



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

Lina Jurgelionytė

**VĖSINAMOSIOMIS SAVYBĖMIS PASIŽYMINČIŲ
MEGZTINIŲ MEDŽIAGŲ TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Doc. Dr. Julija Baltušnikaitė – Guzaitienė

KAUNAS, 2017

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

VĖSINAMOSIOMIS SAVYBĖMIS PASIŽYMINČIŲ
MEGZTINIŲ MEDŽIAGŲ TYRIMAS

Baigiamasis magistro projektas

Tekstilės inžinerijos ir apdailos studijų programa (kodas 621J40002)

Vadovas

Doc. Dr. Julija Baltušnikaitė – Guzaitienė

Recenzentas

Doc. Dr. Eglė Fataraitė – Urbonienė

Projektą atliko

Lina Jurgelionytė

KAUNAS, 2017



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

(Fakultetas)

Lina Jurgelionytė

(Studento vardas, pavardė)

Tekstilės inžinerijos ir apdailos studijų programa (kodas621J40002)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Vėsinamosiomis savybėmis pasižyminčių megztinių medžiagų tyrimas“

AKADEMINIO SAŽINGUMO DEKLARACIJA

20 17 m. gegužės 26 d.
Kaunas

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

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Jurgeliontė, Lina. Vėsinamosiomis savybėmis pasižyminčių megztinių medžiagų tyrimas. Magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Julija Baltušnikaitė-Guzaitienė; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Technologijos mokslai, Polimerų ir tekstilės technologija

Reikšminiai žodžiai: sporto apranga, vėsinamosiomis savybėmis pasižyminčios medžiagos, termoreguliacinės savybės, vėsinimo efektyvumas.

Kaunas, 2017. 72 psl.

SANTRAUKA

Aktyviam laisvalaikiui skirtai aprangai atsirandantys nauji gerų termoreguliacinių savybių reikalavimai, verčia ieškoti naujų jų įgyvendinimo būdų. Aktyviai leidžiant laisvalaikį ir sportuojant, kylanti kūno temperatūra gali neigiamai veikti žmogaus fizinę būklę. Drabužiai pasižymintys vėsinimo efektu gali sumažinti šiluminį stresą. Todėl šio darbo tikslas yra ištirti poliesterines megztines medžiagas pasižyminčias vėsinamosiomis savybėmis.

Poliesterinėms dvisluoksnėms megztinėms medžiagoms buvo suteiktos vėsinamosios savybės, naudojant polimerines dervas ir PCM medžiagas. Nustatytos šių medžiagų drėgmės valdymo bei termoreguliacinio efektyvumo savybės.

Atlikus tyrimus gauti rezultatai, kurie įrodo, kad medžiagos, kurių apdailoje panaudotas ksilitolis, pasižymi vėsinamosiomis savybėmis, kurios pagerėja papildomai į medžiagą įvedus PCM medžiagų. Megztinės medžiagos, su PCM pasižymėjo geriausiomis drėgmės transportavimo bei šiluminės varžos savybėmis.

Jurgelionytė, Lina. Investigation of Cool Touch Knitted Fabrics. Master' Final Project/ supervisor assoc. prof. dr. Julija Baltušnikaitė - Guzaitienė; Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Technological Sciences, Polymers and Textiles Technology.

Key words: sportswear, cool touch knitted fabrics, thermoregulatory properties, moisture management, and cooling effectiveness

Kaunas, 2017. 72 p.

SUMMARY

Appearing new requirements for thermoregulating properties of the active leisure clothing enforce to look for the new implementation methods. During the active leisure and the sport, the rising temperature of the body can have the negative influence on the physical state of the human. The clothing having the cooltouch effect can reduce the thermal stress. Therefore, the aim of this project is to investigate the cooltouch polyester knitted fabrics.

The polymeric resins and the PCM materials were used to provide the cooltouch effect for the polyester double layer knitted fabrics. The thermoregulatory effectiveness properties and moisture management of these materials were established.

The obtained results had proved that the fabrics, with xylitol, had the cooltouch properties that can be improved by the encapsulation of the PCM. The knitted fabrics with the PCM had the best moisture transport and thermal resistance properties.

Turinys

Turinys	6
Santrumpos	8
Lentelių sąrašas	9
Paveikslų sąrašas	10
ĮVADAS.....	12
1. LITERATŪROS APŽVALGA	13
1.1 Reikalavimai, keliami aprangai skirtai aktyviam laisvalaikiui	13
1.2 Aktyviam laisvalaikiui skirtų pluoštų apžvalga	13
1.3 Medžiagos skirtos funkcinėms savybėms suteikti.....	17
1.3.1 Formą įsimenančios polimerinės medžiagos	17
1.3.2 Fazę keičiančios medžiagos (PCM)	18
1.3.3 Kosmetotekstilė.....	20
1.4 Aktyviam laisvalaikiui skirtų medžiagų komfortą įtakančių savybių apžvalga	22
1.4.1 Aktyviam laisvalaikiui skirtų medžiagų gebėjimas sugerti drėgmę	23
1.4.2 Aktyviam laisvalaikiui skirtų medžiagų gebėjimas valdyti drėgmę	25
1.4.3 Vandens garų pralaidumo nustatymas	27
1.4.4 Aktyviam laisvalaikiui skirtų medžiagų laidumo orui nustatymas.....	29
1.4.5 Aktyviam laisvalaikiui skirtų medžiagų šiluminio atsparumo nustatymas	30
1.4.6 Aktyviam laisvalaikiui skirtų medžiagų šiluminio laidumo nustatymas	30
1.5 Manekenių ir žmonių panaudojimas tekstilės medžiagų tyrimams.....	32
1.6 Daugiasluoksnių medžiagų panaudojimas aktyviam laisvalaikiui skirtai aprangai	33
1.7 Literatūros apžvalgos apibendrinimas	35
2. METODOLOGINĖ DALIS	37
2.1 Tyrimo objektas.....	37
2.2 Tyrimo metodika	40
2.2.1 Megztos medžiagos pynimo nustatymo metodika ir tankumo nustatymo metodika .	40
2.2.2 Paviršinio tankio nustatymo metodika	41
2.2.3 Medžiagų laidumo orui nustatymo metodika	41

2.2.4 Šiluminės varžos matavimas	42
2.2.5 Terminio atvaizdo ir taškinės temperatūros nustatymas	43
2.2.6 Šilumos kaupimo/atidavimo savybių tyrimas	43
2.2.7 Drėgmės transportavimo tyrimas	44
2.2.8 Vandens išgarinimo tyrimo metodika	45
2.2.9 Statistinių rodiklių nustatymo metodika.....	46
3. Tyrimų rezultatų analizė.....	49
3.1 Padidinto termoreguliacinio efekto mezginių kūrimas.....	49
3.2 Termoreguliacinių savybių, įtakojančių termofiziologinį komfortą tyrimas	51
3.2.1. Laidumo orui nustatymas.....	51
3.2.2 Drėgmės transportavimo tyrimas	53
3.3 Vėsinančių savybių įvertinimo tyrimai	54
3.3.1 Šiluminės varžos nustatymas	55
3.3.2 Vėsumo pojūčio efektyvumo tyrimas	57
3.3.3 Šilumos kaupimo/atidavimo savybių tyrimas	60
3.3.4 Skysčių išgarinimo gebos tyrimas.....	62
3.4 Tyrimo rezultatų apibendrinimas.....	64
IŠVADOS	65
LITERATŪROS ŠALTINIŲ SĄRAŠAS	67

Santrumpos

Medžiagų santrumpos

- PCM – fazę keičiančios medžiagos (angl. *phase change materials*)
PES – poliesteris

Sąvokų ir metodų santrumpos

- SEM – elektroninis skenuojantis mikroskopas
OMMC – vidutinis drėgmės transportavimo indeksas (angl. *overall moisture management capability*)
RWVP – santykinis vandens garų pralaidumas arba santykinis vėsinimo poveikis (angl. *relative water vapor permeability or relative cooling effect*)

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Atrinkti kosmetotekstilės gamintojų produktai, pagrindiniai kosmetikos ingredientai ir produkto savybės

2 lentelė. Trijų bandymo metodų koreliacijos koeficiento vertė

3 lentelė. Tiriamųjų medžiagų identifikavimas

4 lentelė. Tiriamos megztinės medžiagos sandaros rodikliai

5 lentelė. Medžiagų klasifikacija pagal bendrą drėgmės transportavimo pajėgumą

6 lentelė. Laidumo orui nustatymo rezultatai

7 lentelė. Tirtų megztinių medžiagų šiluminės varžos vertės

8 lentelė. Remiantis mezginių laidumo vandeniui klasifikacija pagal OMMC indeksą

Paveikslų sąrašas

- 1 pav.** Medvilnės pluošto plaukelių mikroskopinis vaizdas
- 2 pav.** Coolmax pluošto skerspjūvis
- 3 pav.** Thermolite tuščiavidurių gijų struktūra
- 4 pav.** Coolplus® pluoštas
- 5 pav.** Šiluminio efekto, keičiantis medžiagos fizikiniam būviui, schema
- 6 pav.** PCM medžiagų klasifikacija
- 7 pav.** Mikrokapsulių panaudojimas būvį keičiančiose medžiagose: a – įvedimas į pluoštą (nuotrauka padidinta 5000 kartų), b – medžiagos padengimas (x2000)
- 8 pav.** Eksperimentinio modelio sistema
- 9 pav.** Drėgmės plitimas esant skirtingiems laiko intervalams
- 10 pav.** Schema iliustruojanti du skysčio išiskverbimo etapus:
- a) pirmas etapas, kai lašas vis dar ant medžiagos;
 - b) antras etapas, kai visas lašas įsigėręs į medžiagą.
- 11 pav.** Vertikalus sudrėkimo tyrimas
- 12 pav.** Horizontalus sudrėkimo testas
- 13 pav.** Permetest prietaisas
- 14 pav.** Permetest – kompaktiškas „odos modelio“ tipo greitas testeris
- 15 pav.** Santykinis vėsinimo poveikis RWVP (%) priklausomai nuo drėgmės kiekio U (%) ir oro tarpo aukščio h. [26]
- 16 pav.** Ambela prietaiso funkcinė schema . 1 – matavimo galvutė, 2 – vario blokas, 3 – elektrinis šildytuvas, 4 – šilumos srauto jutiklis, 5 – matuojamas bandinys, 6 – bandinio vieta, 7 – kėlimo mechanizmas, 8 – varžos termometras, 9 – sudrėkinta tekstilinė tarpinė prakaito išskyrimo imitacijai
- 17 pav.** C – Therm TCI šilumos laidumo analizatorius
- 18 pav.** C – Therm TCI šilumos laidumo analizatorius jutiklis
- 19 pav.** Dviejų sluoksnių tipo medžiagos struktūra aktyvaus laisvalaikio drabužiams
- 20 pav.** Trijų sluoksnių tipo medžiagos struktūra aktyvaus laisvalaikio drabužiams
- 21 pav.** THERMOWAVE®
- 22 pav.** Kombinuotojo pynimo rašto schema
- 23 pav.** Įmirkymo pliusuotė *EVP-350* (Roaches International Ltd.)
- 24 pav.** Džiovinimo mašina *TFOS IM 350* (Roaches International Ltd.)

25 pav. Šilumos kaupimo/atidavimo savybių tyrimo įranga: a) IR spindulių lempa, b) bandinys, c) termoizoliacinė polistireno plokštė, d) termovizorius su specialia programine įranga

26 pav. Drėgmės transportavimo prietaisas *SDL Altas M290*, jo veikimo principas

27 pav. SEM nuotraukos, bandiniai Nr. 0 ir Nr. 1, a) didinimas 1000 x;b) didinimas10000x; greitinimo įtampa 20.00 kV

28 pav. SEM nuotraukos, bandiniai Nr. 3 ir Nr. 4, a) didinimas 1000 x;b) didinimas10000x; greitinimo įtampa 20.00 kV

29 pav. SEM nuotraukos, bandinys Nr. 5, a) didinimas 1000 x;b) didinimas10000x; greitinimo įtampa 20.00 kV

30 pav. Laidumo orui rezultatų vertės(\bar{x} ir S)

31 pav. Laidumo orui priklausomybė nuo paviršinio tankio

32 pav. Tirtų megztinių medžiagų šiluminės varžos vertės (\bar{x} ir S)

33 pav. Šiluminės varžos priklausomybė nuo laidumo orui

34 pav. Megztinių medžiagų taškinė temperatūra be išlaikymo

35 pav. Megztinių medžiagų taškinė temperatūra išlaikius 10 minučių

36 pav. Termogramos, kai bandiniai tik padėti ant plokštės. Nr. 0, Nr. 1. Nr. 2.

37 pav. Termogramos, kai bandiniai tik padėti ant plokštės. Nr. 3, Nr. 4. Nr. 5.

38 pav. Termogramos po 10 min išlaikymo. Bandiniai Nr. 0, Nr. 1, Nr. 2.

39 pav. Termogramos po 10 min išlaikymo. Bandiniai Nr. 3, Nr. 4, Nr. 5.

40 pav. Šiluminės varžos priklausomybė nuo laidumo orui

41 pav. Temperatūros priklausomybė nuo kaitinimo trukmės.

42 pav. Vandens likutis kondicinėse sąlygose

43 pav. Vandens likutis, kai bandiniai laikyti ant 35 °C plokštės

ĮVADAS

Temos aktualumas. Pastaruoju metu sparčiai besivystanti pramonė, pasitelkusi mokslo ir inovacijų naujoves, siūlo naujas koncepcijas sporto ir aktyvaus laisvalaikio aprangai. Vartotojai pageidauja, kad aktyviam laisvalaikiui skirta apranga pasižymėtų termofiziologiniu komfortu. Todėl labai svarbu, kad gaminiai būtų ne tik lengvi, patogūs, nevaržytų judesių, būtų paprastai prižiūrimi ir išlaikytų matmenų stabilumą. Aktyviam laisvalaikiui skirtai aprangai gaminti dažniausiai naudojamos megztinės medžiagos, nes jos leidžia dėvėtojiui patogiai jaustis, galima iškart pagaminti vieno ar kelių sluoksnių medžiagas, tame pačiame gaminyje skirtingose vietose panaudoti skirtingus pynimus ir taip išgauti skirtingas savybes.

Tačiau atsirandant vis didesnei pasiūlai, atsiranda ir didesni reikalavimai. Įprastos aprangos savybės, kaip apsauga nuo šalto ar drėgno oro, daugelio vartotojų nepatenkina. Aktyvaus laisvalaikio ar sportinė apranga turi būti ne tik laidūs orui, ji turi puikiai sugerti drėgmę, ją transportuoti ir išgarinti. O kylant kūno temperatūrai, aktyvaus judėjimo metu, optimaliai sureguliuoti kūno temperatūrą, ji vėsindamos. Norint pasiekti pageidaujamas savybes, vis dažniau naudojama papildoma medžiagų apdaila – kai mikrokapsuliavimo, įmirkymo ar padengimo būdais į medžiagą įterpiamos įvairios cheminės medžiagos, kurios suteikia geresnes termoreguliacines savybes.

