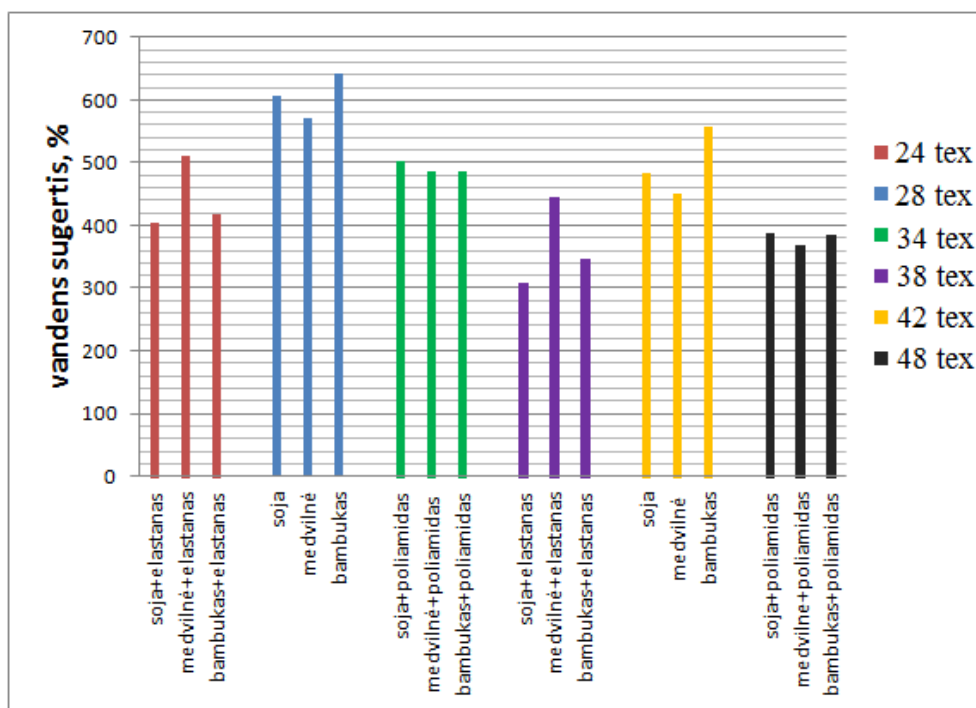
vandens garams. Taip pat, padidinus hidrofobinio pluošto kiekį mišinyje su vilna, keičiasi ir laidumas vandens garams [29].

Natūralūs pluoštai, tokie kaip linas, medvilnė ar vilna, yra hidrofiliniai. Priešingi natūraliems pluoštams yra sintetiniai pluoštai (pvz. poliesteris), kurie yra hidrofobiniai.

Hidrofilškumas yra sąvoka, apibūdinanti medžiagos ar kūno giminingumą vandeniui. Hidrofilškumui priešinga sąvoka – hidrofobiškumas. Šios abi sąvokos yra bendresnės sąvokos, apibūdinančios molekulinę sąveiką su skysčiais. Hidrofilškumą nulemia medžiagų tarpmolekulinė sąveika; hidrofiliinių medžiagų molekulės stipriai sąveikauja su vandens molekulėmis, hidrofobiinių medžiagų molekulės su vandens molekulėmis sąveikauja itin silpnai [35].

Todėl natūralūs pluoštai yra prasti drėgmės transportuotojai. Sintetiniai pluoštai nėra linkę būti drėgni, todėl yra geri drėgmės pernešėjai. Brinkimo metu sugeramos vandenį pluošto makromolekulės ar makrofibrilės yra stumiamos, mažindamos angų dydį tarp verpalų, todėl sumažėja medžiagos laidumas vandens garams [26].

Atliktas vandens sugerties tyrimas [26] mezginiams, kurie sudaryti iš sojos, bambuko ar medvilnės pluoštų, bei jų mišinių su elastanu arba tekstūruotu poliamidu. Didžiausią vandens sugerties vertę pasižymi mežginiai, pagaminti iš natūralių nemaišytų verpalų, mažesnę – mežginiai su tekstūruotu poliamidu, mažiausia – mežginiai su elastano siūlais. Natūralių verpalų mežginiai geriau sugeria vandenį, bet jis yra linkęs nusistovėti, todėl jie nesusausėja taip kaip mežginiai padengti elastano ar poliamido siūlais. Dėl šios ypatybės natūralių pluoštų mežginiai negali būti naudojami kojinių gamybai, nes jas dėvintis žmogus jaus nemalonų šaltį ir drėgmę.



1.5.1 pav. Mezginių vandens sugerties palyginimas [26]

1.5.1 paveiksle pateiktos tirtų mezginių vandens sugerties vertės. Mezginių pluoštinės sudėtys ir verpalų ilginiai tankiai skiriasi. Mažesnėmis vandens sugerties vertėmis pasižymi mežginiai, pagaminti iš kombinuotų siūlų su elastanu ir tekstūruotu poliamidu. Didžiausiomis sugerties reikšmėmis pasižymi mežginiai, numegzti iš 28 tex ilginio tankio natūralių pluoštų verpalų. Mažiausiomis vertėmis pasižymi mežginiai, pagaminti iš 38 tex ilginio tankio sojos ar bambuko pluoštų mišinių su elastanu verpalų ir 48 tex ilginio tankio medvilnės mišinio su tekstūruotu poliamidu verpalų. Remiantis tyrimo rezultatais, galima daryti išvadą, kad šaltuoju sezonu labiausiai tinkamos dėvėti kojinių padengtos elastanu ar tekstūruotu poliamidu [26].

J. Čiužaitė, A. Bivainytė ir D. Mikučionienė tyrė dvisluoksnių skersinių mezginių statines absorbcijas ir džiūvimo greitį. Siekiant nustatyti, kokią įtaką drėgmės sugeriamumui ir išgarinimui turi mežginio pluoštinė sudėtis, mežginiuose tarpusavyje buvo derinami medvilnės arba bambuko verpalai su PA, PES, PP ir Coolmax® siūlais.

Mežginiai iš bambuko verpalų ir sintetinių siūlų derinio, tiek skalbti, tiek ir neskalbti, geba sugerti apytikriai du kartus daugiau drėgmės nei mežginiai iš medvilnės verpalų ir sintetinių siūlų derinio. O mežginiai iš medvilnės verpalų ir PP siūlų derinio drėgmės sugėrė mažiausiai. Greičiausiai džiūsta mežginiai iš medvilnės ar bambuko verpalų derinių su Coolmax® siūlais [34].

Taip pat nustatyta, kad skalbti mežginiai pasižymėjo didesniu drėgniu po garinimo. Po skalbimo mežginių tankumai padidėjo, todėl sugeriamo vandens garų kiekis taip pat padidėjo, t. y. tankesnis mežginys geba sugerti didesnę kiekį drėgmės, tačiau į aplinką tiesiogiai drėgmės pašalina mažiau. Retesni mežginiai, t. y. neskalbti, sugeria mažiau drėgmės ir daugiau jos išgarinama į aplinką. [34].

Kitu tyrimu J. Mincevičiūtė A. Bivainytė ir D. Mikučionienė nustatė [26], kad mežginių, numegztų lygiuoju sluoksniuotiniu pynimu iš bambuko verpalų ir sintetinių siūlų derinių, vandens absorbcijos dinamika iki 60 sekundžių yra spartesnė nei mežginių, numegztų iš medvilnės verpalų ir atitinkamų sintetinių siūlų derinių.

Didžiausia vandens absorbcija pasižymi kombinuotaisiais pynimais numegzti mežginiai, kuriems būdinga erdvesnė tūrinė struktūra nei sluoksniuotinais pynimais megtų mežginių [27].

Ne tik mežginiams, bet ir audiniams yra svarbi laidumo vandeniui ir vandens absorbcijos savybės. Medžiagų skysčių sugerties geba priklauso nuo medžiagos pluoštinės sudėties, naudojamų siūlų rūšies, medžiagos sandaros bei apdailos. Skysčio sugerties geba apibūdina, kiek sugėrikliis (medžiaga) gali sugerti skysčio. Aktyumas – medžiagos sandaros ypatybė turėti daugybę ertmelių arba kiaurymių [36].

Nustatyta, kad kilpiniai audiniai geriau sugeria vandenį nei kitos rūšies audiniai, tai priklauso nuo siūlų žaliavos, gamybos būdo ir audinio pynimo. Kilpinių medžiagų vandens absorbcijos

atliktas tyrimas prieš ir po skalbimo parodė, kad vidutinė santykinė vandens absorbcija po skalbimo padidėjo daugiau nei 10 %, tačiau šis skirtumas nebuvo statistiškai žymus, kadangi vandens sorbcija padidėjo tik kai kuriuose audiniuose, o kituose – sumažėjo [37, 38]. Kilpinių audinių su kanapių pluošto verpalų kilpomis tyrime nustatyta, kad didėjant audinio tankumui statinė vandens absorbcija mažėja, o didėjant kilpos aukščiui vandens absorbcija didėja. Reikšmingiausią efektą vandens sugerčiai turi verpalai, naudojami kilpoms sudaryti [36].

A. Paulauskienė, S. Petrulytė, R. Baltakytė tyrė kilpinių kanapinių/ medvilninių skalbtų ir tumbleruotų audinių dinaminę absorbciją. Atlikus tyrimą nustatytas dėsningumas tarp dėmių plotų pokyčių filmuojant kilpinį audinį iš viršaus ir iš apačios. Dažniausiai per pirmąsias 40 sekundžių tumbleruotas kanapinis/ medvilninis audinys sugeria skystį intensyviai, o vėliau pastebimas proceso lėtėjimas [38].

## 1.6 Laidumo orui tyrimai

Laidumo orui rodikliu dažnai vertinama ir lyginama įvairių mezginių galimybė kūnui „kvėpuoti“. Laidumas orui taip pat labai svarbus drėgmės sugeriamumui ir perdavimui į aplinką. Nuo mezginio laidumo orui priklauso šilumos pertekliaus atidavimas aplinkai, kuris veikia dėvinčiojo savijautą. Tai ypatingai svarbu, kai susiduriama su ekstremaliomis darbo sąlygomis [22].

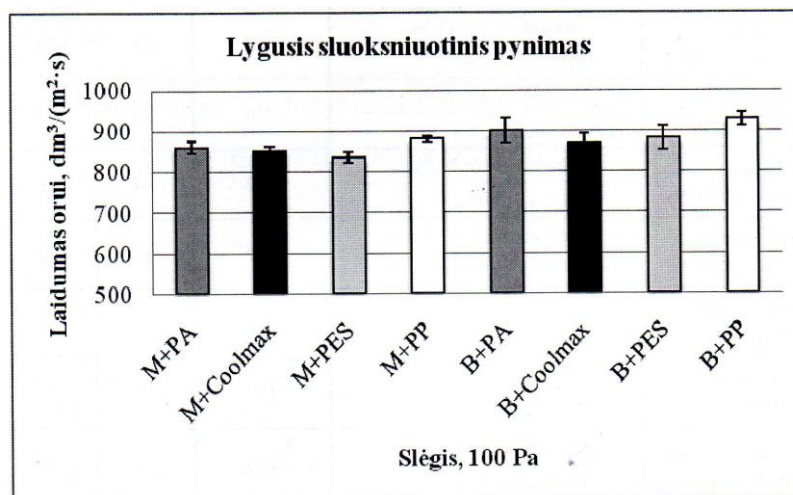
Projektuojant fiziologiškai naudingus dvisluoksnius mezginius vidiniame sluoksnyje naudojami sintetiniai pluoštai, tokie kaip PES, PP, PA, o išoriniame – naturalūs ar dirbtiniai pluoštai, pavyzdžiui, vilnos, medvilnės, viskozės, bambuko ar jų deriniai [24].

A. Bivainytė, J. Čiužaitė, D. Mikučionienė tyrė [24] dvisluoksnių skersinių mezginių laidumą orui. Siekiant nustatyti dvisluoksnių mezginių laidumo orui priklausomybę nuo mezginio pluoštinės sudėties, buvo numegzta skirtingų 16 mezginių variantų lygiuotu sluoksniuotiniu bei kombinuotaisiais I ir II pynimais, tarpusavyje derinant medvilnės (M) ar bambuko (B) verpalus su PA, PES, PP ir Coolmax® siūlais.

Nustatyta, kad mezginių, numegztų iš bambuko verpalų ir sintetinių siūlų derinių, laidumas orui yra didesnis nei mezginių, numegztų iš medvilnės verpalų ir atitinkamų sintetinių siūlų derinių [24]. Šios savybės atsispindi 1.6.1 paveiksle.

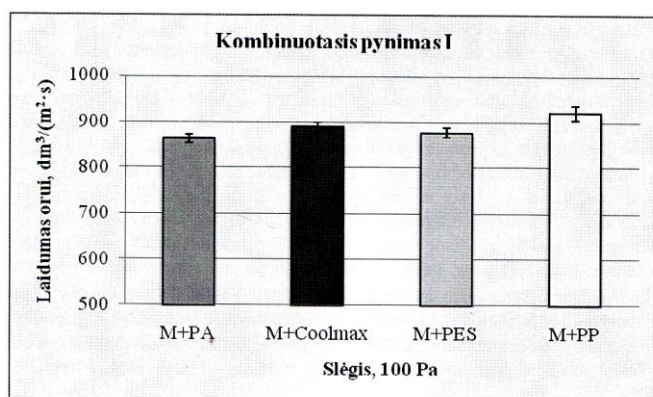
Mezginiai, numegzti kombinuotaisiais I (pike) ir II pynimais iš medvilnės verpalų ir PP siūlų derinio, pasižymi didžiausiu laidumu orui. Šie rodikliai pateikti 1.6.2 paveiksle. Sintetinio siūlo rūšies įtaka laidumo orui gauta mažesnė nei natūralaus ar dirbtinio pluošto verpalo kilmės [24].



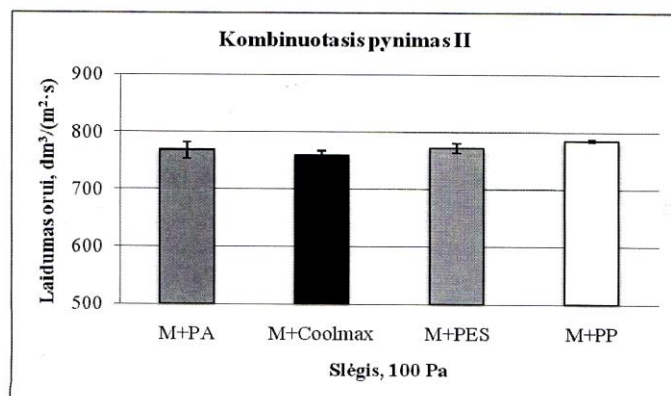


1.6.1 pav. Lygiuotu sluoksniuotiniu pynimu numegztų mezginių pluoštinės sudėties įtaka laidumo orui [24]

Didžiausiu laidumu orui pasižymėjo mezginiai, numegzti kombinuotu pynimu I (pike), o mezginiai numegzti kombinuotu pynimu II – mažiausiu. Tai nulėmė mezginio elementų išsidėstymo mezginyje tvarka [24].



a)



b)

1.6.2 pav. Mezginių pluoštinės sudėties įtaka laidumo orui, numegztų: a) kombinuotu pynimui I, b) kombinuotu pynimu II [24]

N. Šeniauskienė, L. Milašiūtė, D. Mikučionienė taip pat tyrė [22] lygiuotu skersiniu pynimu numegztų mezginių iš nedegių siūlų laidumą orui. Atlikus bandymus ir lyginant tos pačios grupės mezginių laidumo orui vertes, pastebėta, kad didžiausiu laidumu orui pasižymi vieno sluoksnio mezginiai. Didinant sluoksnių skaičių, laidumas orui mažėja. Ypatingai šis skirtumas matomas tarp vieno ir dviejų sluoksnių mezginių.