DARBO OBJEKTAS: vėsimo pojūtį suteikiančiomis medžiagomis įmirkyti dvisluoksniai kombinuoto pynimo poliesteriniai mezginiai.

DARBO TIKSLAS – ištirti megztines medžiagas, pasižyminčias vėsinausiomis savybėmis.

DARBO UŽDAVINIAI:

1. Apžvelgti aktyviam laisvalaikiui skirtos tekstilės ypatybes.
2. Apžvelgti ankstesnių autorių atliktus tekstilės medžiagų, pasižyminčių vėsinausiomis savybėmis, tyrimus.
3. Parinkti megztinių medžiagų termoreguliacinių savybių vertinimui tinkamą tyrimo metodiką.
4. Naudojant funkcinį polimerą, ksilitolį ir ksilitoliu įkapsuliuotas PCM suteikti megztinėms medžiagoms vėsinausias savybes.
5. Ištirti megztinių medžiagų termoreguliacinių savybių priklausomybę nuo struktūrinių rodiklių.
6. Nustatyti apdorotų ir neapdorotų medžiagų, kontaktinio ir absorbcinio vėsimo galimybes.
7. Įvertinti vėsimo pojūtį suteikiančiomis medžiagomis ir parafinu įkapsuliuotomis PCM apdorotų megztinių medžiagų termoreguliacinį efektyvumą.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1 Reikalavimai, keliami aprangai skirtai aktyviam laisvalaikiui

Žmonės vis daugiau dėmesio skiria sporto veiklai ir sporto aprangos rinka vis daugiau plečiasi, todėl kuriantys sportinius gaminius yra skatinami duoti tinkamą atsaką į vis reiklesnius vartotojų lūkesčius. Daug mokslininkų ir pramonininkų užsiima funkcinių medžiagų kūrimu. Naujos sporto tekstilės medžiagos turi daug daugiau funkcijų, siekiant atitikti specifinius poreikius įvairiose sportinėse veiklose [1].

Vartotojai kelia vis aukštesnius reikalavimus komfortui, dizainui ir lengvai, visų tipų drabužių priežiūrai. Be naudingumo, dauguma sporto ir aktyvaus laisvalaikio prekių dažnai reikalauja skirtingų savybių, tokių kaip apsauga nuo lietaus, sniego, šalčio, karščio ir gerų medžiagos stiprumo savybių tuo pačiu metu.

Pagrindinius reikalavimus drabužiams skirtiems aktyviam laisvalaikiui ir sportui galima suskirstyti į dvi pagrindines kategorijas [2]:

1. Funkciniai reikalavimai:

- lengvumas;
- didelis atsparumas tempimui;
- tamprumas, kuris reikalingas judėjimo laisvei;
- geras garų laidumas užtikrinantis, kad drėgmė bus išgarinta per visus audinio sluoksnius;
- optimalus šilumos reguliavimas, palaikant kūno temperatūrą;
- matmenų stabilumas, net kai audinys šlapias;
- apsauga nuo vėjo, šalčio ir nepalankių oro sąlygų;
- greitai džiūstantis, kad kūnas neatšaltų;
- nelaidus vandeniui;
- atsparumas UV spinduliams.

2. Estetiniai reikalavimai:

- minkštas ir malonus odai;
- blizgesys, spalvos variacijos;
- drabužio komfortas.

1.2 Aktyviam laisvalaikiui skirtų pluoštų apžvalga

Natūralūs pluoštai anksčiau buvo laikomi netinkamais aukštos kokybės sportiniams gaminiams, vyravo sintetiniai pluoštai. Tačiau dabar natūralūs pluoštai yra derinami su sintetiniais, medžiagoms yra atliekama apdaila, siekiant pagerinti jų efektyvumą [2].

Medvilnė

Medvilne (medvilnės pluoštu) vadinami plaušeliai, išaugantys ant medvilnės augalo sėklų. Žinomos kelios dešimtys medvilnės augalo rūšių. Pluoštui dažniausiai auginami medvilnės krūmai. Subrendęs medvilnės plaukelis yra tuščiavidurio suploto vamzdelio pavidalo, kurio sienelės turi keletą sluoksnių. Plaukelio viduje yra siauras kanalas [3].



1 pav. Medvilnės pluošto plaukelių mikroskopinis vaizdas [3].

„Medvilnės privalumai [4]:

- Medvilnė puikiai sugeria drėgmę, leidžia kūnui kvėpuoti. Puikiai tinka drabužiams, kurie tiesiogiai liečiasi su žmogaus oda.
- Medvilniniai drabužiai nesielektrina.
- Medvilnė yra tvirta, atspari skalbimui. Tik gręžti reikia kuo mažesnėmis greičio apsuokomis, jog nesusidarytų sunkiai išlyginamų raukšlių.
- Pagrindinis medvilnės privalumas – higieniškas“.

Vilna

Vilna puikiai sugeria drėgmę ir yra geras šilumos izoliatorius, net kai yra šlapia. Tačiau vilna lėtai džiūsta. Buvo nustatyta, kad merinosų vilna turi geresnes garų laidumo ir džiovavimo savybes. Merinoso vilna gali būti maišoma su kitais pluoštais: šilku, viskoze, tenceliu, poliesteriu, poliamidu. Be to, merinoso vilna gali būti naudojama vidiniam sluoksniui, kai išoriniam sluoksniui naudojamas poliamidas [2].

Merinoso vilna – viena ploniausių vilnų, naudojamų šiuolaikinėje tekstilėje. Merinoso vilnos drabužiai pasižymi minkštumu ir švelnumu bei šiomis pagrindinėmis savybėmis: sulaiko šilumą, nevaržo judesius, leidžia odai kvėpuoti, natūrali antibakterinė apsauga. Žiemos metu merinoso vilna veikia kaip puikus šilumos izoliatorius, o vasaros laikotarpiu atsiskleidžia vilnos savybės, leidžiančios odai kvėpuoti ir išlaikančios kūną sausą. Be puikaus šilumos sulaikymo ir odos kvėpavimo, vilna pasižymi ir natūraliomis antibakterinėmis savybėmis, apsaugančiomis nuo blogo kvapo [5].

Regeneruoti pluoštai

Regeneruoti pluoštai yra gaminami iš natūralių medžiagų ir gerai absorbuoja drėgmę. Tencelis yra medžio celiuliozės pluoštas, unikalių nano–skaidulų struktūros ir labai lygaus paviršiaus. Jis yra minkštas ir stipresnis už medvilnę tiek drėgnas, tiek sausas, drabužiai yra atsparūs nusidėvėjimui. Jo funkcinės savybės yra geresnės nei kitų celiuliozės pluoštų [2].

Sintetiniai pluoštai

Sintetiniai pluoštai yra dažnai pasirenkami aktyvaus laisvalaikio drabužiams [2].

Sintetiniai pluoštai gali turėti hidrofilių ar hidrofobinių paviršių. Sintetinio pluošto medžiagos laikomos geriausiu pasirinkimu aktyvaus laisvalaikio drabužiams, nes jie gali pasižymėti geru deriniu – drėgmės valdymu, minkštumu, lengvumu, izoliacija ir greitu džiūvimu [1].

Poliesteris

Poliesterio pluoštas pasižymi matmenų stabilumu, atsparumu nešvarumams, šarmams, yra patogus dėvėti, lengvai prižiūrimas ir pigus. Poliesteris yra hidrofobinis ir nesugeria drėgmės. Tačiau dauguma poliesterio siūlų, naudojamų pagrindo sluoksniui, yra chemiškai apdoroti, kad sugertų drėgmę [2].

Būdamas patvarus, tuo pat metu yra lengvas, elastingas ir leidžiantis patogiai jaustis. Visa tai yra pagrindinės savybės, tinkamos sportinei aprangai. Taip pat puikus atsparumas temperatūrai, geros drėgmės transportavimo savybės, maža drėgmės absorbcija, lengva priežiūra ir nebrangi gamyba [1].

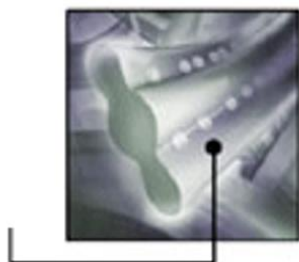
THERMOWAVE®

THERMOWAVE® funkcionalus poliesteris – tinkamas įvairiai veiklai vėsiu oru. Pagamintas iš 100% poliesterio, jis ypač gerai išgarina drėgmę ir palieka kūną sausą. Dėl unikalaus medžiagos mezgimo, drabužiai iš poliesterio puikiai izoluoja šilumą ir yra lengvi bei švelnūs. Šie drabužiai taip pat yra labai lengvai prižiūrimi, todėl tai labai geras pasirinkimas atostogoms ir išvykoms. Visiems poliesterio drabužiams taikoma sidabro jonų apdaila, kuri apsaugo nuo bakterijų ir nemalonaus kvapo [5].

Coolmax DuPont

Coolmax DuPont pagamintas iš specialaus poliesterio pluošto, pluošto gijų paviršiuje esantys kanalėliai transportuoja drėgmę nuo odos į audinio išorinį sluoksnį, kur ji greit išgarinama ir palaiko komfortabilią odos temperatūrą [2].

Kanalai,
transportuojantys
drėgmę į paviršių.

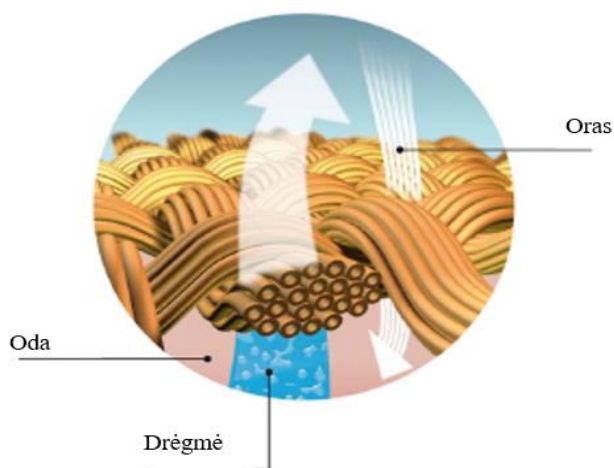


2 pav. Coolmax pluošto skerspjūvis [6]

Thermolite DuPont

Thermolite DuPont yra sudarytas iš tuščiavidurių pluošto gijų, skirtas naudoti esant šaltam orui. Dėl oro tarpų, audinys pasižymi geromis šiluminėmis savybėmis, taip pat persipynę pluošto gijos, tarpuose sulaiko orą, dėl to padidėja termoizoliacija [6].

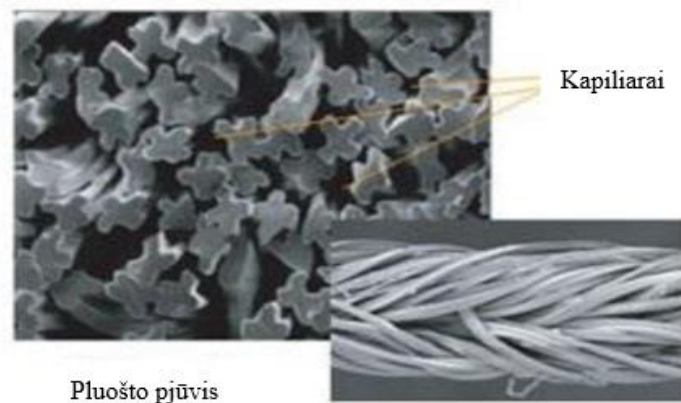
Thermolite audinys yra tvirtas, bei „kvėpuojantis“, sugeria prakaitą, paskirsto jį platesniame plote bei išgarina į išorę.



3 pav. Thermolite tuščiavidurių gijų struktūra [7]

Coolplus®

Coolplus®, tai profilinio poliesterio pluoštas. Jo pluošto gijose esantys kanalai, tarpusavyje persipindami, sulaiko orą ir taip užtikrina termoizoliaciją. Sušlapinus pluoštą drėgmė kapiliarais pasiskirsto didesniame plote, nei sudrėkimo zona, drėgmė greičiau išgarinama ir kūnui nesukelia nemalonaus šalčio jausmo. Coolplus® pluoštas pasižymi ne tik geromis drėgmės transportavimo bei džiūvimo savybėmis, bet kartu jis yra minkštas ir švelnus, laidus orui [8].



4 pav. Coolplus® pluoštas [8]

Poliamidinis pluoštas

Poliamidinis pluoštas turi daug tinkamų savybių sportinei tekstilei. Nailonas 6 ir nailonas 6.6 turi didesnę drėgmės sugėrimo gebą nei poliesteris, geresnę drėgmės transportavimą, bet lėtesnį džiūvimą. Poliamidiniai pluoštai yra išskirtinai stiprūs, pasižymintys dideliu atsparumu dilinimui, lankstūs ir elastingi. Kai poliamidas naudojamas medžiagos struktūroje, medžiagos oro pralaidumas būna labai mažas, todėl tokios medžiagos tinkamos slidinėjimo drabužių viršutiniam sluoksniui. Tačiau mažas garų laidumas lemia tai, kad poliamidinius audinius nepatogu dėvėti šalia odos. Poliamidas 6.6 naudojamas daugelio mikropluoštų pagrindui. Tekstilės inžinerijos technologijos leidžia keisti tiek poliamido išvaizdą, tiek savybes, kaip prakaito pralaidumo. Poliamidiniai pluoštai gali būti tekstūruojami, kas suteikia jiems malonų grifą, gretą džiūvimą ir lengvą priežiūrą [1].

Polipropilenas

Kopiant į kalnus, slidinėjant ar aktyviai judant – polipropilenas visuomet puikiausias pasirinkimas aktyviai veiklai. Drabužiai, pagaminti iš 100% polipropileno turi geriausias drėgmės išgarinimo savybes ir greičiausiai transportuoja drėgmę nuo kūno. Šie drabužiai tobulai tinka itin aktyviai veiklai, nes nevaržo judesių ir išlaiko kūną sausą. Su polipropileno drabužiais nesusalsite ne tik prie 0° C temperatūros, bet ir prie - 20° C šalčio [5].

1.3 Medžiagos skirtos funkcinėms savybėms suteikti

Tekstilėje vis dažniau naudojamos įvairios medžiagos, suteikiančios pageidaujamas funkcines savybes.