Yra žinoma, kad lengviausiai oras praeina pro kiaurymę tarp siūlų, tad šiuo atveju laidumas orui sumažėjimas yra savaime suprantamas. Toliau didinant sluoksnių skaičių laidumas orui mažėja, tačiau ne taip intensyviai. Taip pat didinant kilpos ilgį mezginio laidumas orui didėja. Didėjant

kilpos ilgiui, sluoksnių skaičiaus įtaka laidumo orui taip pat yra didesnė, kadangi retesnis mežginys turi didesnes galimybes išsaugoti neuždengtas kiaurymes sluoksniuojant mežginius vieną ant kito. Tai priklauso ir nuo siūlo ilginio tankio. Siūlo ilginio tankio įtaka mežginio laidumo orui ypatingai reikšminga tankiesiems mežginiams. Kilpos ilgiui didėjant, siūlo ilginio tankio įtaka mažėja [22].

Mežginio paviršinis tankis taip pat turi įtakos mežginio laidumo orui. Didėjant mežginio paviršiniam tankiui, jo laidumas orui mažėja [22].

Lygiojo skersinio pynimo laidumas orui eksponentiškai priklauso nuo dengiamumo koeficiento. Mežginiui tankėjant dengiamumo koeficiento vertės įtaka laidumo orui mažėja, kol mežginio paviršius užsipildo maksimaliai [22].

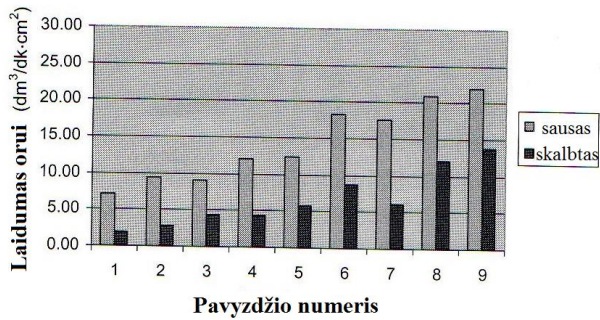
Taip pat tirtas [25] kojinaičių, numegztų iš medvilnės, bambuko, sojos pluoštų, bei jų mišinių su teksturuotu poliamidu ir elastanu laidumas orui. Nustatyta, kad didesniu laidumu orui pasižymi natūralių pluoštų mežginiai, o mažesniu - mežginiai su tekstūruoto poliamido ir elastano siūlais. Laidumas orui priklauso nuo verpalų ilginio tankio ir naudojamų pluoštų. Tekstūruoto poliamido laidumas orui yra didesnis lyginant su elastano siūlu. Šiltuoju sezonu dėvimos natūralių pluoštų kojinitės, dėl didelio savo laidumo orui, dėvėtojui suteikia vėsimo pojūtį. Šaltuoju sezonu kojinitės padengtos tekstūruoto poliamido ar elastano siūlų, suteikia dėvėtojui šilumos jausmą.

Atliktas laidumo orui tyrimas mežgtiems medvilniniams gaminiams. Mežginių laidumas orui tirtas prieš mežginių skalbimą ir po skalbimo. Tyrimui lygiuoju skersiniu pynimu numegzta 18 mežginių, kurie skiriasi kilpų ilgiais, verpalų numeriais bei verpalų verpimo būdu. Vieniems mežginiams naudoti žiedinio verpimo, o kitiems – sanglaudaus verpimo būdu gauti verpalai [39].

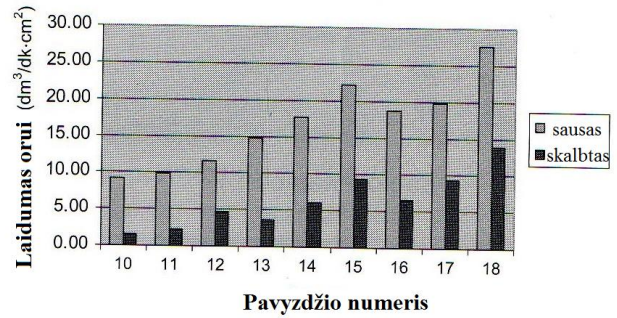
Yra žinoma, kad verpalų, verptų sanglaudžiuoju verpimo būdu, skiriasi struktūra nuo kitų verpalų. Svarbiausios šių verpalų savybės yra tokios: didelė trūkimo jėga, didelė ištiša ir mažas pūkuotumas. Nors, kelios šių verpalų savybės yra panašios ir į žiedinio verpimo būdu gautų verpalų, t. y. netolygumas, sustorėjimai/ suplonėjimai. Sanglaudžiojo verpimo verpalų paviršius yra lygesnis ir mažiau pūkuotesnis. Lyginant žiedinio verpimo verpalus ir verpalus gautus sanglaudžiuoju verpimu, nustatyta, kad gaminiai su sanglaudžiuoju būdu verptais verpalais turi mažesnę laidumo orui pasipriešinimą, t. y. gaminio laidumas orui yra didesnis dėl mažesnio verpalų pūkuotumo [39].

1.6.3 paveiksle pateiktose diagramose matyti mežginių laidumo orui vertės prieš skalbimą ir po skalbimo. Nustatyta, kad mežginių su sanglaudžiaisiais verpalais laidumo orui vertės yra apskritai didesnės, nei gaminių, numegztų su žiediniais verpalais [39].

Po skalbimo poveikio visų mežginių sandarumo koeficientas didėja, todėl laidumas orui mažėja. Kai verpalas plonėja, tada akytumas tarp kilpų didėja, atitinkamai didėja ir laidumas orui [39].



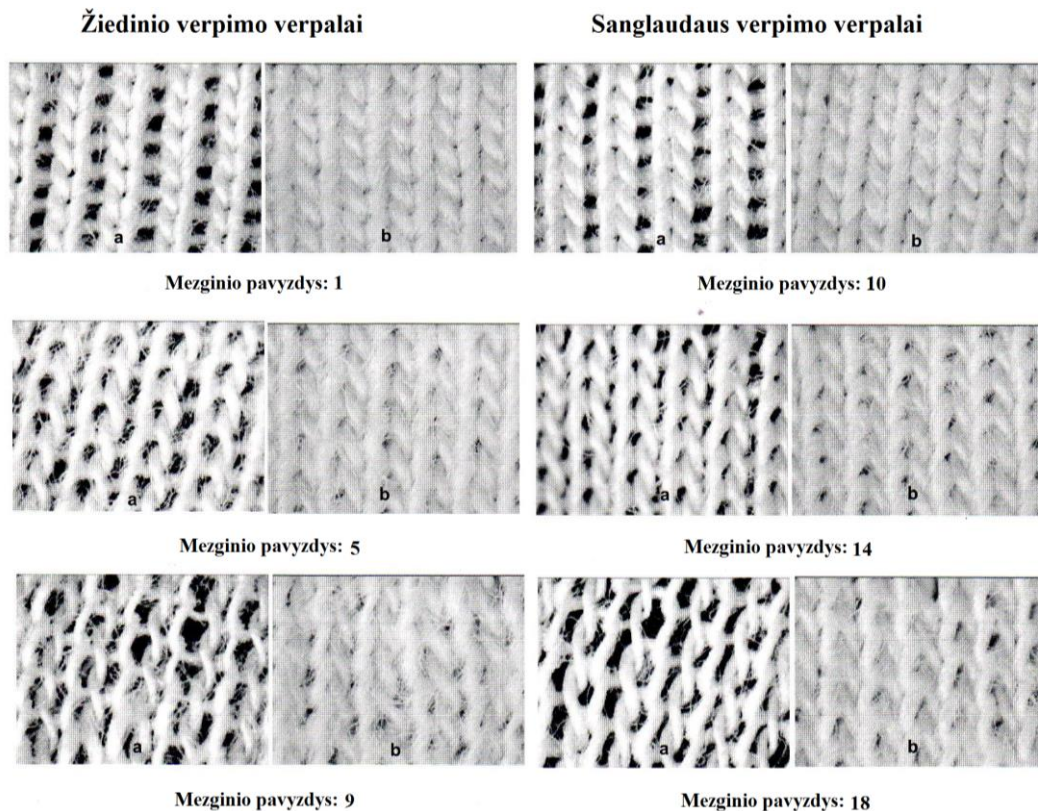
(a) Žiediniai verpalai



(b) Sanglaudieji verpalai

1.6.3 pav. Mezginių laidumo orui palyginimai: a) numegzta iš žiedinio verpimo verpalų, b) numegzta iš sanglaudžioju būdu verptų verpalų [39]

Taip pat žinoma, kad kilpos ilgis turi įtakos mezginių savybėms t. y. kad santykis tarp laidumo orui ir kilpos ilgio yra didelis. Ištirta, kad kilpos ilgiui didėjant, laidumas orui taip pat didėja. Tokia tendencija yra vienoda mezginiams, numegztiems iš žiedinių verpalų, tiek ir mezginiams numegztiems iš verpalų, pagamintų sanglaudžioju būdu [39].

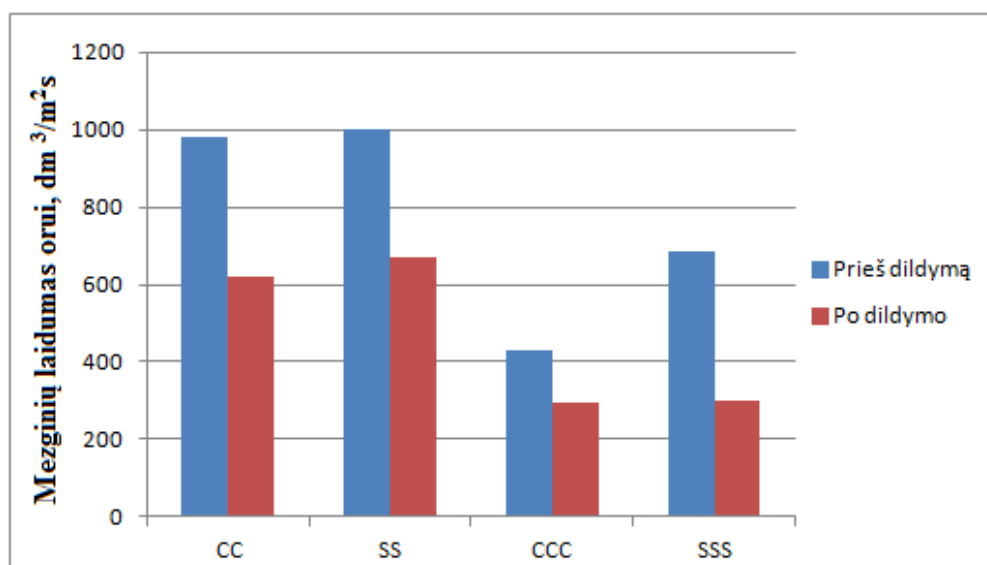


1.6.4 pav. Mezginių paviršiaus išvaizda prieš skalbimą (a) ir mezginių išvaizda po skalbimo (b) [39]

Kaip matoma 1.6.4 paveiksle, kad mezginiai iš sanglaudžių verpalų po skalbimo išlaiko beveik nepakitusį paviršių be jokio didelio nusidėvėjimo, o žiedinių verpalų mezginiai tampa gana pūkuoti. Toks požymis reiškia, kad lygi sanglaudžių verpalų struktūra nepablogėja po skalbimo, be to kilpa lieka išsitempusi po šio proceso. Nustatyta, kad kilpos tankis yra svarbus skalbtų gaminių atveju, kai kilpos tankis didėja, laidumas orui mažėja [39].

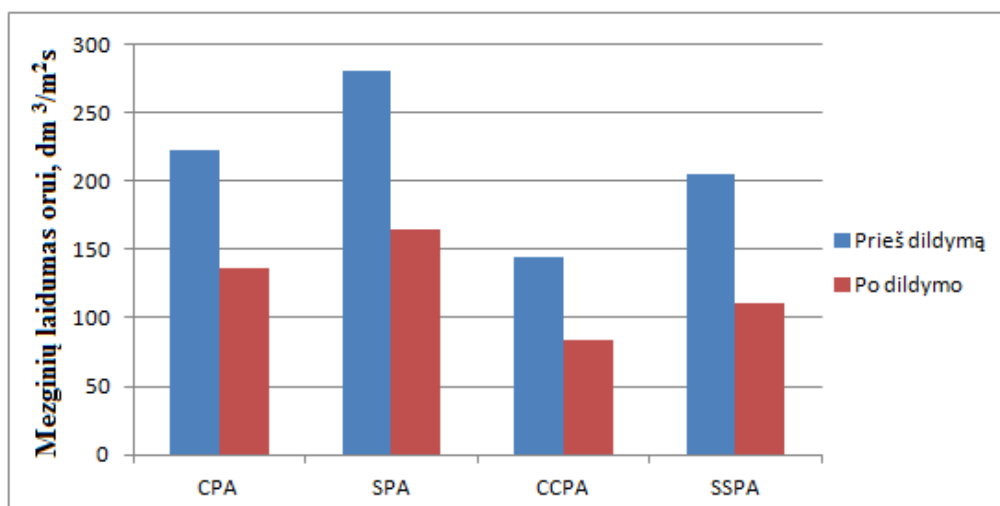
Mezginių laidumui oro turi įtakos ne tik skalbimo poveikis, bet ir dildymas. Todėl E. Titas, R. Čiukas, J. Abromavičiūtė, V. Svetnickienė atliko laidumo orui tyrimą [23] kojiniams skirtiems mezginiams po dildymo proceso. Tyrimui naudoti mezginiai, numegzti lygiuoju skersiniu pynimu iš medvilnės ir sojos verpalų, bei lygiojo sluoksniuotinio pynimo mezginiai su tekstūruotu poliamidiniu siūlu. Gauti rezultatai pateikti 1.6.5 ir 1.6.6 paveiksluose.

1.6.5 paveiksle matyti, kad sojos mezginių SS laidumas orui prieš ir po dildymo buvo didesnis negu medvilnės mezginių CC. Tokia pačia savybe pasižymi ir didesnio ilginio tankio sojos mezginiai SSS lyginant su medvilnės mezginiais CCC prieš ir po dildymo. Didžiausias laidumas orui – lygiojo skersinio pynimo mezginių iš medvilnės ir sojos verpalų, o mažiausias – lygiojo sluoksniuotinio pynimo mezginių iš medvilnės ir sojos verpalų, kadangi didėjant ilginiui tankiui mezginių laidumas orui sumažėja [23].



1.6.5 pav. Lygiojo skersinio pynimo mezginių laidumo orui palyginimas prieš ir po dildymo [23]

1.6.6 paveiksle matyti, kad prieš ir po dildymo sluoksniuotinių mezginių iš sojos verpalų su tekstūruotu poliamidiniu siūlu SPA laidumas orui buvo didesnis negu atitinkamai mezginių iš medvilnės verpalų su tekstūruotu poliamidiniu siūlu CPA. Po dildymo visų mezginių laidumas orui sumažėjo, kadangi mezginiai suplonėjo ir susispaudė, sumažėjo jų poringumas [23].



1.6.6 pav. Sluoksniuotinių mezginių laidumo orui palyginimas, prieš ir po dildymo [23]

Visų mezginių iš sojos verpalų laidumas orui didesnis negu visų mezginių iš medvilnės verpalų, taip pat naudojant tekstūruotą poliamidinį siūlą laidumas orui ženkliai sumažėjo [23].

## 1.7 Apibendrinimas

Tekstiliniams gaminiams, ypač drabužiams, kurie liečiasi prie žmogaus kūno, yra svarbus komfortabilumas. Didžiausią įtaką žmogaus gerai savijautai turi fiziologinis komfortabilumas, kuris apibrėžiamas: laidumu orui; laidumu šilumai; laidumu vandeniui. Norint sužinoti gaminių komfortabilumo sąvybes, reikia gaminius iširti. Tekstiliniams gaminiams, kaip ir visiems kitiems vartojamiems gaminiams, atliekant bandymus reikia laikytis nustatytų standartų.

Išanalizavus atliktus mezginių fiziologinio komfortabilumo tyrimus, nustatyta, kad didinant ilginį verpalų tankį, mažėja šiluminė mezginių varža, o visi mezginiai su poliamido siūlu turi didesnę laidumo šilumai koeficientą. Didžiausiu laidumu orui pasižymi vieno sluoksnio mezginiai. Gi, didinant sluoksnių skaičių, laidumas orui mažėja.

Dažniausiai šiluminėms charakteristikoms pagal standartus išmatuoti yra naudojami šie prietaisai: Alambeta, P testeris bei Togmeteris, o laidumo orui charakteristikas - „L14DR“ įrenginys. Tačiau kiekvienas prietaisas yra skirtingas savo matavimų galimybėmis bei gaunamais rezultatais.

Apibendrinant galima teigti, kad megztų medžiagų laidumo šilumai charakteristikų tyrimų trūksta, ypač, įvairesnių, skirtingų pluoštinių sudėčių mezginių. Todėl šiame baigiamajame darbe numatoma tirti funkcines mezginių savybes.

Magistrantūros baigiamojo darbo tikslas – nustatyti lygiuoju skersiniu būdu numegztų vilnionių mezginių su šunų plaukais laidumo orui bei šiluminės savybes ir įvertinti skirtingų veislių baltyminių pluoštų verpalų mišinio įtaką joms. Šiam tikslui pasiekti, iškelti tokie uždaviniai:

- 1) Numegzti tiriamuosius mezginius bei nustatyti jų struktūrinius rodiklius;
- 2) Išanalizuoti tiriamų mezginių storį ir laidumą orui, įvertinant verpalų mišinio sudėties įtaką jiems;
- 3) Išanalizuoti mezginių laidumo šilumai charakteristikas, įvertinant verpalų mišinio sudėties įtaką jiems;
- 4) Išanalizuoti mezginių šiluminių mainų charakteristikas, įvertinant verpalų mišinio sudėties įtaką jiems;
- 5) Atlikti nustatytų mezginių šiluminių charakteristikų palyginamąją analizę.

## 2. Tyrimo objektas ir metodika

### 2.1 Tyrimo objektas

Baigiamojo darbo tyrimams pagaminti mezginiai iš kočiotinių verpalų. Gaminant verpalus buvo maišomi skirtingi baltyminiai pluoštai (žiūr. 2.1.1 lent.): vokiečių juodgalvių avių vilna ir šunų plaukai. Taigi, verpalų gamyboje naudotos populiariausių Lietuvoje šunų veislių – jorkšyras, spanielis, pudelis ir ši-cu plaukai bei gana retos – flamandų buvje – veislės šunų plaukais [40].

2.1.1 lentelė. Baltyminiai pluoštai, naudoti kočiotinių verpalų gamyboje

|   |  |   |
|---|--|---|
|   |   |   |
| Jorkšyro terjero plaukai  | Spanielio plaukai  | Pudelio plaukai   |
|  |  |  |
| Ši – cu plaukai   | Flamandų buvje plaukai   | Vokiečių juodgalvės avies vilna   |

Numezgus mezginius iš minėtų kočiotinių verpalų, palyginimui buvo pagaminti ir mezginiai, naudojant verpalus su skirtingos procentinės sudėties pudelio plaukais ir PA daugiagijais siūlais. Iš viso buvo pagaminta 19 mezginių. Mezginių pluoštinė sudėtis bei verpalų ilginis tankis [40] pateikti 2.1.2 lentelėje.

## 2.1.2 lentelė. Tiriamų mezginių parametrai

| Mezginio pavadinimas | Mezginių pluoštinė sudėtis          |             | Verpalų ilginis tankis, tex |
|----------------------|-------------------------------------|-------------|-----------------------------|
|                      | Šuns plaukai                        | Avies vilna |                             |
| A1                   | Jorkšyras 15%                       | 85%         | 200,28±4,12                 |
| A2                   | Jorkšyras 25%                       | 75%         | 218,24±2,93                 |
| A3                   | Jorkšyras 35%                       | 65%         | 217,84±2,97                 |
| A4                   | Jorkšyras 45%                       | 55%         | 211,69±2,24                 |
| B1                   | Spanielis 15%                       | 85%         | 207,49±5,12                 |
| B2                   | Spanielis 25%                       | 75%         | 193,30±2,01                 |
| B3                   | Spanielis 35%                       | 65%         | 209,84±2,51                 |
| B4                   | Spanielis 45%                       | 55%         | 213,33±2,65                 |
| C1                   | Pudelis 15%                         | 85%         | 249,18±4,56                 |
| C2                   | Pudelis 25%                         | 75%         | 203,90±2,97                 |
| C3                   | Pudelis 35%                         | 65%         | 230,88±1,65                 |
| C4                   | Pudelis 45%                         | 55%         | 310,22±11,8                 |
| D1                   | Ši – cu 15%                         | 85%         | 262,52±2,84                 |
| D2                   | Ši – cu 25%                         | 75%         | 220,22±2,69                 |
| D3                   | Ši – cu 35%                         | 65%         | 203,24±2,97                 |
| E1                   | Flamandų buvje 15%                  | 85%         | 248,80±5,33                 |
| F1                   | Pudelis + PA 15%                    | 85%         | 264,78±4,56                 |
| F2                   | Pudelis + PA 35%                    | 75%         | 246,48±1,65                 |
| V                    | Vokietijos juodgalvių avių pluoštas | 100%        | 257,26±3,53                 |

Bandiniai numegzti Irmac firmos 6 klasės kojinių mezgimo automatu. Mezgimo automato diametras – 4,5 coliai. Mezginiams megzti parinktas vienas iš pagrindinių skersinių pynimų – lygusis skersinis. Šiuo pynimu gali būti mezgami visų rūšių megziniai gaminiai, dirbiniai bei megztinės medžiagos. Lygiojo skersinio pynimo megziniai pasižymi dideliu tūsumu skersine kryptimi (2 kartus tūsesni skersine kryptimi nei išilgine).

## 2.2 Tyrimo metodika

Mezginių storis išmatuotas Textil-Dickenmesser DPT 60 digital (Haus Schmidt & Co. GmbH, Germany) prietaisu. Matavimo plotas – 20 cm<sup>2</sup>, apkrova – 1 kPa. Kiekvieno mezginio storis buvo matuojamas 10 kartų skirtingose jo vietose.

Mezginių laidumas orui buvo išmatuotas naudojant D-69450 Weinheim oro pralaidumo įrenginį (Karl Schroder KG, Vokietija) pagal standartą ISO 9237:1997 [41]. Matuojant parinkta 100 Pa slėgio jėga ir 5 cm<sup>2</sup> bandinio plotas. Kiekvieno mezginio laidumas orui buvo matuojamas 10 kartų skirtingose jo vietose.

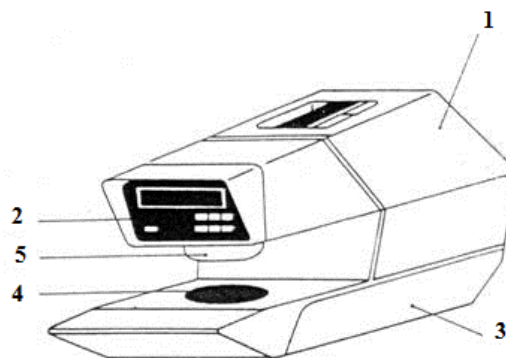
Mezginių laidumo šilumai tyrimas atliktas Alambeta prietaisu (tyrimas atliktas Lodzės technikos universitete, matavimus atliko šio darbo konsultantė m. b. D. Milašienė). Alambeta prietaisas išmatuoja tekstilinių gaminių laidumo šilumai koeficientą. Įvertinus šį rodiklį bei



mezginio storį, apskaičiuojama šiluminė varža. Alambeta prietaiso principinė schema pavaizduota 2.2.1 paveiksle, o jo vaizdas – 2.2.2 paveiksle.

Ijungus Alambeta 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 laiko pasirodo prietaiso ekrane. Tokiu metodu išmatuoti visi mezginiai po 10 kartų skirtingose vietose. Iš gautų tyrimo rezultatų apskaičiuojama bandinių šiluminė varža.

Visi matavimai atlikti standartinėmis klimato sąlygomis, t. y.  $T = 20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\varphi = 65 \pm 4 \%$  pagal standarto EN ISO 139:2005 reikalavimus [42].



2.2.1 pav. Alambeta prietaiso technologinė schema: 1 – kompiuterinis blokas; 2 – valdymo pultas su ekranu; 3 – rėmo ir korpuso blokas; 4 – šalta metalinė plokštė; 5 – karšta metalinė plokštelė.[10]



2.2.2 pav. Mezginių šiluminių savybių tyrimas Alambeta prietaisu

Šiluminių mainų tyrimas atliktas naudojant šiluminės izoliacijos nustatymo prietaisą IG/ISOC. Prietaisą sudaro dvi pagrindinės dalys: valdymo pultas su ekranu bei pašildymo talpa. Valdymo pultu yra įjungiamas ar išjungiamas prietaisas, be to, juo reguliuojamos bandymo sąlygos. Pultas susideda iš: įjungimo ir išjungimo mygtukų; laikmačio; temperatūrų matavimo prietaisų. Pašildymo talpa susideda iš: vonios, kaitinimo plokštės bei termoporos.

Bandymai atlikti šiomis sąlygomis, t. y.  $T = 22 \pm 2$  °C,  $\varphi = 50 \pm 5$  %. Įjungus prietaisą nustatoma 40 °C vonios temperatūra. Kai šildymo talpa įkaista, ant jos dedama megztinė medžiaga, o ant išorinės mezginio pusės medine kaladėle prispaudžiama termopora. Tuomet paleidžiamas laikmatis. Termoporos pagalba nustatoma išorinės mezginio pusės temperatūra, kaskart kai ji pakyla vienu laipsniu fiksuojami laiko rezultatai. Bandymo trukmė vyksta 30 min. Šis bandymas kartojamas 5 kartus kiekvienam mezginiui.

Rezultatų palyginimui tokiomis pačiomis klimatinėmis sąlygomis bei tokia pačia metodika pasirinkti mezginiai ištirti užmovus juos ant žmogaus rankos (termopora matavo temperatūrą iš vidinės alkūnės pusės).

Visiems bandiniams nustatyti ir apskaičiuoti struktūriniai rodikliai pagal formules [43]:

**Kilpos žingsnis ( $A$ ), mm:** 
$$A = \frac{10}{P_{hs}} \quad (1)$$

čia:  $P_{hs}$  – horizontalusis tankumų koeficientas,  $\text{cm}^{-1}$

**Kilpos aukštis ( $B$ ), mm:** 
$$B = \frac{10}{P_v} \quad (2)$$

čia:  $P_v$  – vertikalusis tankumų koeficientas,  $\text{cm}^{-1}$

**Grynasis siūlo skersmuo ( $d_g$ ), mm:** 
$$d_g = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\frac{T}{10 \cdot q}} \cdot 10^{-1} \quad (3)$$

čia:  $T$  – siūlo ilginis tankis, tex

$q$  – siūlą sudarančio pluošto tankis,  $\text{kg/m}^3$

**Kontūrinis siūlo skersmuo ( $d_k$ ), mm:** 
$$d_g = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\frac{T}{10 \cdot \delta}} \cdot 10^{-1} \quad (4)$$

čia:  $\delta$  – siūlo kontūrinis tankis,  $\text{kg/m}^3$

**Vidutinis siūlo skersmuo ( $d$ ), mm:** 
$$d = \frac{d_g + d_k}{2} \quad (5)$$

**Lygiojo skersinio pynimo kilpos ilgis ( $l$ ), m:** 
$$l = 0,5\pi \cdot A + \pi d + 2B \quad (6)$$

**Mezginio paviršinis tankis ( $M$ ),  $\text{g/m}^2$ :** 
$$M = 10^{-2} \cdot l \cdot P_h \cdot P_v \cdot T \quad (7)$$

Mezginių laidumas orui apskaičiuotas pagal formulę [44]:

**Laidumo orui koeficientas ( $Q$ ),  $\text{dm}^3/(\text{m}^2\text{s})$ :** 
$$Q = \frac{\overline{q_v}}{C} 167 \quad (8)$$

čia:  $q_v$  – oro srauto debito aritmetinis vidurkis,  $\text{dm}^3/\text{min}$ ;

$C$  – bandomasis plotas,  $\text{cm}^2$ ;

167 – perskaičiavimo koeficientas.

Mezginių šiluminė varža apskaičiuota pagal formulę [44]:

**Šiluminė varža ( $R$ ),  $\text{Km}^2/\text{W}$ :**

$$R = \frac{h}{\lambda} \quad (9)$$

*čia:*  $h$  – bandinio storis, mm;

$\lambda$  – laidumo šilumai koeficientas,  $\text{W/mK}$ ;

Darbe tirtų rodiklių rezultatams įvertinti apskaičiuotos jų statistinės charakteristikos [45]:

**Bandymų aritmetinis vidurkis ( $\bar{x}$ ):**

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (10)$$

*čia:*  $n$  – elementariųjų bandymų eksperimento taške skaičius.

**Vidutinė kvadratinė nuokrypa ( $S$ ):**

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (11)$$

**Dispersija ( $S^2$ ):**

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (12)$$

**Absoliutinė atsitiktinė paklaida ( $\Delta_a$ ):**

$$\Delta_a = \frac{t_{\alpha} S}{\sqrt{n}} \quad (13)$$

*čia:*  $t_{\alpha}$  – Stjudento kriterijus.