1.3.1 Formą įsimenančios polimerinės medžiagos

Formą įsimenančios medžiagos yra tokios, kurios, veikiant išoriniams veiksniams, gali pakeisti savo pavidalą, o po to gali atgauti ankstesnę savo formą. Drabužis, pagamintas iš šių

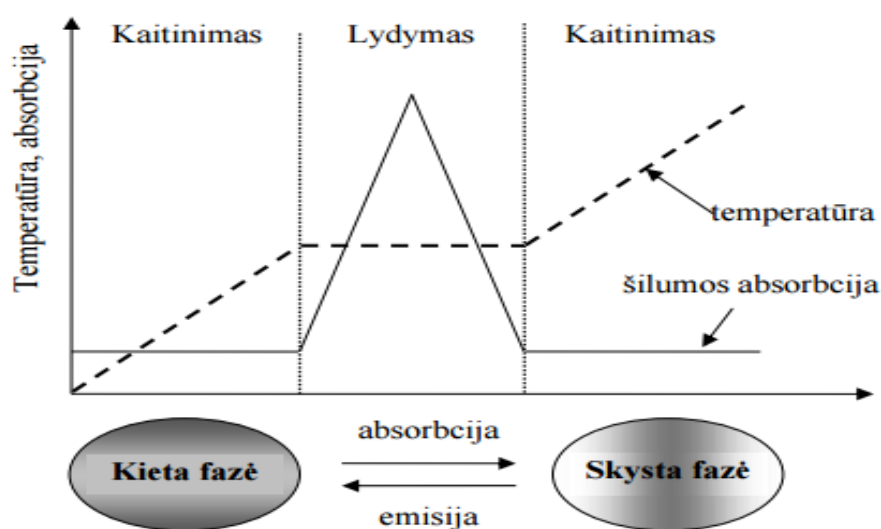
formos atmintį turinčių polimerų, gali pajusti aplinkos pokyčius, įvertinti ir kontroliuoti savo atsaką užtikrindamos aukščiausią komforto lygį [2].

„Dažniausia priežastis, sąlygojanti medžiagos deformaciją, yra aplinkos temperatūros pasikeitimas, tačiau kai kurioms medžiagoms įtaką daro slėgis, elektriniai, magnetiniai laukai, ultravioletiniai spinduliai, pH lygis ir net vanduo. Formą įsimenančios medžiagos išmaniųjų medžiagų sistemose gali būti panaudotos valdyti daugelį technologinių charakteristikų, tai formą, padėtį, įtempimą, standumą, drėgmę, trintį, garų laidumą. Plačiausiai žinomos šiai grupei priskiriamos medžiagos yra formą įsimenantys metalo lydiniai (pvz., NiTi) ir polimerai (pvz., termoplastiniai PU–elastomerai, polietilenas). Panašus efektas stebimas ir kai kuriose keramikose, geliuose ir stikle“ [9].

1.3.2 Fazę keičiančios medžiagos (PCM)

Pluoštai ir tekstilės medžiagos, kurios turi automatinio aklimatizavimosi savybes, pastaruoju metu, pritraukia vis daugiau dėmesio. Šis poveikis gali būti pasiektas naudojant fazę keičiančias medžiagas. Šiluminės energijos saugojimas yra laikinas saugojimas aukštos ar žemos temperatūros energijos vėlesniam naudojimui. Tekstilė, kurios sudėtyje yra fazę keičiančios medžiagos, reaguoja iškart į pasikeitusią aplinkos temperatūrą, ar skirtingų kūno sričių temperatūrą. PCM mikrokapsulės gali būti tiesiogiai įvestos į pluoštą, arba audinių paviršius jomis padengiamas kaip danga [10].

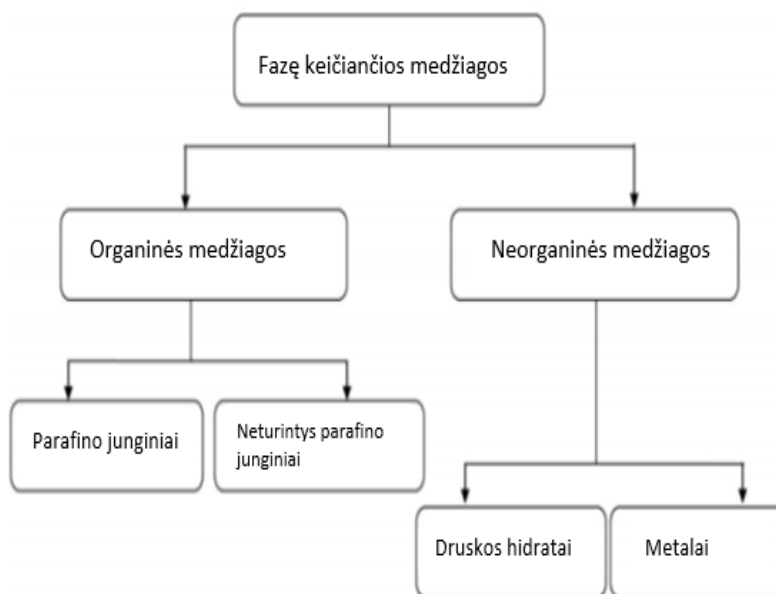
Fazę keičiančios medžiagos (PCM) yra naudojamos siekiant latentinę šilumą saugoti arba išleisti iš jos. Latentinės šilumos saugojimas arba termoreguliacija remiasi medžiagos perėjimu iš kietosios būsenos į skystąją, skysčio į dujų arba atvirkščiai. PCM gali absorbuoti ir atiduoti šilumą iš aplinkos šilumos mainų procesuose [11].



5 pav. Šiluminio efekto, keičiantis medžiagos fizikiniam būviui, schema [9]

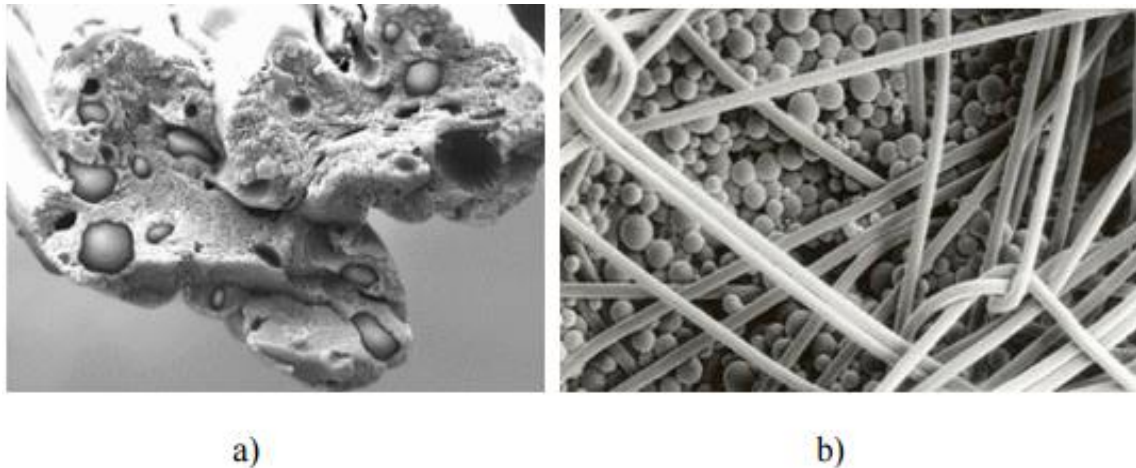
„Medžiagos gali absorbuoti ir atiduoti šilumą net ir esant nežymiams temperatūros pasikeitimams, tačiau minėtas reiškinys atsiranda tik viršijus tam tikrą kiekvienai medžiagai specifinę temperatūrą ar temperatūrų intervalą, pvz. hidratinių neorganinių druskų 29 – 43°C, polihidridinių alkoholių daugiau negu 40°C, polietileno glikolio (kai jo molekulinė masė 800 – 1500) – apie 33°C. Kai fazę keičiančios medžiagos slaptoji šiluma pilnai absorbuojama arba išskiriama, t. y. kai medžiaga visiškai išsilydo arba sukietėja ir kristalizuojasi kietos–skystos būsenos atveju, termoreguliacijos efektas dingsta. Dėka šilumos arba šalčio, fazę keičiančią medžiagą vėl galima suaktyvinti, tačiau jei nuolatos palaikoma didėjanti temperatūra, medžiaga gali patirti priverstinį irimą, izomerizaciją arba oksidaciją. Šiuo metu žinomos fazę keičiančios medžiagos yra kai kurios hidratines neorganines druskos, angliavandeniliai, anhidridai, polihidridiniai alkoholiai, polimerai, parafinas, riebiosios rūgštys ir kt. Plačiausiai tekstilės pramonėje naudojamų fazę keičiančių medžiagų sudėtyje dažniausiai yra linijinės grandinės angliavandeniliai. Jie netoksiški, nebrangūs, lydymosi ir kristalizacijos temperatūra vyrauja maždaug 17 – 40 °C ribose“ [9].

PCM galima suskirstyti į du tipus, pavyzdžiui, organines ir neorganines PCM, skirtingos šiluminės galios ir temperatūros saugojimo. Geriausias PCM pavyzdys yra parafinas [11].



6 pav. PCM medžiagų klasifikacija [11]

Parafinas dažniausiai naudojami kietame arba skystame pavidale; siekiant apsaugoti jį nuo susiskaidymo skystame būvyje, iš jo formuojamos 1–10µm dydžio mikrokapsulės, kurios atsparios slėgiui, karščiui, trinčiai ir cheminiam poveikiui. Protingoji medžiaga gaunama tokiomis mikrokapsulėmis padengiant audinį arba poroloną, mikrokapsules sumaišant su poliuretano porolonu ir gautu mišiniu laminuojant audinį, taip pat sujungiant mikrokapsules su akriliniu pluoštu šlapio verpimo būdu [9].



7 pav. Mikrokapsulių panaudojimas būvį keičiančiose medžiagose: a – įvedimas į pluoštą (nuotrauka padidinta 5000 kartų), b – medžiagos padengimas (x2000) [9]

1.3.3 Kosmetotekstilė

Kasdieninės ir sportinės aprangos naujų savybių suteikimui naudojami įvairūs kosmetikos, augalinės kilmės, amino rūgščių, bei kiti priedai, kurie vadinami bendrinio pavadinimu – kosmetotekstilė.

Singh, Varun ir Behera [12] išsikėlė tikslą surinkti išsklaidytas žinias apie kosmetotekstilę ir pateikti jas mokslo bendruomenės tikrinimui. Kosmetotekstilės kūrimo technologijos yra dar tik pradiniam etape. Bendromis pastangomis tekstilės technologai, biochemikai, kosmetikos ir medicinos ekspertai gali pasiekti sudėtingus tikslus kosmetotekstilės srityje. Įvairūs dariniai (metalai, augalinės ir gyvulinės kilmės medžiagos ir t.t.) formuoja tekstilės funkcionalumą. Įvairiais būdais dariniai gali būti įterpiami į tekstilės medžiagas, iš kurių populiariausi yra mikrokapsuliacijos ir ciklodekstrino naudojimas.

Kalbant apie kosmetotekstilės įtaką žmogaus kūnui, kosmetotekstilė gali būti klasifikuojama taip [12]:

- Kosmetotekstilė skirta lieknėjimui.
- Drėkinanti kosmetotekstilė.
- Energizuojanti kosmetotekstilė.
- Kvėpinanti kosmetotekstilė.
- Kosmetotekstilė gaivinanti ir atpalaiduojanti.
- Atgaivinanti kosmetotekstilė.
- Kosmetotekstilė apsauganti nuo UV spindulių.
- Kosmetotekstilė siekianti pagerinti odos tvirtumą ir elastingumą.

Straipsnio autoriai atrinko dalį žinomų gamintojų produkcijos ir priskyre jiems savybės, kurias lemia pagrindinis kosmetikos ingredientas.

1 lentelė. Atrinkti kosmetotekstilės gamintojų produktai, pagrindiniai kosmetikos ingredientai ir produkto savybės [12]

S. No & Ref	Gamintojas ir prekės pavadinimas	Pagrindinis kosmetikos ingredientas	Produkto savybės
1 [49]	Ajinomoto su Mizuno Corp JAV su prekės ženklu "Amino Veil"	„Arginino“ aminorūgštys	Teniso ir golfo drabužiai. Amino rūgštis ištirpsta dėvėtojo prakaitu ir didina medžiagos gebėjimą sugerti drėgmę, išlaikyti subalansuotą odos PH lygį ir regeneruoja odą.
2 [50]	YONEX: sportinio audinio gamintojas	Ksilitolis	Teniso ir badmintono drabužiai: šie audiniai daugiausia susideda iš ksilitolio, kuris sugeria šilumą, jis kontaktuoja su skysčiu ir leidžia jaustis puikiai net ir pradėjus prakaituoti.
3 [51]	"Fuji" verpimas, Japonija firma V-up	Pro-vitaminas C tirpsta riebaluose	Kosmeto-drabužiai: provitaminas C paverčiamas vitaminu C kontakto su riebalais metu ir naudojamas palaidinėms, vyrų ir moterų marškiniams.
4 [35]	Invista (anksčiau "DuPont Tekstilė ir Interjerai) su International Flavors & Fragrances (IFF)	Alijošius ir chitozanas su kitomis PCM medžiagomis.	Pėdkelnės ir apatiniai drabužiai vyrams, moterims ir jogos drabužiai: transportuoja kosmetines medžiagas, gaivina, drėkina ir masažuoja kojas. Drabužiai mažiau nusidėvi, Lykra suteikia tamprumo ir formos atkūrimo funkcijas.
5 [52]	Richa (BE) kolekcija, 2007	Fazę keičiančios medžiagos (PCM)	Prigludusios moteriškos motociklininkių kelnės: turinčios ploną SCHOELLER pamušalą su fazę keičiančiomis medžiagomis, kuris gali būti išsegamas šiltesniu oru ir vėl įsegtas šaltesniu oru.
6 [53]	Cognis Oleochemicals Corp. Su prekės ženklu „Skintex“.	Distiliuoti aliejai iš augalų ir vaisių lapų.	Šis audinys švelniai rūpinasi pėdomis ir kojomis su ypatingo poveikio žvalumo aromatu. Ši funkcija veikia iki kelių skalbimų.
7 [54]	Dogi International Fabrics	Alijošius.	Smart audiniai su alijošiaus nanodelelėmis, kurios teikia drėkinamąjį, raminamąjį antioksidantinį ir anti-senėjimo poveikį.
8 [55]	LYOSILK® Hefel Textil GmbH, Austria	Tencelis ir šiko audiniai.	Lyosilk® susideda iš tencel mikropluošto ir gryno šilko. 300–1000 metrų ilgio atskiri siūlai susukami kartu ir suformuoja minkštą siūlą. šilko siūlai naudoti ataudams. tencel® pluoštas turintis savo sudėtyje šilko yra minkštesnis, lygesnis, pagerėja kvėpavimo savybės.

1 lentelės tęsinys

9 [55]	SEACELL®ACTIVE Hefel Textil GmbH, Austria	Lajocelio pluoštas, jūros dumbliai ir sidabro jonai.	HEFEL pradėjo naudoti T SeaCell® Active pluoštą patalynei. Pluoštas, pagamintas iš 100% celiuliozės ir dumblių ir yra praturtintas grynu sidabru, kuris turi stiprių anti- bakterinių ir antigrybelinių savybių. Pasak Friedrich Schiller iš Jenos universiteto, pacientai su lėtinėmis odos ligomis gali naudoti naują SeaCell® Active tekstilę. Funkcionalumas nesumažėja net ir po 20 skalbimų 60 ° C temperatūroje.
-----------	---	--	---

Vienas iš kosmetotekstilėje naudojamų priedų yra ksilitolis – cukraus alkoholis. Jis naudojamas norint medžiagai suteikti vėsinimo efektą, kas labai aktualu aktyvaus laisvalaikio ir sportinei tekstilei.