**Santykinė atsitiktinė paklaida ( $\delta_a$ ):**

$$\delta_a = \frac{\Delta_a}{\bar{x}} \cdot 100\% \quad (14)$$

**Variacijos koeficientas ( $V$ ):**

$$V = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100\% \quad (15)$$

### 3. Tyrimų rezultatai

#### 3.1 Mezginių struktūrinių rodiklių tyrimo rezultatai

Visiems tirtiems mezginiams nustatyti ir apskaičiuoti struktūriniai rodikliai, kurie pateikti 3.1.1 lentelėje.

3.1.1 lentelė. Tiriamų mezginių struktūriniai rodikliai

| Mezginio pavadinimas | Horizontalusis tankumų koeficientas $P_h, \text{cm}^{-1}$ | Vertikalusis tankumų koeficientas $P_v, \text{cm}^{-1}$ | Kilpos žingsnis $A, \text{mm}$ | Kilpos aukštis $B, \text{mm}$ | Vidutinis siūlo skersmuo $d, \text{mm}$ | Kilpos ilgis $l, \text{mm}$ | Paviršinis tankis $M, \text{g/m}^2$ |
|----------------------|---|---|--------------------------------|-------------------------------|---|-----------------------------|-------------------------------------|
| A1                   | 4,0   | 6,0   | 2,50                           | 1,67                          | 0,785                                   | 9,73                        | 467,7                               |
| A2                   | 4,0   | 6,0   | 2,50                           | 1,67                          | 0,820                                   | 10,01                       | 525,9                               |
| A3                   | 4,0   | 6,0   | 2,50                           | 1,67                          | 0,819                                   | 9,84                        | 514,5                               |
| A4                   | 4,0   | 6,0   | 2,50                           | 1,67                          | 0,808                                   | 9,80                        | 498,0                               |
| B1                   | 4,0   | 6,0   | 2,50                           | 1,67                          | 0,799                                   | 9,77                        | 486,5                               |
| B2                   | 4,0   | 6,0   | 2,50                           | 1,67                          | 0,772                                   | 9,69                        | 449,5                               |
| B3                   | 4,0   | 6,0   | 2,50                           | 1,67                          | 0,804                                   | 9,79                        | 493,0                               |
| B4                   | 3,5   | 6,0   | 2,86                           | 1,67                          | 0,811                                   | 10,38                       | 464,9                               |
| C1                   | 4,0   | 6,0   | 2,50                           | 1,67                          | 0,876                                   | 10,02                       | 599,2                               |
| C2                   | 4,0   | 6,0   | 2,50                           | 1,67                          | 0,791                                   | 9,75                        | 477,1                               |
| C3                   | 3,5   | 6,0   | 2,86                           | 1,67                          | 0,843                                   | 10,48                       | 508,1                               |
| C4                   | 3,5   | 6,0   | 2,86                           | 1,67                          | 0,978                                   | 10,90                       | 710,2                               |
| D1                   | 4,0   | 6,5   | 2,50                           | 1,54                          | 0,899                                   | 9,83                        | 671,0                               |
| D2                   | 4,0   | 6,0   | 2,50                           | 1,67                          | 0,822                                   | 9,84                        | 520,1                               |
| D3                   | 4,0   | 6,0   | 2,50                           | 1,67                          | 0,791                                   | 9,75                        | 475,5                               |
| E1                   | 4,0   | 6,0   | 2,50                           | 1,67                          | 0,876                                   | 10,02                       | 598,3                               |
| F1                   | 4,0   | 6,0   | 2,50                           | 1,67                          | 0,910                                   | 10,12                       | 643,1                               |
| F2                   | 4,0   | 6,0   | 2,50                           | 1,67                          | 0,880                                   | 10,03                       | 593,2                               |
| V                    | 4,0   | 5,5   | 2,50                           | 1,82                          | 0,890                                   | 10,36                       | 586,4                               |

Iš 3.1.1 lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad visų mezginių struktūriniai rodikliai – tankumų koeficientai, kilpos aukštis bei žingsnis yra labai panašūs. Nustatyta, kad tirtų mezginių apskaičiuotasis siūlo skersmuo svyruoja nuo 0,772 mm iki 0,978 mm. Mažiausias siūlo skersmuo yra 75%vilna/25%spanielis verpalų B2, taip pat iš šių verpalų numegzto mezginio paviršinis tankis yra mažiausias. Tuo tarpu didžiausias siūlo skersmuo yra 55%vilna/45% pudelis verpalų C4, o mezginys iš šių verpalų, dėsningai, pasižymi didžiausiu paviršiniu tankiu.

Gauta, kad verpalų C4 skersmuo yra 21,1 %, šio mezginio kilpos ilgis – 11,1 %, o paviršinis tankis net 36,7 % didesnis už mezginio B2.

#### 3.2 Mezginių storio ir laidumo orui tyrimo rezultatai

Medžiagos laidumą orui parodo oro kiekis, per laiko vienetą praėjęs pro medžiagos paviršiaus ploto vienetą, esant pastoviam slėgių skirtumui iš abiejų medžiagos pusių [44]. Mezginių storis bei

laidumas orui išmatuoti standartinėmis klimato sąlygomos, t. y.  $T = 22 \pm 2$  °C,  $\phi = 65 \pm 4$  %. Tyrimų rezultatai pateikti 3.2.1 lentelėje.

3.2.1 lentelė. Mezginių storio ir laidumo orui rodiklių tyrimų rezultatai

| Mezginio pavadinimas | Mezginio storis $N$ , mm | Variacijos koeficientas $V$ , % | Laidumo orui koeficientas $Q$ , $\text{dm}^3/(\text{m}^2\text{s})$ | Variacijos koeficientas $V$ , % |
|----------------------|--------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------|
| A1                   | 2,62±0,03                | 1,58                            | 1179,4±5,9   | 12,55                           |
| A2                   | 2,51±0,02                | 1,26                            | 1402,9±4,0   | 8,58                            |
| A3                   | 2,65±0,02                | 1,29                            | 887,8±10,5   | 22,51                           |
| A4                   | 2,51±0,03                | 1,47                            | 1352,7±3,7   | 7,84                            |
| B1                   | 2,63±0,04                | 2,07                            | 1385,1±4,5   | 9,72                            |
| B2                   | 2,67±0,02                | 1,30                            | 1138,9±2,9   | 6,14                            |
| B3                   | 2,61±0,04                | 2,01                            | 1485,5±6,3   | 13,43                           |
| B4                   | 2,58±0,04                | 2,40                            | 1321,9±3,6   | 7,61                            |
| C1                   | 2,65±0,03                | 1,49                            | 1066,0±4,5   | 9,71                            |
| C2                   | 2,41±0,04                | 2,60                            | 1386,7±9,1   | 19,45                           |
| C3                   | 2,52±0,03                | 1,54                            | 1296,0±7,7   | 16,52                           |
| C4                   | 2,70±0,03                | 1,33                            | 1116,2±10,3  | 22,02                           |
| D1                   | 2,71±0,03                | 1,38                            | 1078,9±6,1   | 13,04                           |
| D2                   | 2,72±0,03                | 1,61                            | 1203,7±5,1   | 10,95                           |
| D3                   | 2,61±0,03                | 1,51                            | 1088,6±6,2   | 13,25                           |
| E1                   | 2,72±0,03                | 1,55                            | 1283,0±5,3   | 11,33                           |
| F1                   | 2,62±0,03                | 1,52                            | 1015,7±7,4   | 15,81                           |
| F2                   | 2,56±0,03                | 1,67                            | 918,5±3,6  | 7,61                            |
| V                    | 2,93±0,03                | 1,53                            | 863,5±4,6  | 9,84                            |

Iš 3.2.1 lentelėje pateiktų rezultatų matyti, kad storiausias mežginys yra numegztas iš 100 % kočiotinių vilnos verpalų (2,93 mm), o šio mežginio laidumas orui yra mažiausias (863,5  $\text{dm}^3/(\text{m}^2\text{s})$ ). Mežginių su šunų plaukais storiai yra gana panašūs. Išmatuota, kad mažiausias storis (2,41 mm) yra mežginio C2, kurio sudėtyje yra 25%vilna/75%jorkšyro veislės šuns plaukų, taip pat šis mežginys pasižymi vienu iš didžiausių laidumu orui. Gauta, kad vilnonio mežginio V storis yra 17,8 % didesnis už mežginio C2 storį, be to šio mežginio laidumas orui yra net 41,9 % mažesnis už mežginio B3 šį rodiklį. Taigi, nustatyta, kad egzistuoja priklausomybė tarp mežginio storio ir

laidumo orui. Kuo mežginys storesnis, tuo laidumas orui yra mažesnis. Kaip jau buvo minėta [21], lengviausiai oras praeina pro kiaurymę tarp siūlų. Kuo mežginio storis mažesnis, tuo didesnis jo aktyumas, t. y. kuo plonesnis mežginys tuo jo laidumas orui yra didesnis.

Gauta, kad mežginio A3 storio ir laidumo orui rezultatų priklausomybė išsiskiria iš kitiems mežginiams nustatytų tendencijų, t. y. nors šio mežginio storis yra vidutinis (2,65 mm), jo laidumo orui koeficientas yra vienas iš mažiausių ( $887,8 \text{ dm}^3/(\text{m}^2\text{s})$ ). Manoma, kad šie ar panašūs rezultatai gali būti paaiškunami pirmiausia verpalų sandaros ypatybėmis. Tiriamieji mežginiai numegzti iš kočiotinių verpalų, kuriuose plaukeliai išsidėsto nevienodai. O tai, savo ruožtu, turi įtakos verpalų ilginio tankio nevienodumui, sandaros nelygumui bei išsikišusių plaukelių kiekiui verpalo ilgyje. Suprantama, kad šios verpalų savybės taip pat priklauso ir nuo mišinyje naudotų plaukelių skirtumų, t. y. vilnos pluoštas palyginus su šunų plaukais yra gana skirtingų savybių (skersmens, ilgio, žvynelių išsidėstymo ir kitais požiūriais) [6,8].

Analizuojant šio darbo tyrimų rezultatus nustatyta, kad laipsniškai keičiant mežginių procentinę sudėtį, priklausomybės tarp jų storio ir laidumo orui nėra.

Iš 3.2.1 lentelėje pateiktų rezultatų matyti, kad PA daugiagijai siūlai mežginių laidumą orui sumažina, lyginant mežginius su skirtingos procentinės sudėties pudelio plaukais ir PA siūlais. Tiksliausiai tai iliustruoja mežginių F2 ir C3 tyrimo rezultatų palyginimas. Nors šių mežginių mišinių procentinė sudėtis yra tokia pati (vilna 65%/pudelis 35%), tačiau, mežgant mežginį F2, prie kočiotinių verpalų klojami ir PA siūlai. Taigi, taip padidėja bendras verpalų ilginis tankis ir dėl šios priežasties sumažėja mežginio aktyumas. Jei tekstilinio gaminio aktyumas yra mažesnis, tuomet ir jo laidumas orui yra mažesnis. Panašios tendencijos nustatytos ir kitų tyrėjų darbuose [39].

### **3.3 Mežginių laidumo šilumai tyrimo rezultatai**

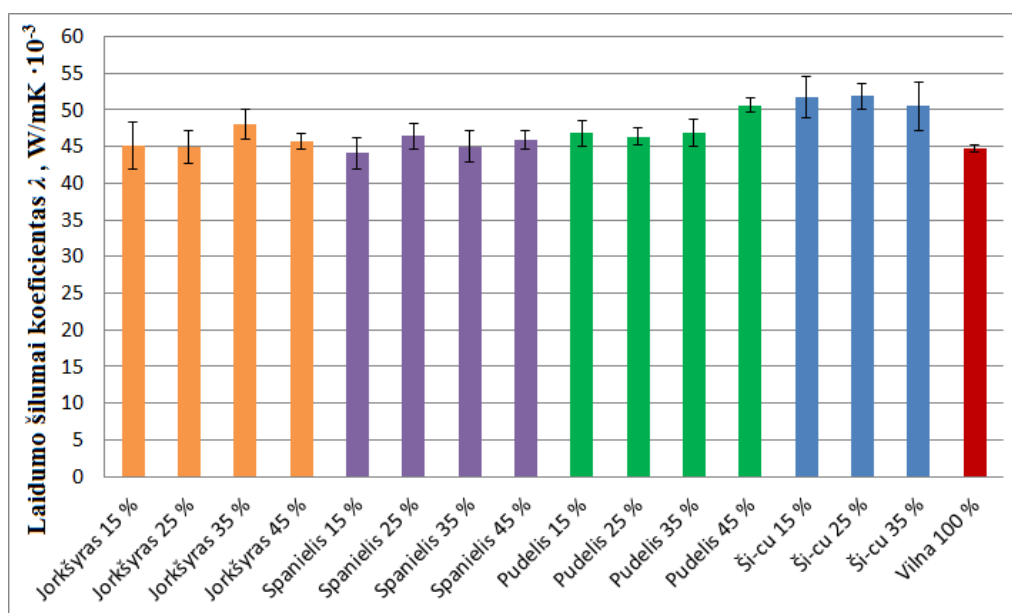
Lygiojo skersinio pynimu Irmac firmos 6 klasės kojinių mežgimo automatu numegztiems mežginiams atlikti keli skirtingi šiluminių savybių tyrimai. Vienas iš jų – mežginių laidumo šilumai charakteristikų nustatymas Alambeta prietaisu. Šiuo prietaisu buvo nustatytas mežginių iš baltyminių pluoštų laidumo šilumai koeficientas ir apskaičiuota mežginių šiluminė varža.

Laidumo šilumai koeficientas  $\lambda$  rodo pro medžiagos paviršiaus ploto vienetą praeinančio šilumos srauto galią, kai medžiagos storis lygus storio vienetui, o temperatūrų skirtumas abiejose medžiagos pusėse lygus temperatūros vienetui. Šilumos perdavimo koeficientas rodo pro tam tikro storio tiriamosios medžiagos paviršiaus ploto vienetą praeinančio šilumos srauto galią, kai temperatūrų skirtumas abiejose medžiagos pusėse lygus temperatūros vienetui. Šiluminė varža  $R$  – tai šilumos perdavimo koeficientui atvirkščias rodiklis (medžiagos savybė sulaikyti šilumą) [44].

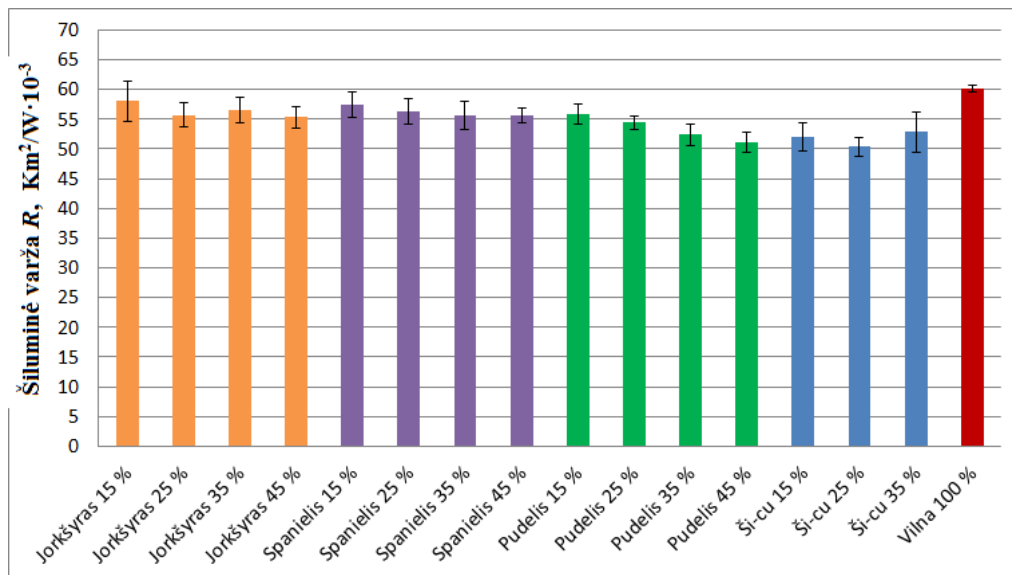
Išmatuoti mezginių laidumo šilumai koeficientai ir apskaičiuotos šiluminės varžos vertės pateiktos 3.3.1 lentelėje bei 3.3.1–3.3.4 paveiksluose.

3.3.1 lentelė. Mezginių laidumo šilumai koeficientai ir šiluminės varžos rodikliai

| Mezginio pavadinimas | Laidumo šilumai koeficientas $\lambda \cdot 10^{-3}$ , W/mK | Variacijos koeficientas V, % | Šiluminė varža $R \cdot 10^{-3}$ , Km <sup>2</sup> /W | Variacijos koeficientas V, % |
|----------------------|---|------------------------------|---|------------------------------|
| A1                   | 45,03±3,2   | 4,8                          | 58,09±3,4   | 5,2                          |
| A2                   | 44,88±2,2   | 3,2                          | 55,73±2,1   | 3,1                          |
| A3                   | 48,01±2,0   | 3,4                          | 56,58±2,2   | 3,6                          |
| A4                   | 45,65±1,1   | 1,5                          | 55,36±1,8   | 2,6                          |
| B1                   | 44,05±2,1   | 4,6                          | 57,38±2,1   | 4,7                          |
| B2                   | 46,39±1,8   | 2,9                          | 56,26±2,1   | 3,5                          |
| B3                   | 45,01±2,1   | 4,3                          | 55,69±2,4   | 4,8                          |
| B4                   | 45,90±1,3   | 2,4                          | 55,66±1,3   | 2,3                          |
| C1                   | 46,79±1,7   | 2,6                          | 55,87±1,7   | 2,5                          |
| C2                   | 46,36±1,2   | 2,6                          | 54,43±1,2   | 2,6                          |
| C3                   | 46,82±1,8   | 2,8                          | 52,43±1,8   | 2,9                          |
| C4                   | 50,63±1,0   | 1,7                          | 51,13±1,6   | 2,8                          |
| D1                   | 51,65±2,8   | 4,7                          | 52,03±2,4   | 4,1                          |
| D2                   | 51,83±1,7   | 3,9                          | 50,34±1,6   | 3,8                          |
| D3                   | 50,52±3,3   | 6,6                          | 52,86±3,4   | 6,8                          |
| F1                   | 47,09±2,2   | 3,6                          | 55,16±2,0   | 3,3                          |
| F2                   | 49,15±1,7   | 2,4                          | 52,11±2,2   | 3,2                          |
| V                    | 44,72±0,5   | 2,4                          | 65,11±0,6   | 2,3                          |



3.3.1 pav. Mezginių laidumo šilumai koeficientų palyginimas



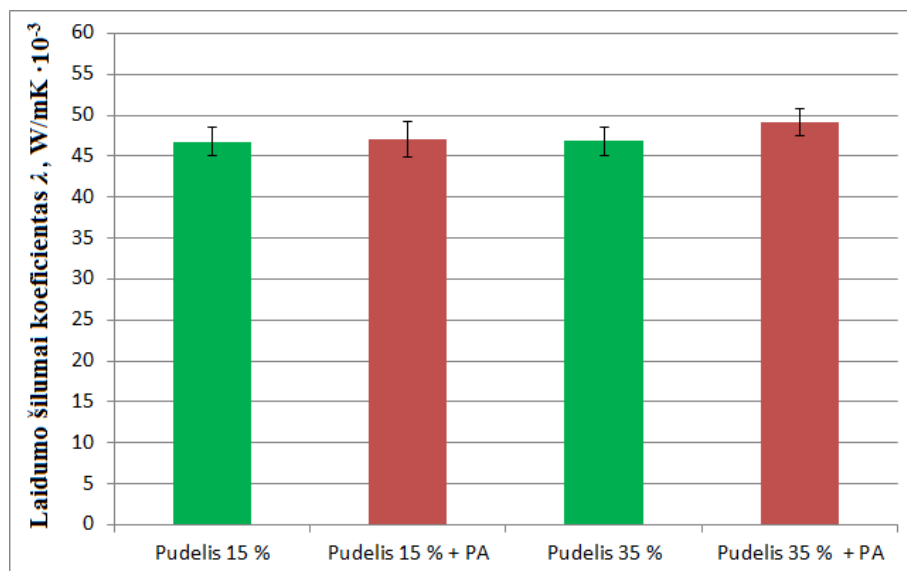
3.3.2 pav. Mezginių šiluminių varžų palyginimas

Iš 3.3.1–3.3.2 paveiksluose pateiktų rezultatų matyti, kad tirtų mezginių laidumo šilumai koeficientas svyruoja nuo  $44,05 \cdot 10^{-3}$  W/mK (mezginys B1) iki  $51,83 \cdot 10^{-3}$  W/mK (mezginys D2). Nors apibendrintai galima teigti, kad šis rodiklis visų tirtų mezginių yra panašus ir minimali bei maksimali jo vertė skiriasi tik 10 % ribose. Taigi, nustatyta, kad šunų plaukai iš esmės nepakeičia vilnonių gaminių laidumo šilumai rodiklių.

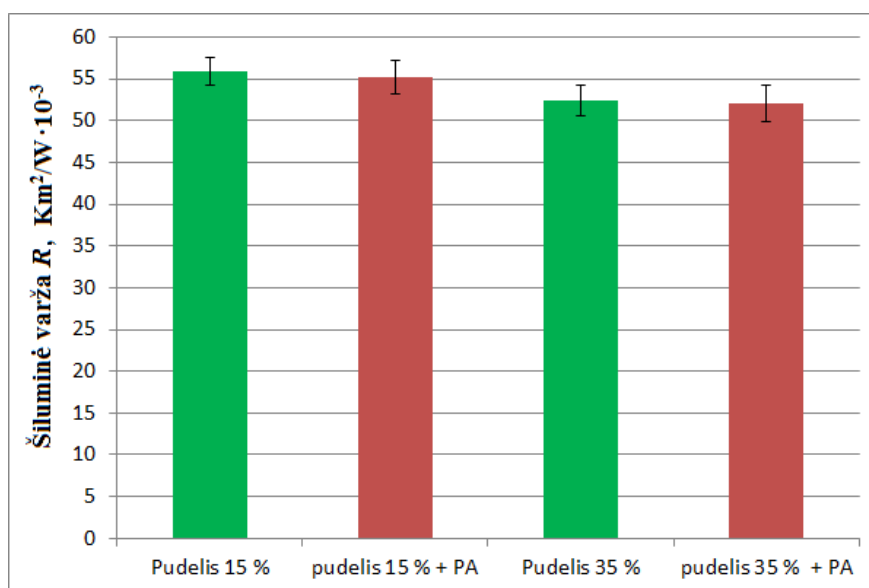
Analizuojant tyrimų rezultatus rasta, kad keičiant kočiotinių verpalų iš skirtingų baltyminių pluoštų mišinio procentinę sudėtį, t. y. verpalų mišiniuose didinant šunų plaukų procentinę dalį, laidumo šilumai rodikliai beveik nesikeičia. Todėl galima konstatuoti, kad didinant procentinę šunų plaukų kiekį kočiotiniuose verpaluose, mezginių laidumo šilumai koeficientas išlieka panašų verčių. Gi, lyginant mezginius, numegztus iš skirtingų veislių šunų verpalų, rasta, kad mezginių su spanielio veislės šunų plaukais laidumo šilumai koeficientas yra mažiausias. O tai reiškia, kad šie mezginiai praleidžia mažiausiai šilumos.

Atvirkščias rodiklis laidumo šilumai koeficientui yra šiluminė varža. Kuo ji didesnė, tuo mezginys geriau sulaiko šilumą. Iš 3.3.2 paveikslo matyti, kad geriausiai šilumą geba sulaikyti 100 % vilnonis mezginys. Gi, mezginių su šunų plaukais šiluminės varžos vertės pasiskirsčiusios taip: mezginio D2 šiluminė varža yra mažiausia ( $50,34 \cdot 10^{-3}$  Km²/W), o mezginio B1 – viena iš didžiausių ( $57,38 \cdot 10^{-3}$  Km²/W). Gauta, kad mezginio D2 šiluminė varža yra 22,7 % mažesnė už mezginio V šį rodiklį. Vertinant skirtingų šunų veislių plaukų įtaką mezginių šiluminei varžai, gauta, kad didžiausiomis šiluminės varžos vertėmis pasižymi mezginiai su jorkšyro ir spanielio plaukais. Tačiau, procentinio šunų plaukų kiekio kočiotiniuose verpaluose įtaka mezginių iš jų šiluminei varžai nenustatyta.





3.3.3 pav. Mezginių, numegztų su įvairios procentinės sudėties pudelio plaukais ir PA siūlais, laidumo šilumai koeficientų palyginimas



3.3.4 pav. Mezginių, numegztų su įvairios procentinės sudėties pudelio plaukais ir PA siūlais, šiluminės varžos palyginimas

Iš 3.3.3 paveiksle pateiktų diagramų matyti, kad mezginiuose įmezgant PA siūlus, jų laidumas šilumai padidėja lyginant su tokios pačios procentinės sudėties mezginiais be papildomo PA siūlo. Gauta, kad mezginio, kurio sudėtis yra 65%vilna/35%pudelis, pridėjus PA siūlą, laidumas šilumai padidėja apie 5 %. Tokį laidumo šilumai koeficiento padidėjimą galima paaikškinti padidėjusiu bendru siūlo ilginiu tankiu.

Nustatyta, kad papildomas PA siūlas mezginių šiluminės varžos beveik nekeičia (žiūr. 3.3.4 pav.).

Analizuojant mezginių laidumo šilumai rodiklius nustatyta, kad priklausomybės tarp mezginių laidumo šilumai koeficiento ir jų paviršinio tankio bei storio nėra.

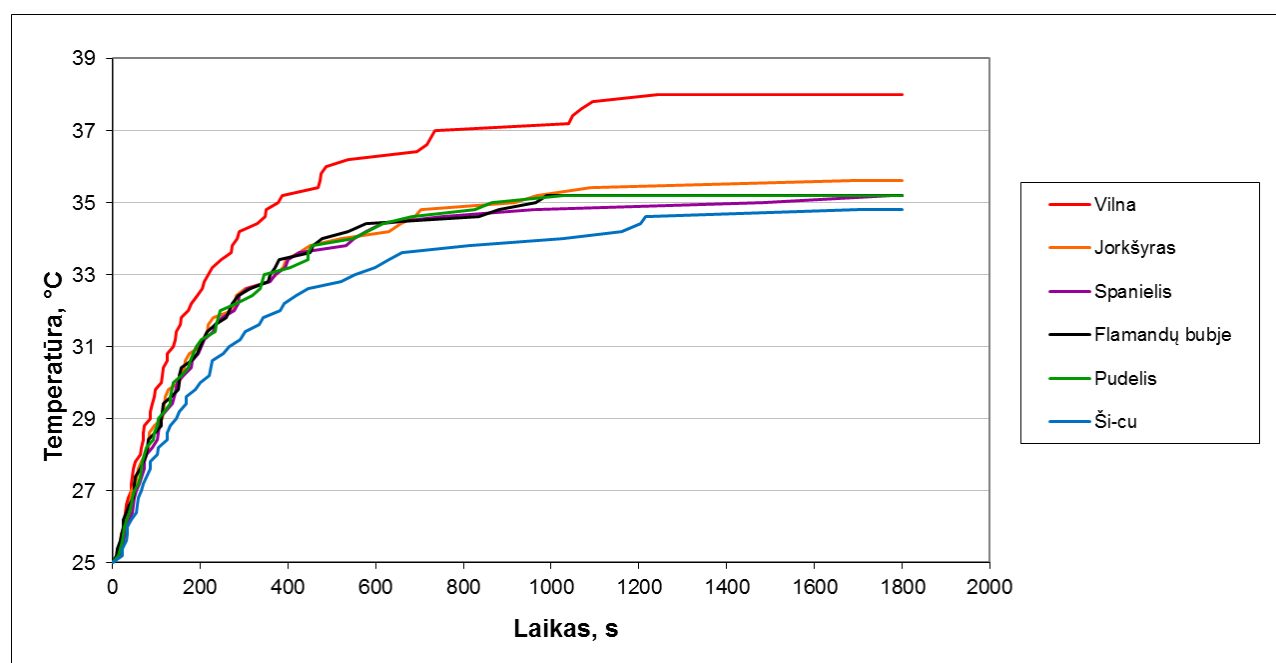
### 3.4 Mezginių šiluminių mainų proceso tyrimo rezultatai

Mezginiams šiluminių mainų proceso tyrimas atliktas naudojant šiluminės izoliacijos nustatymo prietaisą IG/ISOC. Kiekvienam bandiniui atlikta po penkis matavimus, kurių kiekvieno trukmė – 30 min. Šilumos mainų proceso tyrimai atlikti skirtingų baltyminių pluoštų mezginiams bei laipsniškai keičiant procentinę pluoštų dalį mezginiuose.

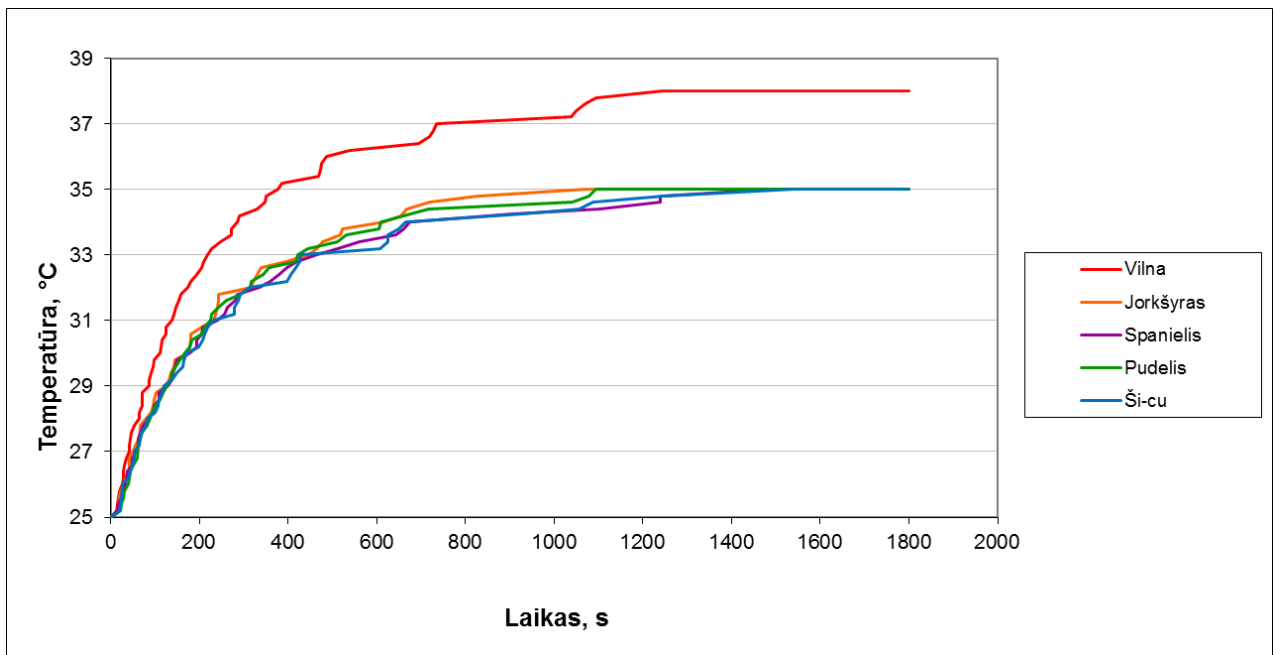
Siekiant išanalizuoti galimą cheminių pluoštų įtaką šilumos mainų procesui, pagaminti tiriamieji mezginių pavyzdžiai su PA daugiagijais siūlais. Mezgant mezginius su vilnos/ pudelio pluoštinės sudėties verpalais mezgimo proceso metu buvo tiekiamas ir PA siūlai.