Skirtingai nuo kitų monosacharidų arba disacharidų, cukraus alkoholis yra stabilus šilumoje, ne jautrus ardančiam mikroorganizmų poveikiui ir skystoje būsenoje gali absorbuoti šilumą, suteikdamas vėsimo jausmą. Cukraus alkoholis gerai tirpsta šilumoje ir tokiu būdu padeda stiprinti vėsimo jausmą, kai ištirpsta seilėse ar prakaitu [13].

Cukraus alkoholio aušinimo efektyvumas yra naudojamas Korėjiečių patente Nr. 10–0516955 (paduota rugsėjo 15, 2005). Audiniai arba megztos medžiagos turinčios šaldymo poveikį, savo sudėtyje turinčios nuo 1 iki 10 masės % ksilitolio arba eritritolio, kaip vėsinimo komponento.

Dar kitas šio išradimo tikslas yra pateikti audinių ir mezginių gaminimo būdą, turinčių puikių dezodoruojantį ir vėsinimo poveikį, kurių sudėtyje yra gaiviklio komponentų ir dezodoruojantys milteliai, siekiant suteikti gaiviklio funkciją ir išvengti pernelyg didelio prakaitavimo [13].

1.4 Aktyviam laisvalaikiui skirtų medžiagų komfortą įtakančių savybių apžvalga

Aprangos komfortas yra svarbus aspektas, kai drabužiai skirti sportui ir aktyviam laisvalaikiui [14]. Svarbiausias funkcinių drabužių bruožas yra sukurti stabilų mikroklimatą šalia odos, siekiant išlaikyti termoreguliaciją, net jei fizinis aktyvumas ir aplinkos sąlygos visiškai pakeis kūno temperatūrą [15].

Drabužio šilumos komfortas priklauso nuo kelių veiksnių: šilumos ir garų transportavimo, gebėjimo sugerti prakaitą ir jį išdžiovinti [16].

Platus spektras austų, megztų ir neaustinių medžiagų yra naudojamas sporto ir aktyvaus laisvalaikio drabužiams. Šios medžiagos skiriasi savo struktūra, pavyzdžiui, įterptais oro tarpais, porų forma ir dydžiu, paviršiaus savybėmis ir t. t., kurios gali turėti įtakos šilumos ir drėgmės perdavimo charakteristikoms [1].

Komfortas yra apibrėžiamas, kaip malonios psichinės ir fizinės būklės harmonija tarp žmogaus ir aplinkos [17]. Psichologinis komfortas leidžia jaustis psichologiškai užtikrintam dėvint drabužį. Sensorinį komfortą lemia mechaniniai pojūčiai sukeliama drabužio, kai jis liečiasi su oda. Termo–fiziologinis komfortas priklauso organizmo ir odos temperatūros palaikymo norimu lygiu ir mikroklimato išlaikymo tarp naudotojo odos ir drabužio, bei sausumo išlaikymo, kiek tai įmanoma. Sugėrimas, kapiliarumas ir drėgmės valdymas yra esminės savybės turinčios įtakos termopsichologiniam drabužio komfortui [18].

Kiti veiksniai, darantys įtaką termo–fiziologiniam komfortui yra oro pralaidumas, vandens garų pralaidumas ir šiluminė varža. Tačiau prakaituojant vasarą ar sportinės veiklos metu, skystos drėgmės valdymas yra vienas iš pačių svarbiausių veiksnių, darančių įtaką drabužių termo–fiziologiniam komfortui [17].

Sportui skirtiems drabužiams pirmenybė skiriama megztinėms medžiagoms, kadangi šios medžiagos pasižymi didesniu elastingumu ir tamprumu, palyginus su audiniais. Jos suteikia nevaržomą judėjimo laisvę ir transportuoja kūno garus į viršutinį medžiagos sluoksnį. Naudojant naujas medžiagų konstrukcijas ir naujus pluoštus, megztinės medžiagos idealiai tinka aktyviam laisvalaikiui ir sportinei veiklai. Megzti drabužiai daugiausia yra vilkimi prie odos, todėl nusipelno ypatingo dėmesio [1].

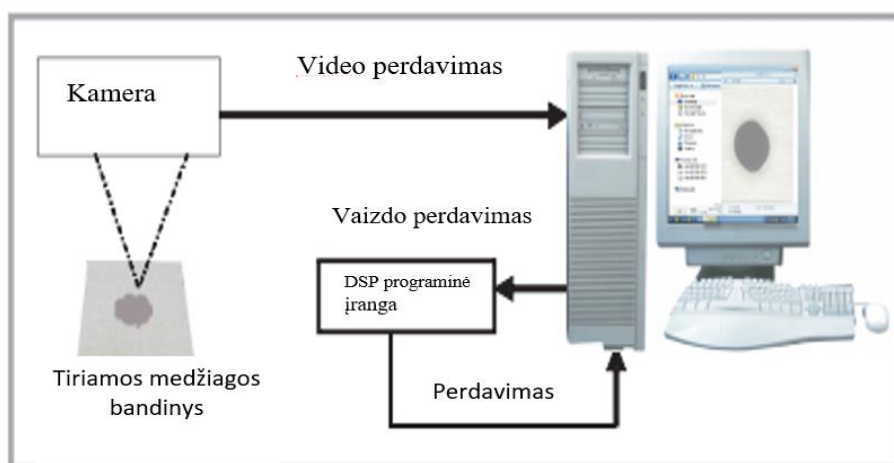
Oglakcioğlu ir Marmarali [19] teigė, kad per pastaruosius kelerius metus, buvo didėjantis susidomėjimas megztinėmis medžiagomis, nes jų gamybos technologija paprasta, nebrangi, platus produkcijos asortimentas ir aukšto lygio drabužių komfortas. Mezgimo technologija atitinka sparčiai besikeičiančias modos ir dėvėjimo tendencijas. Megztos medžiagos pasižymi ne tik tamprumu ir suteikia judėjimo laisvę, bet taip pat pasižymi maloniu grifu ir vandens garų pralaidumu. Štai kodėl megztos medžiagos dažniausiai pageidaujamos sportinei aprangai, laisvalaikio drabužiams ir apatiniais.

1.4.1 Aktyviam laisvalaikiui skirtų medžiagų gebėjimas sugerti drėgmę

Kiekvienas žmogus prakaituoja įvairaus aktyvumo metu [14]. Das ir kiti [15] nurodė, kad drėgmės sugėrimas yra efektyviausias procesas, kuris lemia komforto pojūtį. Kai drabužių drėgmės sugėrimas yra didelis, nuo odos paviršiaus skystis išplinta visame audinyje ir atsiranda

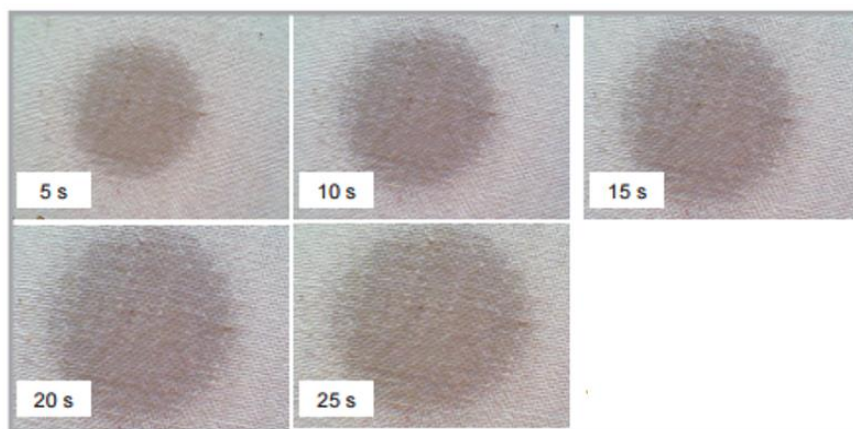
sausumo jausmas, skysčio plitimas audinyje leidžia lengvai išgaruoti drėgmei. Sudrėkimas yra audinio gebėjimas priimti drėgmę [14].

Raja ir kiti [20] tyrė vandens plitimą audiniuose naudodami vaizdo analizę, panaudojant skaitmeninį signalų procesorių ADSP–BF532. Didelės skiriamosios gebos 24 bitų *Treue Color* skaitmeninis fotoaparatas (13.1 megapikselių) buvo naudotas fiksuoti dinamišką skysčio judėjimą medžiagos paviršiuje. Fotoaparatas buvo pritvirtintas prie stovo su *C – mount* ir *LED* šviesa ir prijungtas prie kompiuterio, kaip parodyta 8 pav. foto aparatas yra suderintas su programine įranga, kuri buvo naudojama įrašyti video medžiagą ir apdoroti vaizdus [20].



8 pav. Eksperimentinio modelio sistema [20]

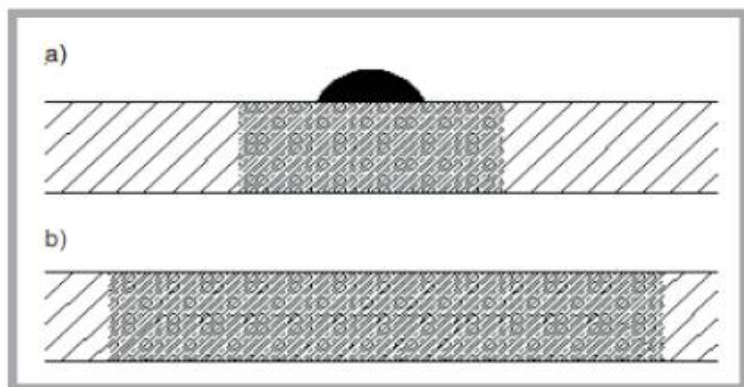
Buvo nustatyta, kad ši technologija turi šiuos privalumus: didesnę tikslumą, greitį, klaidų sumažinimą ir rezultatų saugojimą, norint juos palyginti ateityje [20].



9 pav. Drėgmės plitimas esant skirtingiems laiko intervalams

Raja ir kiti [20] tyrimais nustatė, kad drėgmės plitimo plotas yra priklausomas nuo siūlų ilginio tankio. Siūlų, kurių ilginis tankis mažesnis, drėgmės plitimo plotas yra didesnis, palyginti su siūlais, kurių ilginis tankis yra didesnis. Kai drėgmės plitimo plotas didesnis, tai ir medžiagos drėgmės garavimo plotas yra didesnis .

Šis tyrimas paremtas Gillespie sukurtu metodu matuoti lašų spindulį ant filtro popieriaus tam tikrais laiko intervalais (žr. 9 ir 10 pav.) [20].



10 pav. Schema iliustruojanti du skysčio įsiskverbimo etapus:

- a) pirmas etapas, kai lašas vis dar ant medžiagos;
- b) antras etapas, kai visas lašas įsigėręs į medžiagą [20]

1.4.2 Aktyviam laisvalaikiui skirtų medžiagų gebėjimas valdyti drėgmę

Dar viena svarbi ir komfortą įtakojanti savybė, tai medžiagos gebėjimas valdyti sugertą drėgmę, kurią žmogaus organizmas išskiria garų ir prakaito lašelių pavidalu.

Drėgmės valdymas gali būti apibrėžiamas kaip valdymas vandens garų ir skysčio judėjimo iš odos paviršiaus į atmosferą per drabužį, pagal naudotojo poreikius. Skysčio valdymas yra svarbiausias prioritetas medžiagų skirtų vasaros sezonui ir sportui, prakaito valdymo ir garavimo, bei vėsinimo savybės yra labai svarbios siekiant išlaikyti termo – fiziologinį komfortą [17].

Drėgmės valdymas atlieka šias funkcijas [16]:

- Kūno temperatūros reguliavimo – kai žmogaus kūno temperatūra viršija 37°C , kūnas prakaituoja. Transportuojant prakaitą nuo odos į audinio paviršių, bei išgarinant jį į atmosferą, mažinama kūno temperatūra.
- Medžiagos svorio padidėjimo valdymas – audinys, absorbuodamas kūno generuojamą drėgmę, padidina savo svorį, tai sukelia nepatogumą ir neigiamai veikia judėjimą. Drėgmės valdymas padeda to išvengti.

Raja ir kiti [14] nagrinėjo tris bandymų metodus skirtus matuoti vandens plitimo elgesį tekstilėje. Naudotas rankinis būdas, komercinis vaizdo analizės metodas naudojant Photoshop ir integruotas vaizdo analizės metodas, naudojant skaitmeninį procesorių per MALTAB programinę įrangą (EIAS). Buvo analizuojama koreliacija tarp metodų. Labai gera koreliacija

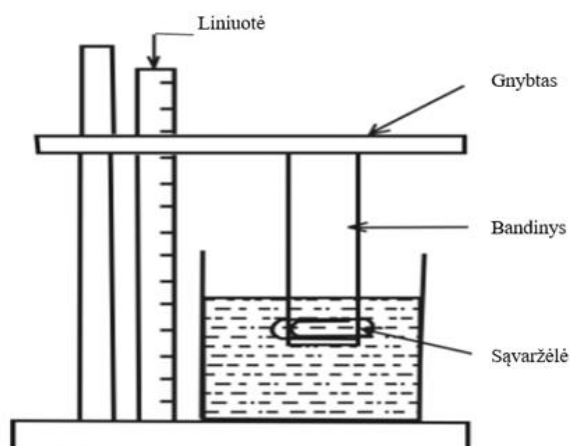
(daugiau nei 0,9) buvo nustatyta (žr. 2 lent.), tarp rankinio vandens plitimo bandymo ir komercinės vaizdo analizės metodo naudojant Photoshop, taip pat Photoshop metodą palyginus su EIAS metodu.

2 lentelė. Trijų bandymų metodų koreliacijos koeficiento vertė [14]

Metodai	Koreliacijos koeficiento R2 vertė				
	Sugėrimo norma				
	5 s	10 s	30 s	60 s	120 s
Rankinis su Photoshop metodu	0.978	0.974	0.995	0.996	0.993
Rankinis su EIAS metodu	0.879	0.849	0.884	0.880	0.864
Photoshop su EIAS metodu	0.910	0.915	0.910	0.901	0.887

Skysčio transportavimas ir džiovinimas yra du svarbūs veiksniai, darantys įtaką sportui skirtų drabužių fiziologiniam komfortui [22]. R. Fangueiro [22] ir kiti nagrinėjo funkcinis mezginius iš propileno ar poliesterio, jų gebėjimą sugerti skystį ir jį išdžiovinti. Funkciniai audiniai buvo vertinami vertikaliu ir horizontaliu sudrėkimo tyrimais. Džiūvimo galimybės buvo vertinamos dvejomis skirtingomis sąlygomis, esant 20 ± 2 ° C ir $65 \pm 3\%$ santykinei drėgmei ir šildant iki 33 ± 2 ° C, tam, kad imituoti žmogaus kūno temperatūrą [22].