#### 3.4.1 Skirtingų šunų veislių įtakos mezginių šilumos mainų procesui tyrimas

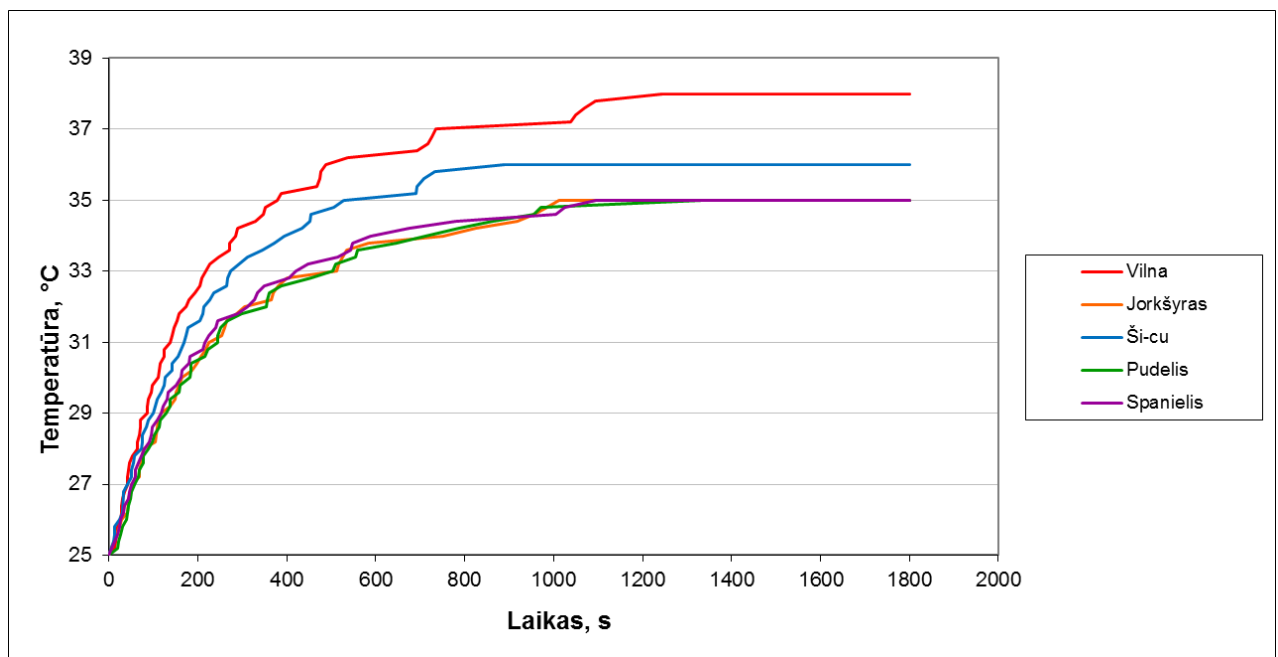
Pirmiausia buvo išanalizuota skirtingų šunų veislių įtaka mezginių šilumos mainų procesui. Tyrimų rezultatai pateikti 3.4.1–3.4.4 paveiksluose. Visuose paveiksluose palyginimui įdėti vilnos mezginių tyrimų rezultatai.



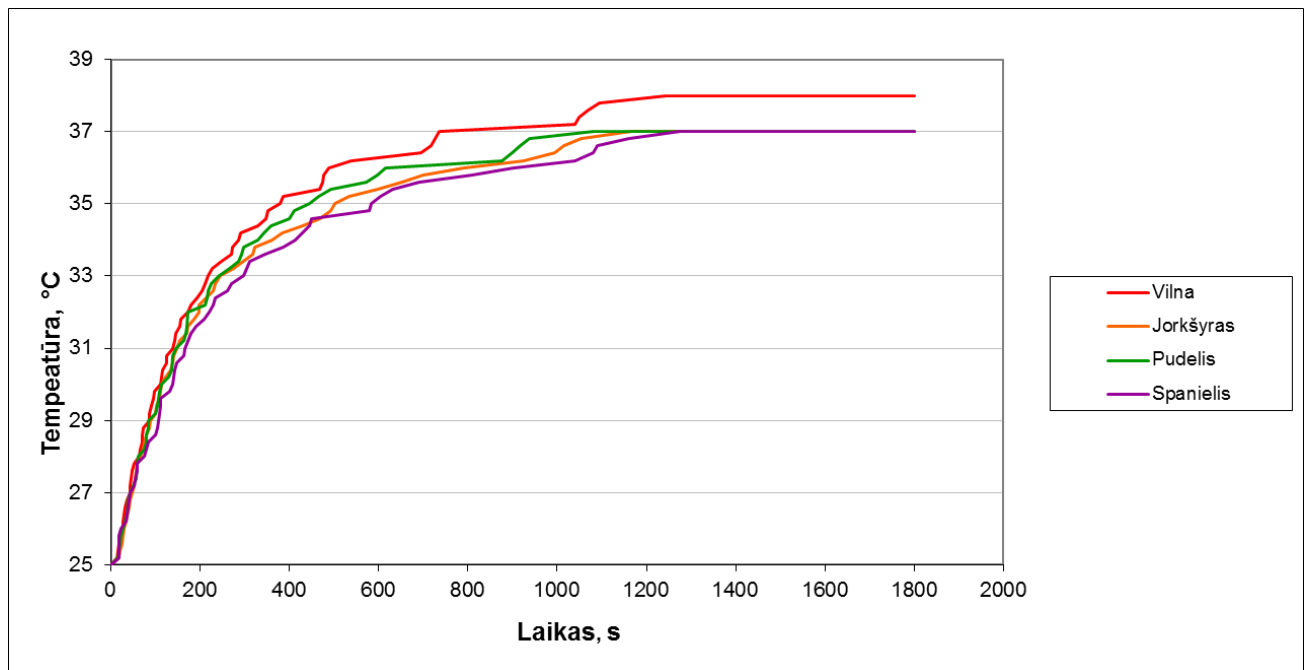
3.4.1 pav. Mezginių, numegztų iš verpalų su 15 % šunų plaukais, šilumos mainų proceso tyrimas



3.4.2 pav. Mezginių, numegztų iš verpalų su 25 % šunų plaukais, šilumos mainų proceso tyrimas



3.4.3 pav. Mezginių, numegztų iš verpalų su 35 % šunų plaukais, šilumos mainų proceso tyrimas



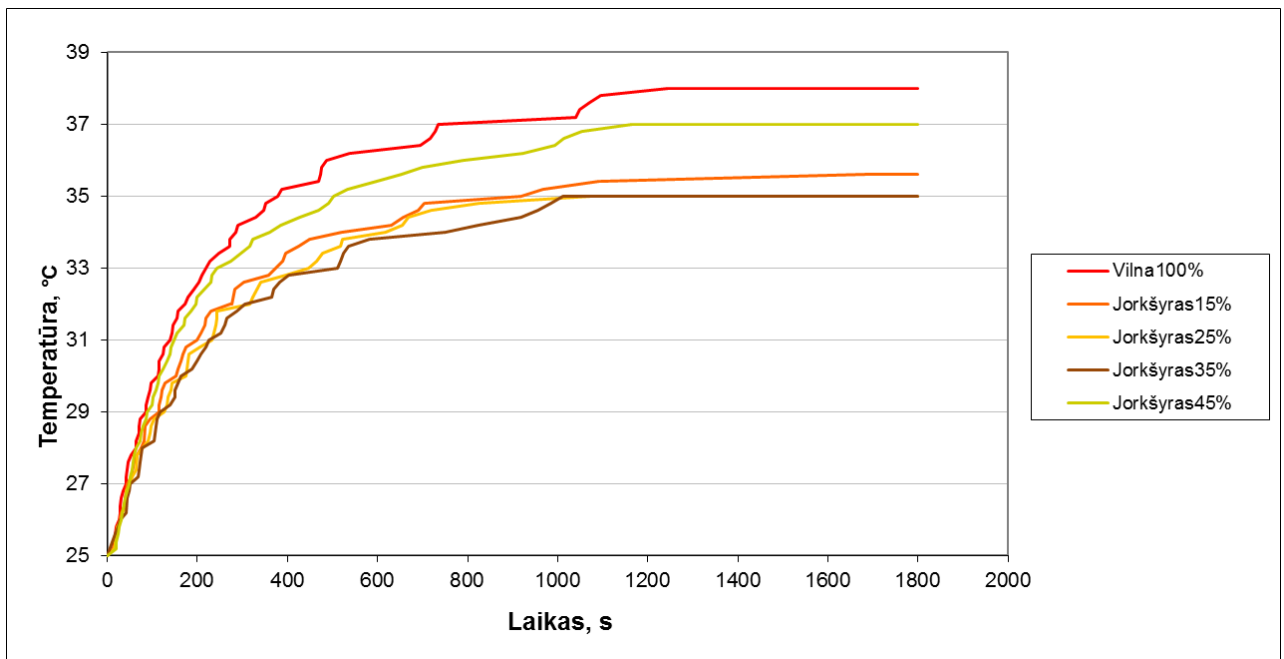
3.4.4 pav. Mezginių, numegztų iš verpalų su 45 % šunų plaukais, šilumos mainų proceso tyrimas

Iš 3.4.1–3.4.4 paveiksluose pateiktų rezultatų matyti, kad greičiausiais šilumos mainais pasižymi 100 % vilnonis mežginys. Be to, šis mežginys vienintelis per 30 min praleidžia 38 °C temperatūrą. Tokios pačios procentinės sudėties, bet skirtingų veislių šunų plaukai didelės įtakos mežginių šilumos mainų greičiui neturi. Šių mežginių šilumos mainų rezultatų vertės yra labai artimos viena kitai. Analizuojant skirtingų šunų veislių įtaką mežginių šilumos mainų procesui gauta, kad mežginių su jorkšyro, spanielio, pudelio bei flamandų buvje veislių šunų plaukais šilumos mainų procesas yra labai panašus. Tik mežginių su ši-cu plaukais analizuojamo proceso kitimo greitis šiek tiek skiriasi, t. y. didėjant šio baltyminio pluošto kiekiui verpalų mišinyje, mežginių šilumos mainų procesas tampa vis artimesnis vilnoniams mežginiams.

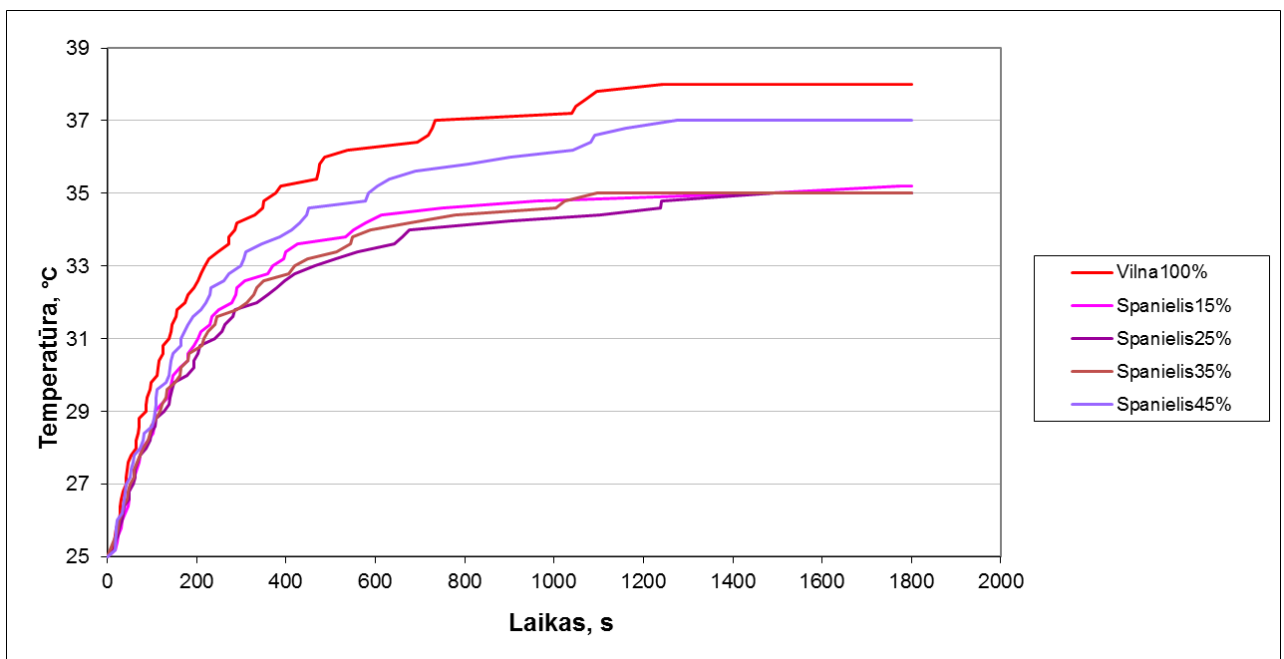
Taigi, gauta, kad įdėjus į verpalų pluoštų mišinį dalį kitos rūšies baltyminio pluošto, mežginių šilumos sulaikymo galimybes pagerėja. Nes, kaip matyti iš 3.4.1–3.4.3 paveikslų mežginiai, kurių verplų pluoštinėje sudėtyje yra 15–35 % šunų plaukų, per šilumos mainų proceso tyrimo laiką praleidžia 35–36 °C temperatūrą. Dėl šios priežasties galime teigti, kad tokie mežginiai geriau sulaiko šilumą nei vilnoniai mežginiai, kurie per tą patį laiko tarpą praleidžia 38 °C.

### 3.4.2 Verpalų mišinio sudėties įtakos mežginių šilumos mainų procesui tyrimas

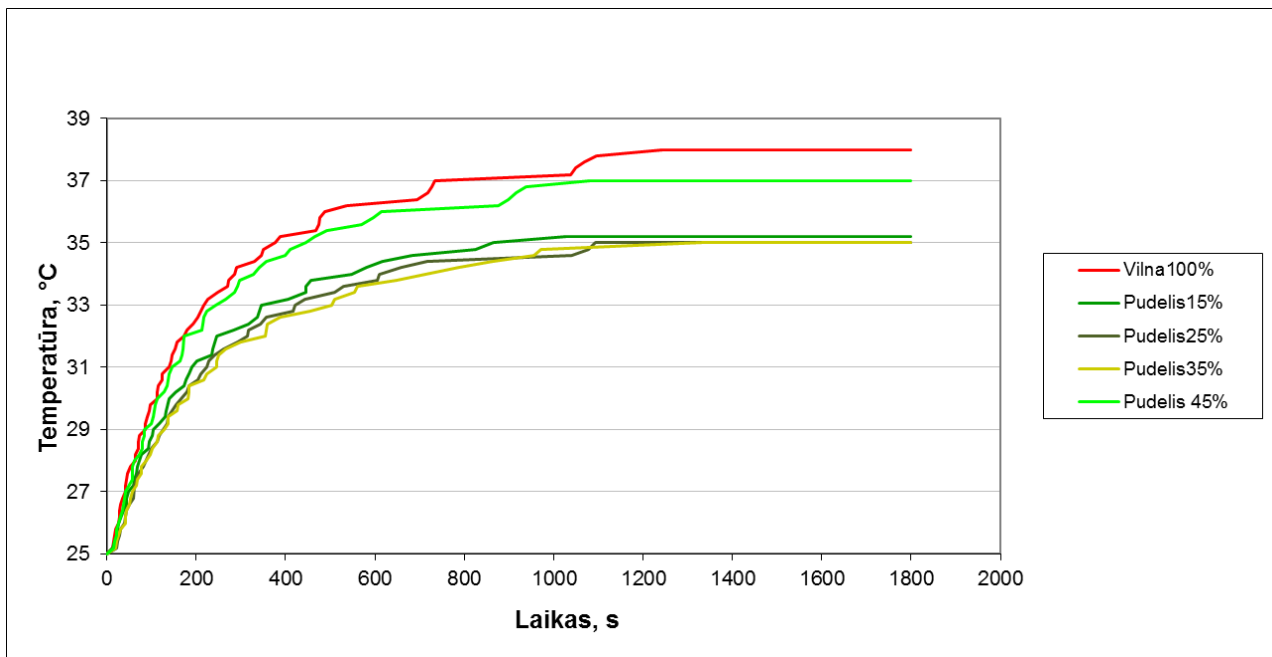
Verpalų mišinio sudėties įtakos mežginių šilumos mainų procesui tyrimų rezultatai pateikti 3.4.5–3.4.8 paveiksluose. Visuose paveiksluose palyginimui įdėti vilnonio mežginio tyrimų rezultatai.



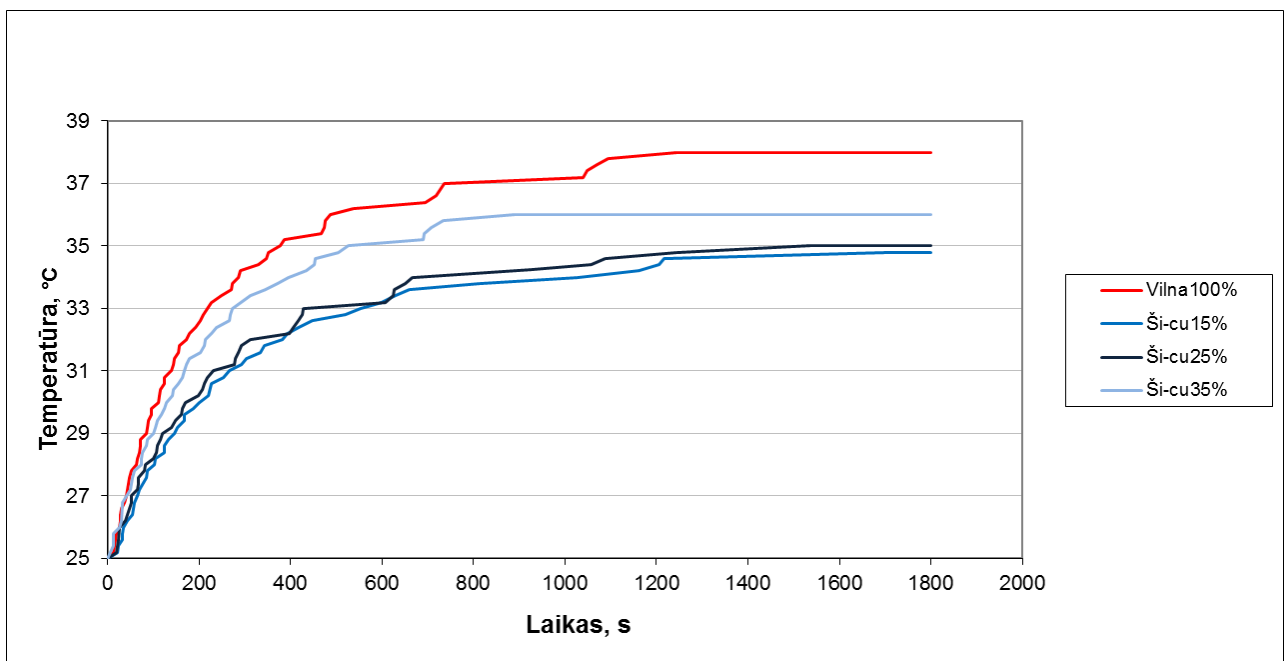
3.4.5 pav. Mezginių, numegztų su įvairios procentinės sudėties jorkšyro plaukais, šilumos mainų proceso tyrimas



3.4.6 pav. Mezginių, numegztų su įvairios procentinės sudėties spanielio plaukais, šilumos mainų proceso tyrimas



3.4.7 pav. Mezginių, numegztų su įvairios procentinės sudėties pudelio plaukais, šilumos mainų proceso tyrimas



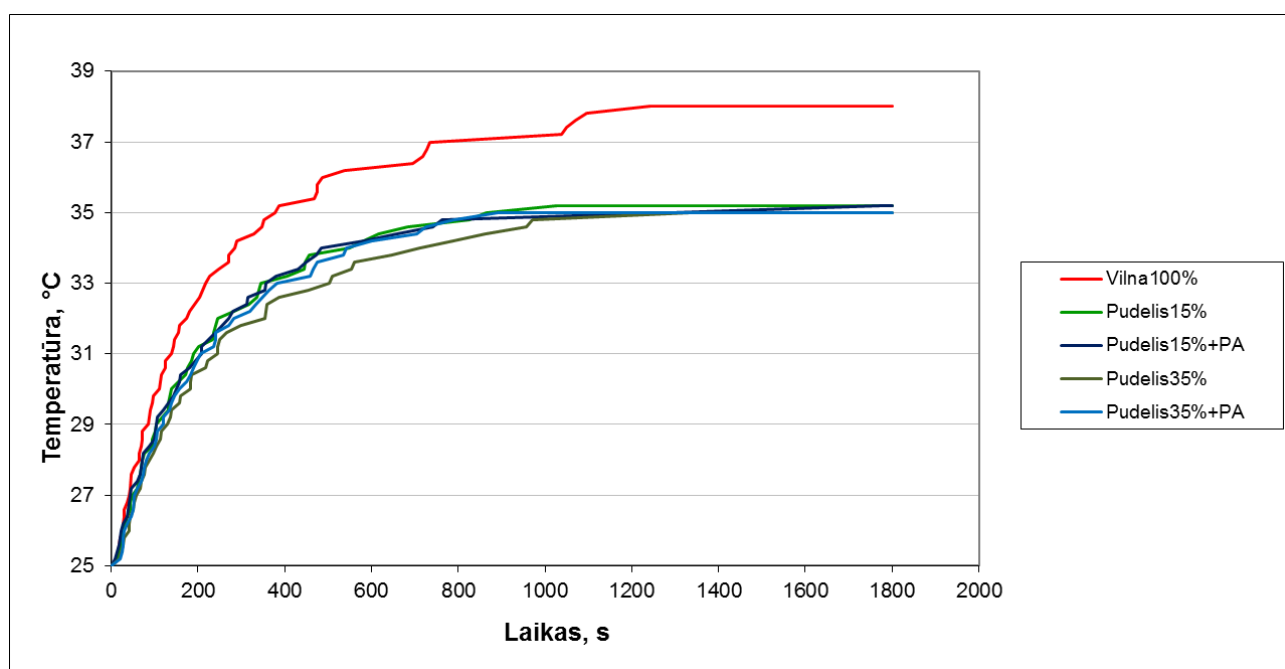
3.4.8 pav. Mezginių, numegztų su įvairios procentinės sudėties ši – cu plaukais, šilumos mainų proceso tyrimas

Iš 3.4.5 – 3.4.8 paveikslų matyti, kad mezginių šilumos mainų tendencijos tarp šunų plaukų procentinių sudėčių išlieka tokios pačios, t. y. šių mezginių šilumos mainų rezultatų vertės yra labai artimos viena kitai. Mezginių su 45 % šunų plaukų sudėtimi, šilumos mainų proceso tyrimų rezultatai labai priartėja prie vilnonio mezginio rezultatų. Panašiu šilumos laidumu pasižymi ir

65%vilna/35%ši-cu verpalų mezginys. Taigi, gauta, kad, norint pagerinti mezginių šiluminės savybes, nėra tikslinga į verpalų pluoštų mišinį dėti daugiau kaip 35 % kitos rūšies baltyminio pluošto.

Apibendrintai galima teigti, kad palyginus nustatytas mezginių iš vilnos pluošto ir mišinių su šunų plaukais šiluminės charakteristikos yra panašios. Gi, šilumos mainų proceso atveju, į verpalų mišinį įmaišius tik 15 % šuns plaukų, mezginių šiluminės savybės šiek tiek pagerėja. Tokie mezginiai geriau sulaiko šilumą nei grynvilniai mezginiai.

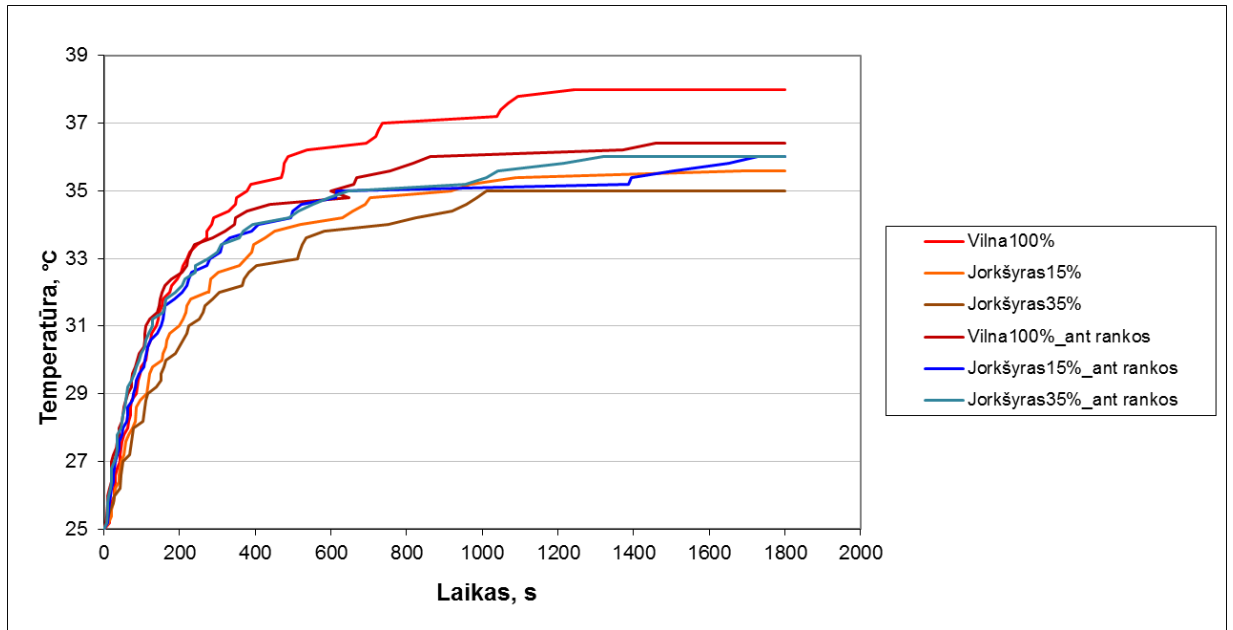
Mezginių su PA daugiagijais siūlais šilumos mainų proceso palyginamieji tyrimo rezultatai pateikti 3.4.9 paveiksle.



3.4.9 pav. Mezginių, numegztų su įvairios procentinės sudėties pudelio plaukais ir PA daugiagijais siūlais, šilumos mainų proceso tyrimas

Iš 3.4.9 paveikslo matyti, kad PA siūlai beveik neturi įtakos mezginių šilumos mainų procesui. Tiek mezginių su pudelio plaukais, tiek su pudelio plaukais ir PA siūlais, šilumos mainų tyrimų rezultatai yra labai artimi vieni kitiems. Šie mezginiai kaip ir mezginiai su pudelio plaukais per 30 min praleidžia 35 °C temperatūrą ir geriau sulaiko šilumą nei vilnonis mezginys.

Šilumos mainų tyrimų rezultatų palyginimui tokiomis pačiomis sąlygomis išmatuoti pasirinkti mezginiai ir ant žmogaus rankos. Pasirinkti mezginiai su jorkšyro veislės šunų plaukais. Rezultatai pateikti 3.4.10 paveiksle.



3.4.10 pav. Mezginių, numegztų su įvairios procentinės sudėties jorkšyro plaukais, šilumos mainų proceso ant plokštės ir žmogaus rankos rezultatų palyginimas

Iš 3.4.10 paveikslo matyti, kad 100 % vilnos mežginys matuotas ant šiluminės izoliacijos nustatymo prietaiso IG/ISOC plokštės pasižymi greičiausiais šilumos mainais ir pasiekia aukščiausią temperatūrą. Mezginių matavimų ant rankos rezultatai pasiskirsto tarp vilnonio mežginio ir mezginių su jorkšyro šuns plaukais matavimų ant plokštės. Kadangi šių mezginių šilumos mainų rezultatų vertės matuojant ant plokštės ir ant žmogaus rankos yra labai artimos viena kitai, galime teigti, kad IG/ISOC prietaisu atlikti tyrimai yra pakankamo tikslumo.

3.4 skyrelyje išanalizuotų priklausomybių tarp tirtų mezginių praleistos temperatūros ir laiko, kada ši temperatūra pasiekta, lygtys ir apibrėžties koeficientai pateikti 3.4.1 lentelėje.