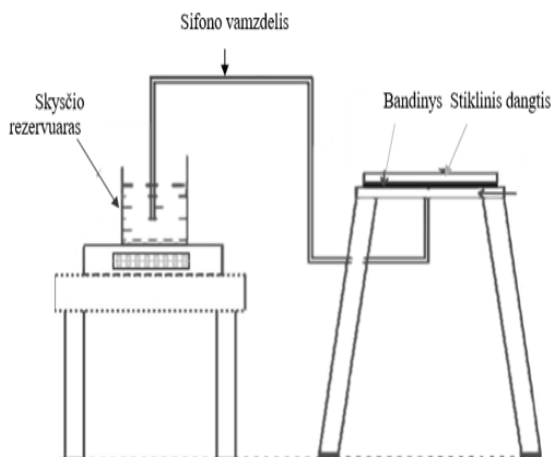
Vertikalus sudrėkimo tyrimas buvo atliekamas prietaisu pavaizduotu 11 paveiksle. Bandinys pakabintas vertikaliai, jo galas panardintas į distiliuoto vandens rezervuarą. To užtikrinimui, mm bandinio apačia panardinama į 30mm gylį ir prispaudžiama 1,2 g. įtempimu. Vandens sugėrimas matuojamas kas 10 min. [22].



11 pav. Vertikalus sudrėkimo tyrimas [22]

Horizontalus sudrėkimo testas.

12 paveiksle pavaizduotas prietaisas, naudojamas horizontaliam sudrėkimo tyrimui. Bandinys yra dedamas horizontaliai, lašas vandens yra užlašinamas ant audinio ir absorbcija vyksta drėkinant audinį per poras. Vanduo nepertraukiamai tiekiamas iš rezervuaro. Rezervuaras yra laikomas ant elektroninių svarstyklių, kurios įrašo medžiagos sugerto vandens masę [22].



12 pav. Horizontalus sudrėkimo testas [22]

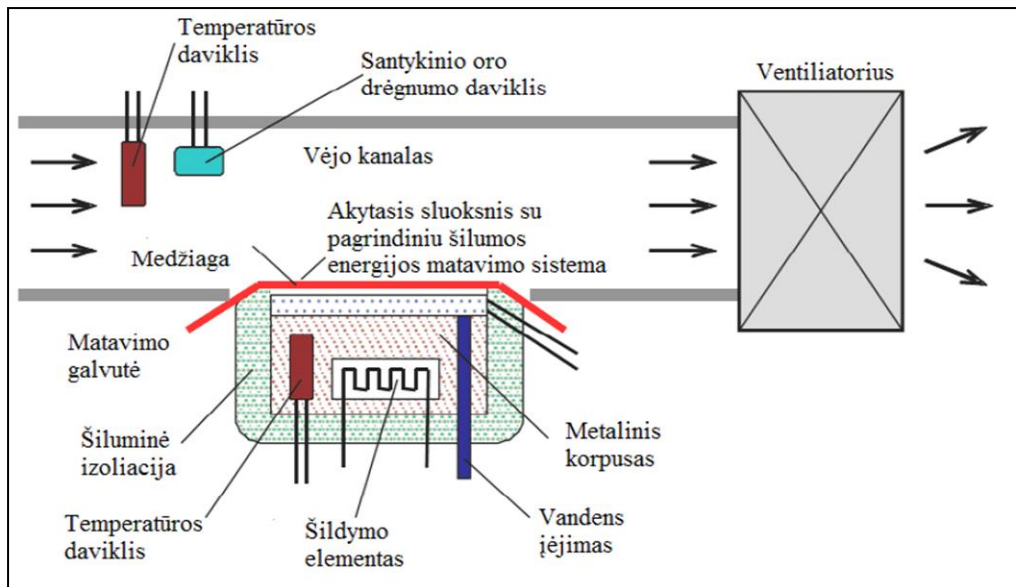
Saricam ir Kalaoglu [23] tyrė poliesrerinių audinių kapiliarumą ir džiūvimą. Verpalų tipas, ataudų tankumas, pynimo struktūra, audinio storis, siūlų tipas ir laidumas orui buvo vertinami pagal audinio vertikalaus kapiliarumo ir džiūvimo bandymus. Jie nustatė, kad medžiagos, sudarytos iš gijinių siūlų džiūsta greičiau nei medžiagos, sudarytos iš tekstūruotų siūlų.

Sampath ir kiti [24] teigia, kad tekstilė pagaminta iš mikropluošto pasižymi geresniu drėgmės transportavimu ir užtikrina geresnę drėgmės kontrolę. Drabužiai iš mikropluošto turi didesnę pluošto paviršiaus absorbcijos potencialą, atsirandanti dėl pluošto smulkumo, taip pat geriau transportuoja drėgmę dėl geresnio kapiliariškumo. Mikro – poliesterio gijiniai siūlai yra lengvi, tarp jų esantys oro tarpai leidžia odai kvėpuoti ir lengvai praleidžia drėgmę nuo kūno į medžiagos paviršių. Gebėjimas valdyti drėgmę, nusako medžiagos komforto lygį. Drėgmės valdymas pagrįstas kontroliavimu vandens garų ir prakaito judėjimo nuo odos paviršiaus, per audinį į atmosferą. Tai gali būti pasiekta audinio konstrukcijos parametrais ar chemine apdaila [24].

1.4.3 Vandens garų pralaidumo nustatymas

Boguslawska – Bączek ir Hes [25] teigia, kad vandens garų pralaidumas yra vienas iš svarbiausių veiksnių, nulemiančių dėvėjimo komfortą. Standartinės matavimo priemonės dažniausiai neleidžia patikimai išmatuoti drėgnų audinių vandens garų pralaidumo.

Boguslawska – Bączek ir Hes [25] tyrimams panaudojo *Permetest* prietaisą (žr. 13 pav.), kuris, jų teigimu, užtikrina tikslų sausos ir šlapios medžiagos vandens garų pralaidumo matavimą.



13 pav. *Permetest* prietaisas [25]

Santykinis vandens garų pralaidumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$RWPV = q_s / q_o \times 100;$$

čia q_s – šilumos srauto tankis, išgaravęs nuo odos, Wm^{-2} ;

q_o – šilumos srauto tankis, einantis per atidengtą matavimo galvutę, Wm^{-2} ; [25]

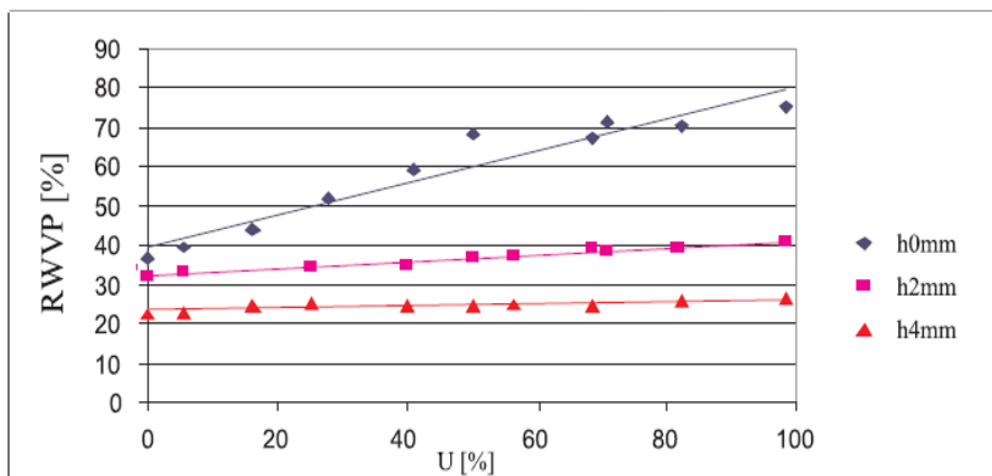
Hes ir De Araujo [26] naudojo prietaisą imituojantį žmogaus odą (14 pav.), tam, kad būtų imituotas vėsinimo efektas, jaučiamas dėvint drėgnus medvilnės drabužius, kai audinys yra dėvimas tiesiogiai prie odos, arba su oro tarpu tarp odos ir audinio. Kai audinys šlapias, tada bendrą santykinį šilumos aušinimo srautą sudaro ne tik šilumos srautas perduodamas per audinį, bet tai pat šilumos kiekis panaudotas drėgmės išgarinimui iš audinio paviršiaus. Buvo nustatyta, kad drėgnų audinių vėsinimo poveikis jaučiamas ne vienodai visam kūno paviršiuje. Didžiausias vėsinimo efektas jaučiamas tik toje vietoje, kur šlapias audinys tiesiogiai kontaktuoja su oda. Kitose kūno vietose, kur nėra tiesioginio kontakto su šlapiu audiniu, vėsinimo efektas turėtų būti daug mažesnis [26].



14 pav. *Permetest* – kompaktiškas „odos modelio“ tipo greitas testeris [26]

Tyrimas buvo atliekamas: nenaudojant oro tarpo, naudojant 2 mm oro tarpą ir naudojant 4 mm oro tarpą. Buvo nustatyta, kad RWVP (%) (Santykinis vandens garų pralaidumas arba

santykinis vėsinimo poveikis), didėja tiesiškai priklausomai nuo drėgmės kiekio padidinimo. Kai naudojamas oro tarpas, RWVP (%) vertė yra mažesnė ir jo didėjimas, didinant drėgmės kiekį yra lėtesnis.



15 pav. Santykinis vėsinimo poveikis RWVP (%) priklausomai nuo drėgmės kiekio U (%) ir oro tarpo aukščio h. [26]

Hes ir De Araujo [26] nustatė, kad vėsinimo efektas su oro sluoksniu (žr. 15 pav.), buvo kelis kartus mažesnis, vėsinimo efektas, kai drėgnas audinys tiesiogiai kontaktuoja su oda. Šie duomenys gali būti naudojami kuriant geriau apsaugančią nuo šalčio aprangą ekstremaliomis klimato sąlygomis.

1.4.4 Aktyviam laisvalaikiui skirtų medžiagų laidumo orui nustatymas

Medžiagos laidumas orui daro įtaką jos patogumui keliais būdais. Pirmuoju atveju, medžiaga, kuri yra laidu orui, apskritai, gali būti pralaidi vandens garams arba skysčiui. Tokiu būdu, drėgmės garų pralaidumas ir drėgmės transportavimas yra susiję su laidumu orui. Antruoju atveju, medžiagos šiluminė varža labai priklauso nuo medžiagos pralaidumo ramiu oru ir šiam veiksniai savo ruožtu įtakos turi medžiagos struktūra [27].

Laidumas orui daro įtaką šiluminėms audinio savybėms. Šilumos laidumas vyksta dėl pluoštų ir medžiagos oro tarpų laidumo, tai yra per audinio akutes [28]. Zhu ir kiti [28] teigia, kad šilumos atsparumui mažėjant, laidumas orui didėja. Battacharya ir kiti [27] nustatė, kad laidumas orui priklauso nuo medžiagos storio, tankumo ir akytumo. Laidumas orui yra svarbi audinių savybė ir turi lemiamą įtaką audinio panaudojimui tam tikrose techninių audinių ar darbužių kategorijose. Visi audinio struktūros parametrai yra susiję su oro pralaidumu. Audinio struktūrą galima apibūdinti siūlų ilginiu tankiu, siūlų tipu, metmenų bei ataudų tankumu, audinio pynimu [29].

1.4.5 Aktyviam laisvalaikiui skirtų medžiagų šiluminio atsparumo nustatymas

Kai žmogaus ranka liečia drabužį, kurio temperatūra skiriasi nuo odos temperatūros, šilumos mainai įvyksta tarp rankos ir audinio, ir šiltas – vėsus jausmas yra pats pirmas pojūtis. Šis praeinantis energijos perdavimas priklauso nuo kontaktinės sąsajos tarp odos ir audinio, kontaktinė sąsaja priklauso nuo daugelio morfologinių ir struktūrinių parametrų kaip pluošto ar verpalų sudėtis ir audinio struktūra [30]. Pac ir kiti [30] naudojo eksperimentinį įrenginį šilumos sugėrimo matavimui pareinamojoje pro tekstilės medžiagą stadijoje. Tyrimo tikslas buvo parodyti, kokią įtaką turi pluošto morfologija, siūlo ar audinio struktūra trumpalaikėms šilumos savybėms.

Šiluminė varža priklauso nuo medžiagos storio ir šiluminio laidumo santykio. Tačiau šiluminė varža priklauso ne tik nuo medžiagos storio, bet ir nuo siūlų ilginio tankio [31]. Gupta ir Kothari [31] nustatė, kad megztos medžiagos iš poliesterio/medvinės su didesnėmis kilpomis turi didesnį laidumą orui, santykinį vandens garų pralaidumą ir mažesnį savitą šilumos laidumą bei šiluminę absorbciją.

Wei ir kiti [32] audinių ir megztinių medžiagų šiluminę varžą nustatinėjo šilumos prietaisu *KES-F7*, kuris buvo pagamintas *KES KAT Technology Company*, Japonijoje. Bandinių išmatavimai buvo $0,01 \times 0,01 \text{ m}^2$, šilumos plokštės temperatūra 30° C , aplinkos temperatūra 20° C , laiko integralas buvo 60 sekundžių.

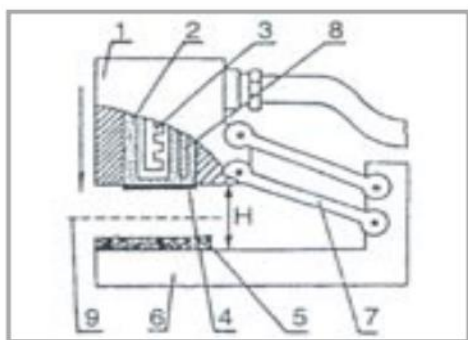
Bandymų rezultatai parodė, kad medžiagos storis turi didžiausią poveikį šiluminei varžai. Taip pat nustatė, kad audinių ir megztinių medžiagų šiluminį atsparumą galima prognozuoti. Tiriant įvairias medžiagas, buvo nustatyta teorinė lygtis pagal medžiagos storį, tankį, struktūrą, pluošto storį ir t.t. [32].

1.4.6 Aktyviam laisvalaikiui skirtų medžiagų šiluminio laidumo nustatymas

Žmogaus kūno apsauga nuo neigiamų aplinkos veiksnių, ypač šalčio, yra viena iš svarbiausių funkcinių drabužių savybių. Apranga sukuria šilumos barjerą tarp žmogaus kūno ir aplinkos. Drabužių apsauginis efektyvumas daugiausia priklauso nuo naudojamų tekstilinių medžiagų termoizoliacinių savybių. Drabužių dizainas, prigludimas prie kūno ir sluoksnių skaičius taip pat vaidina svarbų vaidmenį šilumos mainų tarp žmogaus organizmo ir aplinkos faktoriui. Tekstilės medžiagų izoliacinės savybės gali būti matuojamos naudojant skirtingus bandymo prietaisus, tokius kaip „odos modelio“, *Ambela*, *Permetest* ir *Thermo Labo* [33].

Matusiak ir Sybilska [33] termoizoliacinių savybių liemenės tyrimą atliko pasitelkiant šiluminį manekoną. Tirtos liemenės buvo pagaminti iš skirtingų tekstilės medžiagų: austų ir

megztų. Termoizoliacines savybes, taikomiems liemenės audiniams buvo matuojamas taikant *Alambela* prietaisą (žr. 16 pav.).



16 pav. *Ambela* prietaiso funkcinė schema . 1 – matavimo galvutė, 2 – vario blokas, 3 – elektrinis šildytuvas, 4 – šilumos srauto jutiklis, 5 – matuojamas bandinys, 6 – bandinio vieta, 7 – kėlimo mechanizmas, 8 – varžos termometras, 9 – sudrėkinta tekstilinė tarpinė prakaito išskyrimo imitacijai [34]

Kompanija *C – Therm Technologies* siūlo prietaisą *TCI THERMAL CONDUCTIVITY ANALYZER* (šilumos laidumo analizatorių), skirtą šilumos laidumui nustatyti (žr.17 pav.).



17 pav. *C – Therm TCI* šilumos laidumo analizatorius [35]

C – Therm analizatoriaus jutiklis veikia kaip ranka. Svarbu suprasti, kad fizinis šilumos pjūtis skiriasi nuo absoliučios medžiagos temperatūros, tai ką mes jaučiame, tarytum šilumos laidumo perdavimo greitis. Tai reiškia, kad metalai (per kuriuos labai greitai pereina šiluma iš mūsų odos) yra vėsūs kai palieti, o mediena atrodo šilta, nors jų temperatūra vienoda [35].

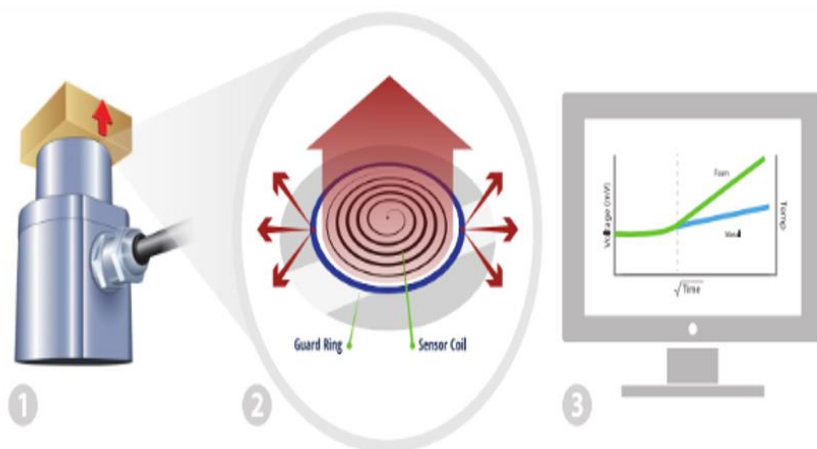
Veikimo principas (žr. 18 pav.):

1) Žinomo dydžio srovė yra tiekama jutiklyje esančiam spiraliniam šildymo elementui, tuo pačiu yra pakeliama temperatūra.

2) Apsauginis žiedas dengia jutiklyje esantį spiralinį šildymo elementą, tam, kad perduotą šilumą tiesiogiai bandiniui. Suteikiama srovė pakelia temperatūrą tarp jutiklio ir bandinio, kas įtakoja jutiklio elemento įtampos sumažėjimą.

3) Jutiklio įtampos padidėjimo greitis naudojamas siekiant nustatyti bandinio šiluminės savybes.

Šiluminis laidumas yra atvirkščiai proporcingas temperatūros didėjimo greičiui [35].



18 pav. C – Therm TCI šilumos laidumo analizatorius jutiklis [35]

1.5 Manekenu ir žmonių panaudojimas tekstilės medžiagų tyrimams

Daugiasluoksnių medžiagų tyrimui dažnai nepakanka įprastų tyrimų atliekamų bandymų laboratorijose. Kadangi skirtinguose sluoksniuose esančios medžiagos pasižymi skirtingomis savybėmis, tai reiktų taikyti ir skirtingus savybių vertinimo metodus. O norint įvertinti daugiasluoksnės aprangos savybes, visumoje reiktų naudoti manekenus arba atlikti eksperimentus su žmonėmis.

Tekstilės tyrimas laboratorijose yra gana nebrangus, palyginti su manekeno tyrimais ar tyrimais atliekamais su žmonėmis ir suteikia pagrindinę informaciją apie tekstilę. Bet iš gautų rezultatų yra sunku spręsti apie žmogaus savijautą ar patogumą. Degumo bandymai su manekenu yra realesni, nei vien tekstilinės medžiagos. Vertinant šiluminę apkrovą, šiuolaikiniai manekentai gali imituoti prakaitavimą ir judėjimą. Manekeno tyrimai rodo geresnį atkuriamumą nei tyrimai naudojant žmogų. Žmogaus laboratoriniai tyrimai turi tą privalumą, kad aspektus, pavyzdžiui temperatūrą ir šilumos pojūtį sportinių drabužių, galima vertinti realiomis aplinkybėmis, pavyzdžiui klimato kameroje. Bandymai atliekami lauke yra realiausi, tačiau trūksta kontroliavimo, todėl negalimas tikslus atkuriamumas. Oro, kuris turi didelę įtaką drabužių įvertinimui, kontroliuoti neįmanoma, todėl sunku įvertinti rezultatus ir numatyti kokie jie bus kitomis oro sąlygomis [36].

Galima tikėtis, kad ateityje sportinėje aprangoje bus naudojami jutikliai, kurie leis stebėti sportininko būklę ir geriau ją vėsinti. Dažniausiai sportuojant matuojamas parametras yra širdies susitraukimų dažnis. Kiti svarbūs fiziologiniai parametrai, gali būti odos temperatūra arba odos drėgmė. Kai fizinis krūvis yra per didelis, žmogaus kūnas pagamina didelį šilumos kiekį. Didelė

kūno temperatūra sumažina veiklos intensyvumą. Todėl, drabužiai, kurie gali atvėsinti sportininkams yra naudingi[36].

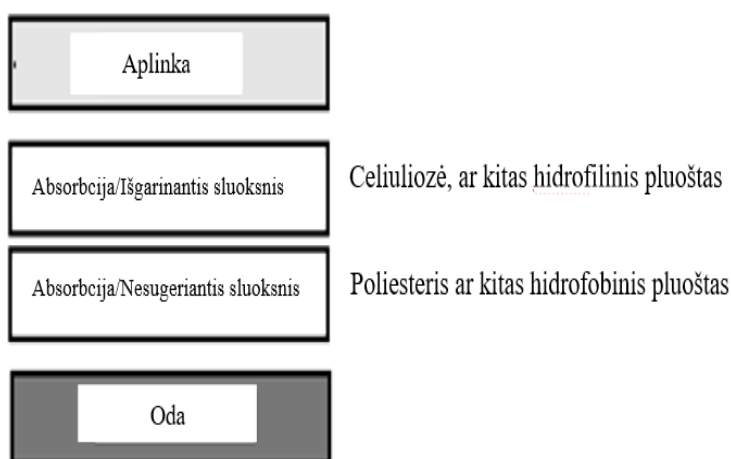
1.6 Daugiasluoksnių medžiagų panaudojimas aktyviam laisvalaikiui skirtai aprangai

Sportinei ir aktyviam laisvalaikiui skirtai aprangai dažnai naudojamos ne vieno, o kelių sluoksnių medžiagos, turinčios skirtingą pluoštinę sudėtį ir skirtingas funkcines savybes.

Tyrimai rodo, kad natūralių pluoštų verpalų (medvilnės, bambuko) mezginiai gerai sugeria drėgmę, todėl mezginiai iš šių pluoštų naudojami išoriniam drabužio sluoksniui. Sintetiniai pluoštai (poliesteriniai, polipropileniniai, poliamidiniai, poliuretaninginiai ir *Coolmax*®) užtikrina drėgmės perdavimą nuo kūno į išorę, kur yra greičiau išgarinama, ir yra naudojami vidiniam drabužio sluoksniui [37].

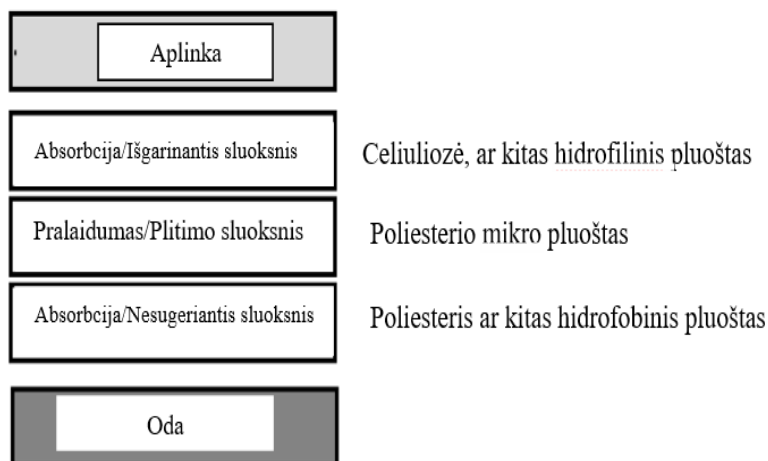
Özdil ir Anand [1] teigė, kad daugiasluoksnės medžiagos tapo įprastinėmis aktyviam laisvalaikiui skirtiems drabužiams. Termopsichologinis daugiasluoksnių medžiagų poveikis yra geresnis nei vieno sluoksnio medžiagų. Kiekvienas sluoksnis turi atskirą funkciją: sluoksnis esantis šalia odos, greitai perduoda drėgmę išoriniam sluoksniui, kuris sugeria ją ir išgarina į atmosferą. Tai darydamas, jis paima dalį kūno šilumos ir išlaiko kūną vėsų.

Vidiniam sluoksniui naudojamos sintetinės medžiagos su geromis drėgmės perdavimo savybėmis, pavyzdžiui poliesteris, nailonas, akrilas arba polipropilenas, o išorinėje pusėje naudojamos tokios medžiagos, kurios gerai absorbuoja drėgmę, pavyzdžiui medvilnė, vilna, ar jų mišiniai. Laidus vidinis sluoksnis perduoda prakaitą išoriniam, greitai absorbuojančiam sluoksniui daugiausia kapiliarumo principu (žr.19 pav.) [1].

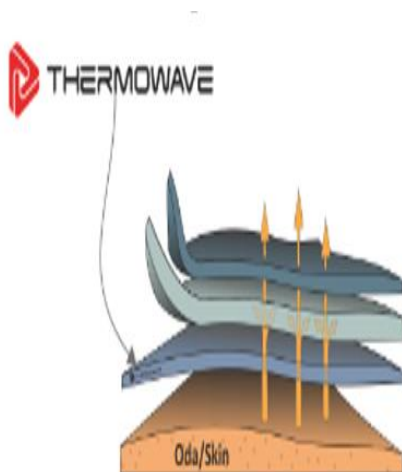


19 pav. Dviejų sluoksnių tipo medžiagos struktūra aktyvaus laisvalaikio drabužiams [1]

Kita struktūra, skirta funkcinėms medžiagoms, yra trijų sluoksnių struktūra (žr. 20 pav.). Smulkaus mikropluošto panaudojimas leidžia pagaminti tankius audinius, pasižyminčius geru kapiliarumu ir geromis termo-fiziologinėmis savybėmis [1].



20 pav. Trijų sluoksnių tipo medžiagos struktūra aktyvaus laisvalaikio drabužiams [1]
Kompanija Termowave taip pat siūlo trijų sluoksnių termo aprangą (žr. 21 pav.).



1 sluoksnis: Drėgmės išgarinimas. Tai bazinis sluoksnis, efektyviai pašalinantis drėgmę nuo odos ir pernešantis į kitus sluoksnius. Pirmasis THERMOWAVE® sluoksnis padeda palaikyti optimalią kūno temperatūrą aktyvios veiklos metu.

2 sluoksnis: Šilumos izoliacija. Šilumos izoliacija, elastingumas, apsauga, drėgmės transportavimas ir komfortas yra pagrindiniai teisingai pasirinkto antro sluoksnio privalumai.

3 sluoksnis: Apsauga nuo stichijų. Trečio sluoksnio drabužiai – tai lyg skydas nuo išorės veiksnių: lietaus, vėjo, sniego. Trečiasis sluoksnis taip pat išleidžia perteklinę šilumą ir išgarina kūno drėgmę [5].

21 pav. THERMOWAVE® [5]

Tačiau dėvint kelių sluoksnių aprangą yra svarbu, kad kūnas nebūtų izoliuotas per daug ar per mažai, kad nešaltų ar neprakaituotų. Sluoksnis, esantis prie odos turėtų geras transportavimo savybes, vidurinis pasižymėtų tinkama šilumos izoliacija, o viršutinis sluoksnis nepraleistų vėjo ir drėgmės iš aplinkos. Įvertinti šias medžiagos savybes galima remiantis „Termoreguliacinių savybių klasifikavimo“ standartu. Standarte tekstilės medžiagos klasifikuojamos pagal savo termoreguliacines savybes į tris lygius : A – labai gerai, B – gerai, C – vidutiniškai.

Medžiagos kontaktuojančios su oda šiltame klimato šiluminė varža turėtų būti:

A – $R_{ct} \leq 0,015$; B – $0,015 < R_{ct} \leq 0,03$; C – $0,03 < R_{ct} \leq 0,04$ ($m^2 K/W$)

Medžiagos ne kontaktuojančios su oda šiltame klimatare šiluminė varža turėtų būti:

A – $R_{ct} \leq 0,02$; B – $0,02 < R_{ct} \leq 0,035$; C – $0,035 \leq R_{ct} \leq 0,045$ (m^2 K/W)

Viršutinio sluoksnio medžiagos šiltame klimatare šiluminė varža turėtų būti:

A – $R_{ct} \leq 0,02$; B – $0,02 < R_{ct} \leq 0,035$; C – $0,035 \leq R_{ct} \leq 0,045$ (m^2 K/W) [38].

1.7 Literatūros apžvalgos apibendrinimas

Aktyvaus laisvalaikio ir sportinei tekstilei keliami vis didesni reikalavimai, geros dėvėjimo savybės (lengvumas, tamprumas, matmenų stabilumas, atsparumas tempimui), taip pat termofiziologinių savybių palaikymas (medžiagos turi būti laidžios orui, užtikrinti šiluminį komfortą, gebėti valdyti drėgmę). Sportui skirtiems drabužiams pirmenybė skiriama megztinėms medžiagoms, kadangi šios medžiagos pasižymi didesniu elastingumu ir tamprumu, palyginus su audiniais [1].