3.4.1 lentelė. Mezginių šilumos mainų proceso eksperimento empyrinės lygtys ir apibrėžties koeficientai

| Mezginio pavadinimas | Apibrėžties koeficientas $R^2$ | Empyrinė lygtis         |
|----------------------|--------------------------------|-------------------------|
| I                    | II                             | III                     |
| A1                   | 0,8531                         | $y=3,3099\ln(x)+20,771$ |
| A2                   | 0,833                          | $y=3,1494\ln(x)+20,851$ |
| A3                   | 0,8545                         | $y=3,0395\ln(x)+21,5$   |
| A4                   | 0,8177                         | $y=3,6444\ln(x)+19,717$ |
| B1                   | 0,8329                         | $y=3,1948\ln(x)+20,711$ |
| B2                   | 0,8335                         | $y=3,1116\ln(x)+20,847$ |
| B3                   | 0,8307                         | $y=3,0434\ln(x)+21,097$ |



### 3.4.1 lentelės tęsinys

| I             | II     | III                     |
|---------------|--------|-------------------------|
| B4            | 0,8392 | $y=3,5889\ln(x)+20,196$ |
| C1            | 0,829  | $y=3,1889\ln(x)+20,782$ |
| C2            | 0,8478 | $y=3,2052\ln(x)+20,861$ |
| C3            | 0,8255 | $y=3,0815\ln(x)+20,83$  |
| C4            | 0,8453 | $y=3,7568\ln(x)+19,77$  |
| D1            | 0,8315 | $y=3,085\ln(x)+20,939$  |
| D2            | 0,8428 | $y=3,04\ln(x)+21,249$   |
| D3            | 0,8511 | $y=3,33\ln(x)+20,864$   |
| E1            | 0,8431 | $y=3,1548\ln(x)+20,901$ |
| F1            | 0,8656 | $y=3,2603\ln(x)+21,099$ |
| F2            | 0,8246 | $y=3,1278\ln(x)+20,87$  |
| V             | 0,8312 | $y=3,8676\ln(x)+19,298$ |
| A1 ant rankos | 0,8381 | $y=3,3418\ln(x)+20,616$ |
| A3 ant rankos | 0,8436 | $y=3,3602\ln(x)+20,571$ |
| V ant rankos  | 0,8388 | $y=3,4382\ln(x)+20,321$ |

Įvertinant analizuojamo proceso fizikinę prasmę, mezginių šilumos mainų procesų priklausomybės nuo laiko aprašytos logaritminėmis lygtimis. Gauta, kad analizuojamų priklausomybių apibrėžties koeficientai yra pakankamai aukšti ( $R^2 > 0,8$ ). Taigi, tiriamų mezginių šilumos mainų procesas priklauso nuo laiko. Tyrimo pradžioje mezginių šilumos mainai vyksta greitai, o tyrimo trukmei ilgėjant, šilumos perdavimas vyksta daug lėčiau.

## Išvados

- Nustatyta, kad tirtų mezginių iš baltyminių pluoštų nustatyti struktūriniai rodikliai – tankumų koeficientai, kilpos aukščiai bei žingsniai yra panašūs. Apskaičiuotų siūlų skersmenų, kilpos ilgių ir mezginių paviršinių tankių minimalios ir maksimalios vertės skiriasi 11,1–36,7 % ribose. Apskaičiuota, kad mažiausias siūlo skersmuo yra verpalų, kurių sudėtyje yra 25 % spanielio plaukų. Verpalų, kurių sudėtyje yra 45 % pudelio plaukų, skersmuo yra didžiausias.
- Matuojant mezginių storius ir laidumus orui nustatyta, kad storiausias ir mažiausiu laidumo orui koeficientu pasižymi vilnonis mezginy. Mezginių su šunų plaukais storiai yra gana panašūs, o laidumo orui koeficientai svyruoja nuo  $863,5 \text{ dm}^3/(\text{m}^2\text{s})$  iki  $1485,5 \text{ dm}^3/(\text{m}^2\text{s})$ . Nustatyta, kad egzistuoja priklausomybė tarp mezginio storio ir laidumo orui. Kuo mezginio storis mažesnis, tuo jo laidumas orui yra didesnis. Taip pat nustatyta, kad mezginiuose įmezgus PA daugiagijus siūlus, dėl sumažėjusio mezginio akytumo, jų laidumas orui sumažėja.
- Analizuojant mezginių laidumo šilumai charakteristikas nustatyta, kad didžiausiu laidumo šilumai koeficientu ir mažiausia šilumine varža pasižymi mezginy, kurio verpalų sudėtyje yra 25 % ši-cu plaukų. Mezginio, kurio sudėtyje yra 15 % spanielio plaukų, laidumo šilumai koeficientas yra mažiausias. Rasta, kad šis rodiklis visų tirtų mezginių yra panašus ir minimali bei maksimali jo vertė skiriasi 10 % ribose.
- Nustatyta, kad verpalų mišiniuose didinant šunų plaukų procentinę dalį, mezginių iš jų laidumo šilumai rodikliai beveik nesikeičia. Todėl galime teigti, kad šunų plaukai nepablogina vilnonių gaminių laidumo šilumai rodiklių. Tirtų mezginių laidumo šilumai koeficientas ir šilumine varža nepriklauso nuo verpalų, iš kurių jie yra numegzti, mišinio procentinės sudėties.
- Lyginant skirtingų šunų veislių mezginius rasta, kad meginiai su spanielio veislės šunų plaukais šilumos praleidžia mažiausiai, nes jų laidumo šilumai koeficientas yra mažiausias. O geriausiai šilumą sulaiko meginiai su jorkšyro ir spanielio plaukais, nes jų šiluminės varžos vertės yra didžiausios.
- Analizuojant mezginių šilumos mainų procesą nustatyta, kad greičiausiai šilumos mainais pasižymi 100 % vilnonis mezginy. Mezginių verpalų mišinio sudėtis didelės įtakos mezginių šilumos mainų greičiui neturi. Gauta, kad, į verpalų pluoštų mišinį įdėjus 15–35 % kitos rūšies baltyminio pluošto, pagerėja mezginių iš jų šilumos sulaikymo galimybės. Nustatyta, kad toliau didinti kitos rūšies baltyminio pluošto kiekį nėra tikslinga, nes

mezginių su 45 % šunų plaukų sudėtimi, šilumos mainų proceso tyrimų rezultatai labai priartėja prie vilnonio mezginio tyrimų rezultatų. Taip pat nustatyta, kad PA siūlai mezginyje beveik neturi įtakos šilumos mainų procesui.

## Literatūros sąrašas

1. Marmali A., Oglakcioglu N. Thermal comfort Properties of Some Knitted Structures. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, Vol. 15, No 5-6, 2007, pp. 94–96.
2. Karahan M., Eren R. Experimental Investigation of the Effect of fabric Parameters on Static Water Absorbtion in Terry Fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe* 2006, Vol. 14, No 2 (56), pp. 59–63.
3. Matusiak M. Thermal Comfort Index as a Method of Assessing the Thermal Comfort of Textile Materials. *Fibres & Textiles in Eastern Europe* 2010, Vol. 18, No. 2 (89), pp. 45–50.
4. Abromavičiūtė J., Mikučionienė D., Čiukas R. Structure Properties of Knits from Natural Yarns and their Combination with Elastane and Polyamide Treads. *Materials Science* 2011, Vol. 17, No. 1, pp. 43–45.
5. Mikučionienė D., Čiukas R., Mickevičienė A. The Influence of Knitting Structure on Mechanical Properties of Weft Knitted Fabrics. *Materials Science* 2011, Vol. 16, No. 3, pp. 221–224.
6. Rusinavičiūtė J., Ragaišienė A. Palyginamasis avių ir šunų vilnos pluošto geometrinių rodiklių tyrimas. *Gaminių technologijos ir dizainas* 2011, 254–257 p.
7. Rusinavičiūtė J., Paškauskaitė J., Ragaišienė A. Priklausomybės tarp šunų plaukų bei avių pluošto ilgio ir storio tyrimas. *Gaminių technologijos ir dizainas* 2013, 109–113 p.
8. Ragaišienė A., Rusinavičiūtė J. Comparative Investigation of Mechanical Indices of Sheep's Wool and Dog Hair Fibre. *Fibres & Textiles in Eastern Europe* 2012, 20, 6A (95). pp. 43–47.
9. Lizak P., Subhash Chandra Majumdar. Thermal properties of textile fabrics. *Therm Anal Calorim* 2013, pp. 1095–1100.
10. <http://www.textiletoday.com.bd/oldsite/magazine/163> 2014 12 10.
11. Frydrych I., Sybliska W., Wajszczyk M. Analysis of Selected Physical Properties of Membrane Fabrics Influenceing the Utility Comfort of Clothing. *Fibres & Textiles in Eastern Europe* 2009, Vol 17, No. 6 (77), pp. 50–55.
12. Matusiak M. Investigation of the Thermal Insulation Properties of Multilayer Textiles. *Fibres & Textiles in Eastern Europe* 2006, Vol. 14, No. 5 (59), pp. 98–102.
13. Majumdar A. Modelling of thermal conductivity of knitted fabrics made of cotton – bamboo yarns using artificial neural network. *The Journal of The Textile Institute* 2011, Vol. 102, No. 9, pp. 752–762.
14. Gupta D., Srivastava A., Kale S. Thermal properties of single and double layer fabric assemblies. *Indian Journal of Fiber and Textile Research* 2013, Vol. 38, pp. 387–394.

15. Marazaitė R., Abromavičiūtė J., Čiukas R. Kojinaičių iš natūralių pluoštų siūlų šiluminių savybių tyrimas. *Gaminių technologijos ir dizainas* 2009, 289–293 p.
16. Čiukas R., Abromavičiūtė J., Kerpauskas P. 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, Vol. 18, No. 3 (80), pp. 64–68.
17. Bivainytė A., Mikučionienė D., Kerpauskas P. Investigation on Thermal Properties of Double-Layered Weft Knitted Fabrics. *Material Science (medžiagotyra)* 2012, Vol. 18, No. 2, pp. 167–171.
18. Michalak M., Więcek B. Estimating the Thermal Properties of Flat Products by a New Non-contact Method. *Fibres & Textiles in Eastern Europe* 2008, Vol. 16, No. 4 (69), pp. 72–77.
19. Michalak M., Felczak M., Więcek B. Evaluation of the Thermal Parameters of Textile Materials Using the Thermographic Method. *Fibres & Textiles in Eastern Europe* 2009, Vol. 17, No. 3 (74), pp. 84–89.
20. Michalak M. Application of the Non-Contact Thermal Method for Estimation of the Thermal Parameters of Flat Materials. *Fibres & Textiles in Eastern Europe* 2010, Vol. 18, No. 6 (83), pp. 76–79.
21. Shakyavwar D. B., Patni P. C., Gupta N. P. Studies on animal fibre blended handmade felts: Part II – Frictional compressional and thermal properties. *Indian Journal and Textile research* 2007, Vol. 32, pp. 301–305.
22. Šeniauskienė N., Milašiūtė L., Mikučionienė D. Skersinių mezginių iš nedegių siūlų laidumo orui tyrimas. *Gaminių technologijos ir dizainas* 2012, 245–248 p.
23. Titas E., Čiukas R., Abromavičiūtė J., Svetnickienė V. Kojinėms skirtų mezginių laidumo orui ir masės pokyčių po dildymo tyrimas. *Gaminių technologijos ir dizainas* 2010, 233–236 p.
24. Čiukas R., Abromavičiūtė J. Investigation of the Air Permeability of Socks Knitted from Yarns with Peculiar Properties. *Fibres & Textiles in Eastern Europe* 2010, Vol. 18, No. 1 (78), pp. 84–88.
25. Abromavičiūtė J., Mikučionienė D., Čiukas R. Static Water Absorbtion of Knits from Natural and Textured Yarns. *Fibres & Textiles in Eastern Europe* 2011, Vol. 19, No. 3 (86), pp. 60–63.
26. Mincevičiūtė J., Bivainytė A., Mikučionienė D. Skersinių dvisluoksnių mezginių vandens absorbcijos dinamikos tyrimas. *Gaminių technologijos ir dizainas* 2011, 225–230 p.
27. [http://lt.wikipedia.org/wiki/%C5%A0iluminis\\_laidumas](http://lt.wikipedia.org/wiki/%C5%A0iluminis_laidumas) 2014 01 20.
28. Boguslawska - Baczek M., Hes L. Effective Water Vapour Permeability of wet Wool Fabric and Blended Fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe* 2013, Vol. 21, No 1 (97), pp. 67–71.

29. Ramachandran T., Manonmani G., Vigneswaran C. Thermal behaviour of ring – and compact – spun yarn single jersey, rib and interlock knitted fabrics. *Indian Journal of Fibre & Textile Research* 2010, Vol. 35, pp. 250–257.
30. Čiukas R., Abromavičiūtė J., Kerpauskas P. 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, Vol. 19, No. 3 (86), pp. 64–68.
31. Kandhavadi P., Radhinamoorthy R., Surjit R. Thermoregulatory characteristics of bamboo / lyocell union fabrics. *Indian Journal of Fiber and Textile Research* 2014, Vol. 39, pp. 386–393.
32. Michalak M., Zimniewska M., Krucinska I. Electrostatical and Thermal properties of the Surface of Clothing made from Flax and Poliester Fibres. *Fibres & Textiles in Eastern Europe* 2003, Vol. 11, No. 2 (41), pp. 55-57.
33. Čiužaitė I., Bivainytė A., Mikučionienė D. Dvisluoksnių skersinių mezginių statinės absorbcijos ir džiūvimo greičio tyrimas. *Gaminių technologijos ir dizainas* 2011, 231–234 p.
34. <http://www.odontologija.com/wiki/index.php?title=Hidrofili%C5%A1kumas> 2014 01 27.
35. Našlėnienė J., Petrulytė S., Baltakytė R. Kanapinių/medvilninių kilpinių audinių skysčio sugerties gebos analizė. *Gaminių technologijos ir dizainas* 2009, 284–288 p.
36. Filipovienė K., Petrulytė S., Baltakytė R. Vandens, šilumos, mechaninio ir cheminio poveikių įtaka kilpinių audinių geometriniam rodikliams. *Gaminių technologijos ir dizainas* 2008, 7–10 p.
37. Paulauskienė A., Petrulytė S., Baltakytė R. Kilpinių kanapinių/medvilninių skalbtų ir tumbleruotų audinių dinaminė absorbcija. *Gaminių technologijos ir dizainas* 2009, 266–269 p.
38. Bivainytė A., Čiužaitė J., Mikučionienė D. Dvisluoksnių skersinių mezginių laidumo orui tyrimas. *Gaminių technologijos ir dizainas* 2010, 228 – 232 p.
39. Mavruz S., Tugru Ogulata R. Investigation of air permeability of single jersey fabrics with different relaxation states. *The Journal of The Textile Institute* 2011, Vol. 102, No. 1, pp. 57–64.
40. Krikščiūnaitė J. Kočiotinių verpalų iš baltyminių pluoštų savybių tyrimas, Magistro baigiamasis darbas, KTU, Kaunas 2014.
41. International standard ISO 9237:1997. Textiles – Determination of permeability of fabric to air.
42. International standard ISO 139:2005. Textiles – Standard atmospheres for conditioning and testing.
43. Tvarijonavičienė B. Mezginių sandara ir analizė. Kaunas: „Technologija“, 2009. – 81p
44. Matukonis A., Palaima J., Vitkauskas A. Tekstilės medžiagotyra. Vilnius: „Mokslas“, 1989. – 310p.
45. Milašius R. Tekstilės eksperimento teorija ir praktika. Kaunas: „Technologija“, 2011. – 46p.