Aktyvaus laisvalaikio ir sportinei aprangai dažniausiai naudojami sintetiniai pluoštai, populiariausias išlieka poliestrinis pluoštas. Poliesterio pluoštas pasižymi matmenų stabilumu, atsparumu nešvarumams, šarmams, yra patogus dėvėjimui, lengvai prižiūrimas ir pigus. Poliesteris yra hidrofobinis ir nesugeria drėgmės [2]. Norint pagerinti poliesterio drėgmės sugėrimo ir transportavimo savybes yra naudojamos įvairios apdailos, įterpiamos mikrokapsulės su aktyviomis medžiagomis, ar naudojamos įvairių profilių gijos.

Norint užtikrinti dėvėjimo komfortą įvairiomis sąlygomis, naudojamos daugiasluoksnės medžiagos. Özdil ir Anand [1] teigė, kad daugiasluoksnės medžiagos tapo įprastinėmis aktyviam laisvalaikiui skirtiems drabužiams. Daugiasluoksnės medžiagos pasižymi geresniu termopsichologiniu poveikiu nei vieno sluoksnio medžiagos. Kiekvienas jų sluoksnis turi savo funkcijas: drėgmės sugėrimo, perdavimo, transportavimo ir išgarinimo. Šių procesų metu yra paaimama dalis kūno šilumos ir kūnas išlieka vėsus.

Kartais šiluminis komfortas skiriasi nuo šilumos pojūčio. Aktyviai sportuojant kyla kūno temperatūra, kūnas prakaituoja, padažnėja širdies ritmas, lėtėja veiklos intensyvumas, atsiranda poreikis vėsinti kūną, todėl sportinės aprangos apdailai gali būti panaudojamos medžiagos pasižyminčios vėsinimo savybėmis. Viena tokių medžiagų yra ksilitolis, priskiriamas kosmetiškai tekstilei.

Siekiant įvertinti medžiagų vėsinimo ar šilumos palaikymo efektyvumą, atliekami įvairūs tyrimai: laidumo orui bei vandens garams nustatymas, šiluminio laidumo ir šiluminės varžos nustatymas, bei kiti tyrimai. Efektyvesni tyrimai yra naudojant manekenus, ar atliekant tyrimus su žmonėmis, tačiau tokie tyrimai yra brangūs, todėl naudojami įvairūs prietaisai, kurie dalinai leidžia imituoti žmogaus kūną.

Kartais šiluminis komfortas skiriasi nuo šilumos pojūčio. Aktyviai sportuojant kyla kūno temperatūra, kūnas prakaituoja, padažnėja širdies ritmas, lėtėja veiklos intensyvumas, atsiranda poreikis vėsinti kūną, todėl sportinės aprangos apdailai gali būti panaudojamos medžiagos pasižyminčios vėsinimo savybėmis. Viena tokių medžiagų yra ksilitolis, priskiriamas kosmeto tekstilei.

Siekiant įvertinti medžiagų vėsinimo ar šilumos palaikymo efektyvumą, atliekami įvairūs tyrimai: laidumo orui bei vandens garams nustatymas, šiluminio laidumo ir šiluminės varžos nustatymas, bei kiti tyrimai. Efektyvesni tyrimai yra naudojant manekenus, ar atliekant tyrimus su žmonėmis, tačiau tokie tyrimai yra brangūs, todėl naudojami įvairūs prietaisai, kurie dalinai leidžia imituoti žmogaus kūną.

2. METODOLOGINĖ DALIS

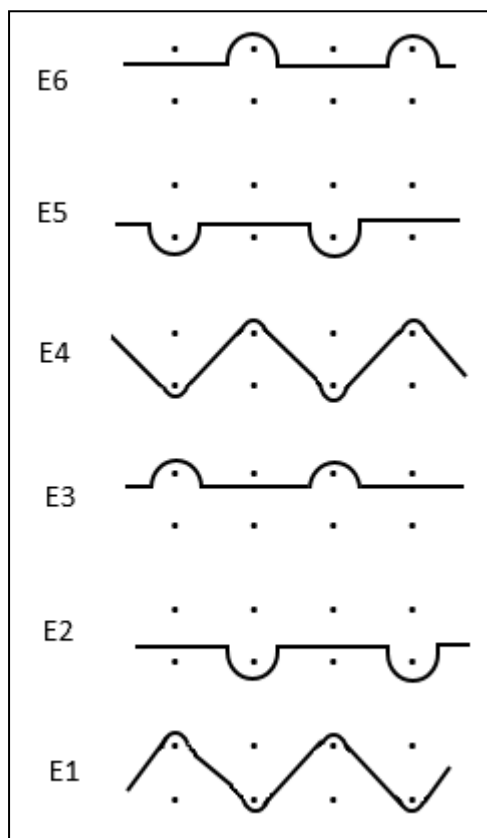
2.1 Tyrimo objektas

Aktyviam laisvalaikiui skirtai aprangai dažniausiai naudojamos mezgtinės medžiagos, nes jos užtikrina judesių laisvumą, puikiai priglunda prie kūno, pasižymi didelėmis tempimo deformacijomis. Poliesteris pasižymi ypač geromis dėvėjimo savybėmis.

Būdamas patvarus, tačiau tuo pat metu lengvas ir elastingas, poliesteris leidžia patogiai jaustis. Visa tai yra pagrindinės savybės tinkamos sportinei aprangai [1].

Tačiau poliesterinis pluoštas yra hidrofobiškas, todėl mezgtinėms medžiagoms panaudotos mikropluošto gijos, tam kad pagerinti drėgmės sugėrimo ir transportavimo savybes.

Tyrimams naudoti vėsinimo savybes suteikiančiomis medžiagomis įmirkyti dvisluoksniai kombinuoto pynimo poliesteriniai (100 % PES) mezginiai megzti dviejų adatinių skersinio mezgimo mašina, mašinos klasė 28 E. Pynimo schema pateikta 22 paveiksle.



22 pav. Kombinuotojo pynimo rašto schema

E1; E4 – poliesteriniai tekstūruoti siūlai 75 den f 144 × 4.

E2; E3; E5; E6 – poliesteriniai tekstūruoti siūlai 75 den f 144.

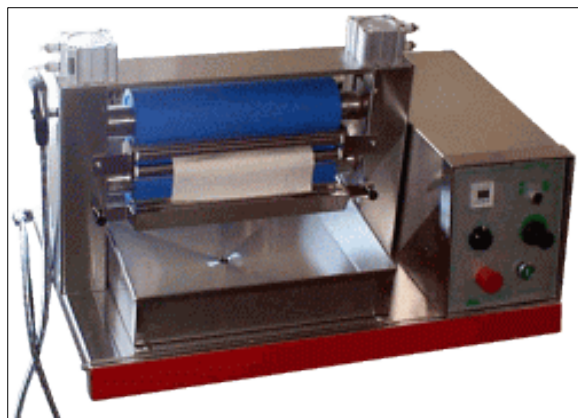
Bandymai atlikti su šešiais vienodos struktūros mezginiais, kurių apdailai panaudotos skirtingos cheminės medžiagos, šių mezginių sandaros rodikliai pateikti 4 lentelėje. Tiriamųjų

medžiagų žymėjimas, naudotos cheminės apdailos ir apdailos proceso parametrai pateikti 3 lentelėje.

3 lentelė. Tiriamųjų medžiagų identifikavimas

Žymėjimas	Naudotos cheminės apdailos medžiagos	Proceso parametrai
Nr. 0	Poliesterinė (100% PES) megztinė medžiaga	
Nr. 1	Poliesterinė (100% PES) megztinė medžiaga įmirkyta ksilitolio ir eritritolio vandeniniu tirpalu ITOFINISH COOL LJ8 (LJ Specialties, JAV)	ITOFINISH COOL LJ8 – 100 g/l, ph 5 ITOXLINKER LJ10 – 10 g/l Nuspaudimas – 1,5 baro Greitis – 1 m/min. Svorio prieaugis – 100 % Džiovinimas – 110 °C, 8 min. Fiksacija – 160 °C, 3 min. Nutraukimas – 2.
Nr. 2	Poliesterinė (100% PES) megztinė medžiaga padengta mikrokapsulėmis, kurių šerdis – ksilitolis ITOFINISH COOL MCP (LJ Specialties, JAV)	ITOFINISH COOL MCP – 50 g/l, ph 5 Nuspaudimas – 1,5 baro Greitis – 1 m/min. Svorio prieaugis – 100 % Džiovinimas – 100 °C, 9 min. Fiksacija – 140 °C, 4 min. Nutraukimas – 2.
Nr. 3	Poliesterinė (100% PES) megztinė medžiaga padengta funkciniu polimeru, prisijungiančiu prie pluošto fiziniai ryšiais (pvz., Van der Valso) HeiQ Adaptive (HeiQ Materials AG, Šveicarija)	Hei Q Adaptive Ac – 03 – 38 g/l, ph 4,5 Nuspaudimas – 1,5 baro Greitis – 1 m/min. Svorio prieaugis – 105 % Džiovinimas – 120 °C, 9 min. Fiksacija – 160 °C, 3 min. Nutraukimas – 2.
Nr. 4	Poliesterinė (100% PES) megztinė medžiaga su medžiaga HeiQ Adaptive + ITOFINISH PCM 32 NF (HeiQ Materials AG, Šveicarija; LJ Specialties, JAV)	Hei Q Adaptive Ac – 03 – 38 g/l, ph 4,5 ITOFINISH PCM 32 NF 50 g/l Nuspaudimas – 1,5 baro Greitis – 1 m/min. Svorio prieaugis – 100 % Džiovinimas – 120 °C, 9 min. Fiksacija – 140 °C, 4 min. Nutraukimas – 2.
Nr. 5	Poliesterinė (100% PES) megztinė medžiaga su medžiaga ITOFINISH COOL LJ8 + ITOFINISH PCM 32 NF (LJ Specialties, JAV)	ITOFINISH COOL LJ8 – 100 g/l, ph 5 ITOXLINKER LJ10 – 10 g/l ITOFINISH PCM 32 NF 50 g/l Nuspaudimas – 1,5 baro Greitis – 1 m/min. Svorio prieaugis – 100 % Džiovinimas – 110 °C, 9 min. Fiksacija – 140 °C, 4 min. Nutraukimas – 2.

Nr. 1, Nr. 2, Nr. 3, Nr. 4, Nr. 5 tiriamieji objektai buvo įmirkyti pliusuotėje medžiagomis suteikiančiomis vėsinausias savybes, vėliau skystis nuspaustas 2 barų slėgiu mašinoje su velenais *EVP-350* (*Roaches International Ltd*, Didžioji Britanija) (žr. 23 pav.), ritinių sukimosi greitis 1 m/min. Tirpalo kiekis medžiagoje po nuspaudimo – 100 %. Slėgis nuspaudimo velenuose – 1,5 bar. Kiekvienos medžiagos tikslūs proceso parametrai ir naudotos cheminės apdailos medžiagos pateikti 3 lentelėje.



23 pav. Įmirkymo pliusuotė *EVP-350* (*Roaches International Ltd.*)

Bandiniai buvo išdžiovinti laboratorinėje džiovinimo mašinoje *TFOS IM 350* (*Roaches International Ltd*, Didžioji Britanija) (žr. 24 pav.) fiksuojant 6÷8 min. 140 - 160 °C temperatūroje. Kiekvienos medžiagos tikslūs proceso parametrai pateikti 3 lentelėje.



24 pav. Džiovinimo mašina *TFOS IM 350* (*Roaches Internationa Ltd.*)

Nustatyti tiriamųjų mėgztinių medžiagų sandaros rodikliai, jie pateikti 4 lentelėje. Sandaros rodiklių nustatymo metodikos pateiktos poskyriuose **2.2.1** ir **2.2.2**.

4 lentelė. Tiriamos megztinės medžiagos sandaros rodikliai

Žymėjimas	Paviršinis tankis, g/m^2	S^*	$\delta a, \%^*$	$\Delta_a, \%^*$	$V, \%^*$	Tankumo koeficientas, cm^{-1}	
						P_v	P_h
Nr. 0	275	3,981	$\pm 1,8$	4,9	1,448	14	8
Nr. 1	317	3,568	$\pm 1,4$	4,4	1,125	14	8
Nr. 2	320	1,394	$\pm 0,5$	1,7	0,436	14	8
Nr. 3	276	1,002	$\pm 0,4$	1,2	0,363	14	8
Nr. 4	312	1,609	$\pm 1,4$	4,4	0,516	14	8
Nr. 5	321	3,012	$\pm 1,1$	3,7	0,930	14	8

δa^* – santykinė atsitiktinė paklaida, %.

Δ_a^* – absoliutinė atsitiktinė paklaida, %.

V^* – variacijos koeficientas, %.

S^* – vidutinė kvadratinė nuokrypa.

2.2 Tyrimo metodika

Prieš atliekant bandymus visi bandiniai buvo kondicionuoti standartiniame bandymų klimate, kur $Ta = (20 \pm 2) ^\circ C$, $\varphi = (65 \pm 4) \%$. Kondicionavimo ir bandymo aplinka atitiko LST EN ISO 139:2005 / A1:2011 standarto keliamus reikalavimus.

Prieš pradėdant bandymus, bandiniai laisvai padėti ant lygaus, horizontalaus paviršiaus, laisvai prieinant orui mažiausiai 24 valandas. Kondicionuojami standartiniame klimate, t. y. $(20 \pm 2) ^\circ C$ temperatūra ir $(65 \pm 4) \%$ santykinis drėgnis.

2.2.1 Megztos medžiagos pynimo nustatymo metodika ir tankumo nustatymo metodika

Megztinių medžiagų pynimas nustatytas ardant ir per tekstilinę lupą stebint, kaip keičiasi pynimo elementų išdėstymas.

Naudojant tekstilinę lupą taip pat nustatytas ir tankumas.

Horizontalusis tankumo koeficientas P_h – tai kilpų stulpelių skaičius vienetiniame mezginio plotyje, t. y. horizontalia (kilpų eilučių) kryptimi [39]. Nustatomas viename centimetre suskaičiavus kilpų stulpelius, pagal standartą EN 149771.

Vertikalusis tankumo koeficientas P_v – tai kilpų eilučių skaičius vienetiniame mezginio ilgyje, t. y. vertikalia (kilpų stulpelių) kryptimi [39]. Nustatomas viename centimetre suskaičiavus kilpų eilutes, pagal standartą EN 149771.

Mezginio tankumo koeficientai matuojami mezginio 1 cm ilgyje [39].

2.2.2 Paviršinio tankio nustatymo metodika

Paviršinis tankis buvo nustatomas remiantis standartu LST EN 12127:1999. Šiame standarte aprašytas paviršinio tankio nustatymo metodas panaudojant standartiniame bandymų klimate išlaikytus ir (arba) išdžiovintus mažus bandinius. Jis taikytinas audiniams ir trikotažui. Gali būti taikomas ir kitoms tekstilės medžiagoms, pagamintoms kitais būdais [40].

Bandiniai iškirpti naudojant žirkles. Iškerpami 5 bandiniai $10 \times 10 \text{ cm}^2$. Bandiniai pasveriami elektroninėmis analitinėmis svarstyklėmis GX – 200, svėrimo tikslumas – 0,001 g.

Kiekvieno elementariojo bandinio paviršinis tankis M gramais kvadratiniam metrui apskaičiuojamas pagal formulę [40]:

$$M = \frac{m \times 10000}{A} \quad (2.1)$$

Čia : m – kondicionuoto ar išdžiovinto elementariojo bandinio masė gramais;

A – to paties elementariojo bandinio plotas, cm^2 .

2.2.3 Medžiagų laidumo orui nustatymo metodika

Laidumas orui buvo nustatytas remiantis standartu LST EN ISO 9237:1997. Šis standartas aprašo plokščių tekstilės medžiagų laidumo orui matavimo būdą, kuris taikomas daugeliui orui laidžių medžiagų, įskaitant techninius audinius, neaustines medžiagas ir siuvinius [41].

Principas – matuojamas oro srauto, prasiskverbiančio per nustatytą medžiagos plotą esant nustatytam slėgių skirtumui, debitas [41].

Naudojamas laidumo orui nustatymo prietaisas FAP–1034–LP. Tyrimo atlikimui naudota matavimo anga 4,0 mm. Prietaise esantis vertikalus manometras matuoja slėgį col. raudonos alyvos stulpelio atitinkantį, tam tikrą srauto debitą.

Kalibruojant nustatyta, kad srauto debitas matuojamas ne mažesniu kaip $\pm 2\%$ matavimo tikslumu.

Kadangi prietaisas rodo ne srauto debitą, o slėgį coliais raudonos alyvos stulpelio, tai laidumo orui vertės parenkamos iš „laidumo orui verčių“ lentelės, kuri sudaryta pagal gamintojo pateiktą techninę dokumentaciją.

Bandomasis plotas 20 cm^2 .

Slėgių skirtumas: 100 Pa.

Laidumas orui R , išreikštas $\text{dm}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, apskaičiuojamas pagal formulę [41]:

$$R = \frac{\bar{q}v}{A} \cdot 167 \quad (2.2)$$

Čia: R – laidumas orui, mm/s;

$\bar{q}v$ – oro srauto debito aritmetinis vidurkis, l/min;

A – bandomasis plotas, cm^2 ;

167 – perskaičiavimo iš $1 cm^2/min$ į mm/s koeficientas [41].

2.2.4 Šiluminės varžos matavimas

Šiluminė varža buvo nustatyta remiantis standartu LST EN ISO 11092:2015. Šis tarptautinis standartas apima metodus, skirtus matuoti šiluminį atsparumą nuostoviosiomis sąlygomis tokioms medžiagoms kaip audiniai, plėvelės, paltinės medžiagos, putplastis ir oda, įskaitant ir daugiasluoksnius darinius, naudojant drabužiams, antklodėms, miegmaišiams, dekoratyviniams gaminiams ir pan. [42].

Principas:

Bandinys uždedamas ant elektra šildomos plokštės, kurios viršutinis paviršius skersai ir išilgai apipučiamas kondicionuotos oro srovės. Tam, kad nustatyti šiluminį atsparumą, šiluminis srautas per bandinį matuojamas, kai pasiekiamas nuostovusis būvis.

„Nuostovusis būvis“ – eksperimentais nustatyta, kad jo pasiekimas labai priklauso nuo bandomosios medžiagos. Laikas, būtinas jį pasiekti nustatomas eksperimentiškai. Pavyzdžiui: plonoms medžiagoms tai yra mažiausiai 30 min.

Naudojamas prietaisas medžiagų šiluminei ir garinei varžai nuostoviosiomis sąlygomis nustatyti, M259B *Sweating Guarded Hot Plate*, kurio pagrindinę dalį sudaro žmogaus odą imituojanti 3 mm storio akyta, metalinė plokštė (plotas – $0,04 m^2$), šildoma iki žmogaus kūno temperatūros ($35\text{ }^\circ C$).

Įrenginiui užduodami parametrai:

Matavimo bloko temperatūra	$35,0\text{ }^\circ C$
Šiluminio apsauginio įrenginio temperatūra	$35,0\text{ }^\circ C$
Oro temperatūra	$20,0\text{ }^\circ C$
Oro greitis	1 m/s
Santykinis drėgnumas	65%

Į šiluminio atsparumo, išmatuoto prietaisu, vertes įeina ir aparato būdingos konstantos. Šios konstantos apima paties matavimo bloko atsparumą jo viduje, plius besiribojančio oro sluoksnio priglundusio prie bandinio paviršiaus atsparumą. Tas sluoksnis priklauso nuo oro srovės, tekančios virš bandinio, greičio turbulencijos laipsnio.

Šios aparato konstantos, R_{ct0} nustatomos kaip „tuščios plokštės“ vertės esant būtinai sąlygai, kad viršutinis matavimo bloko paviršius būtų vienodame lygmenyje su matavimo stalu [42].

Apskaičiuojama prietaiso konstanta [42]:

$$R_{ct0} = \frac{(T_m - T_a) \cdot A}{H_0 - \Delta H_c} \quad (2.3)$$

čia: R_{cto} – prietaiso konstanta skirta šiluminio atsparumo R_{ct} matavimui, $\frac{m^2k}{W}$

T_a – oro bandymo aptvare, °C

T_m – matavimo bloko temperatūra, °C

T_s – terminio apsauginio įrenginio temperatūra, °C

A – matavimo bloko plotas, m^2

H_0 – šildymo energija pateikta matavimo blokui, W

ΔH_c – koregavimo dydis šildymo energijai, matuojant R_{ct} : $\propto (T_m - T_s)$

Šiluminės varžos apskaičiavimas [42]:

$$R_{ct} = \frac{(T_m - T_a)}{H - \Delta H_c} - R_{cto} \quad (2.4)$$

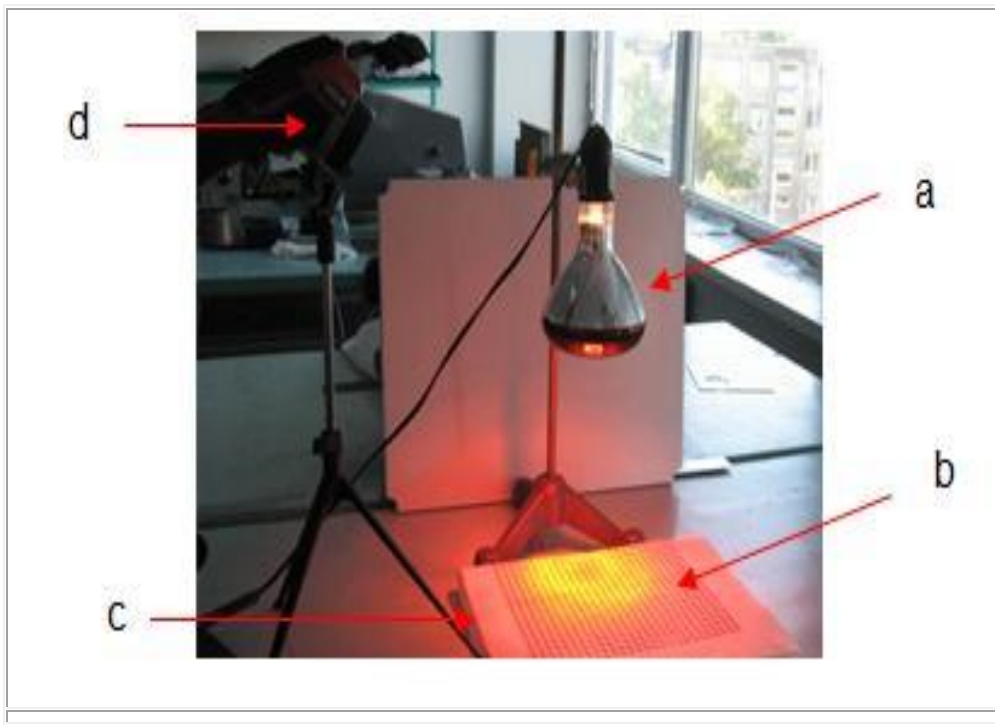
2.2.5 Terminio atvaizdo ir taškinės temperatūros nustatymas

Tyrimui naudotas tas pats prietaisas, kai ir šiluminės varžos nustatymui, jis aprašytas poskyryje 2.2.4 Šiluminės varžos matavimas.

Matavimai atlikti kondicionuojant mezginius standartinėse klimato sąlygose: (65 ± 4) %, drėgmėje ir (20 ± 2) °C temperatūroje. Tyrimo metu du bandiniai (kontrolinis ir bandinys su danga) padedami ant matavimo plokštės taip, kad su matavimo plokšte kontaktuotų vidinė medžiagos pusė. Matavimai atliekami tik padėjus bandinius ir po 10 minučių. Megztinių medžiagų su terminis atvaizdas ir temperatūra nustatyta termovizoriumi *Therma CamTM (Flir Systems, Švedija, spektrinis diapazonas 7,5 – 13 μm)*. Bandinių viduryje buvo fiksuojama menamoji taškinė temperatūra. Buvo atlikti penki matavimai ir apskaičiuota vidutinė menamoji taškinė temperatūra.

2.2.6 Šilumos kaupimo/atidavimo savybių tyrimas

Į megztinę medžiagą, suvilgytą 1 g. distiliuoto vandens ir padėtos ant polistireno plokštės, yra nukreiptas šiluminę energiją skleidžiantis šaltinis IR lempa (250 W, 240 V, $\lambda = 500-3000$ nm $\varnothing = 125$ mm). Atstumas nuo bandinio ir šilumos šaltinio – 30 cm. Įjungus lempą, nustatytais laiko tarpais 4 min. (240 s) laikotarpyje, kas 15 s, termovizoriaus ekrane karščiausiam taške fiksuojamas terminis medžiagos atvaizdas. Išjungus lempą, medžiagai vėstant 4 minutes (240 s), kas 15 s, termovizoriaus ekrane taip pat fiksuojamas jos terminis atvaizdas. Kiekvienam bandiniui po 5 matavimų karščiausiam vietoje, apskaičiuojama bandinio vidutinė menamoji taškinė temperatūra. Variacijos koeficientas neviršijo 5 %. Naudotos įrangos bendras vaizdas pateiktas 25 paveiksle.



25 pav. Šilumos kaupimo/atidavimo savybių tyrimo įranga: a) IR spindulių lempa, b) bandinys, c) termoizoliacinė polistireno plokštė, d) termovizorius su specialia programine įranga

2.2.7 Drėgmės transportavimo tyrimas

Drėgmės transportavimo pajėgumas buvo nustatyti pagal AATCC 195: 2012 [43] tyrimo metodą naudojant drėgmės transportavimo prietaisą *SDL Atlas M290*. Tekstilės medžiagų transportavimo savybės yra įvertinamos patalpinant tiriamąją medžiagą tarp dviejų horizontalių elektrinių sensorių (matavimo prietaiso veikimo principas pateiktas 15 paveiksle). Dirbtinis prakaitas (paruoštas iš distiliuoto vandens ir 9 g natrio chlorido) yra užlašinamas ant medžiagos (tos pusės, kuri dėvėjimo metu glausis prie žmogaus kūno) per pirmąsias 20 s (tyrimo trukmė 120 s). Dirbtinio prakaito lašas pasklinda ant medžiagos į tris puses, t. y. pasiskleidžia medžiagos išore, kur viršutinis sensorius fiksuoja lašo sklidimą; persigeria per medžiagą – nuo medžiagos pusės, kuri dėvint liečiasi su oda, iki medžiagos išorinės pusės; o apatinis sensorius matuoja prasiskverbusio skysčio pasklidimą ant išorinės medžiagos pusės, kuri tyrimo metu yra apačioje ir liečiasi su apatiniu sensoriumi (žr. 26 pav.).



26 pav. Drėgmės transportavimo prietaisas *SDL Atlas M290*, jo veikimo principas

Drėgmės transportavimo nustatyme pateikiamas bendrasis drėgmės transportavimo pajėgumas – tai indeksas OMMC, parodantis medžiagos gebą pernešti drėgmę trimis kryptimis. Pagal bendrą drėgmės transportavimo pajėgumą medžiagos skirstomos į penkias klases (žr. 5 lent.). Pirmos klasės medžiagos pasižymi prasta drėgmės transportavimo geba, didžiausią drėgmės transportavimo pajėgumą turinčios medžiagos priskiriamos penktai klasei.

5 lentelė. Medžiagų klasifikacija pagal bendrą drėgmės transportavimo pajėgumą [44].

Grupė	1	2	3	4	5
OMMC	0 – 0,2 prastai	0,2 – 0,4 vidutiniškai	0,4 – 0,6 gerai	0,6 – 0,8 labai gerai	> 0,8 puikiai

2.2.8 Vandens išgarinimo tyrimo metodika

Vandens išgarinimo (VI) tyrimai buvo atlikti remiantis skysčio išgarinimo procesu naudojant lašo metodiką. Buvo atliekami du tyrimai: pirmasis kondicinėse sąlygose ant bandinių užlašinus vieną lašą (1g) vandens, antruoju atveju tokie pat bandiniai su vienu lašu vandens patalpinti ant prietaiso naudojamo medžiagų šiluminei ir garinei varžai nuostoviosomis sąlygomis nustatyti, *M259B Sweating Guarded Hot Plate*, kurio pagrindinę dalį sudaro žmogaus odą imituojanti 3 mm storio akyta, metalinė plokštė (plotas – 0,04 m²), šildoma iki žmogaus kūno temperatūros (35 °C). Bandinių svėrimas atliekamas kas 5 minutės, bandymų riba yra 30 minutė. Bandiniai pasveriami elektroninėmis analitinėmis svarstyklėmis GX–200, svėrimo tikslumas – 0,001 g,

bandymai kartojami 5 kartus. Variacijos koeficientas neviršijo 5%. Atlikus bandymus, apskaičiuojamas vandens likučio koeficientas (VI , proc.) [45]:

$$VI = \frac{v_l - v_s}{v_l - v_s} \times 100 \quad (2.5)$$

čia v_l - bandinio masė duotuoju laiko momentu, g;

v_s - sauso bandinio masė, g;

v_l - bandinio masė, su vandens lašu, g. [45].

2.2.9 Statistinių rodiklių nustatymo metodika

Atikus tyrimus nustatomi statistiniai rodikliai, kurie padeda atlikti nustatytų rezultatų analizę.

Aritmetinis vidurkis tai atliktų tyrimų vidutinė savybės vertė [46]:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2.6)$$

Čia: x - aritmetinis vidurkis;

x_i - i - tojo stebėjimo arba bandymo rezultatas;

n - elementariųjų bandymų eksperimento taške skaičius.

Vidutinė kvadratinė nuokrypa S įvertina elementariųjų bandymų verčių nutolimą nuo aritmetinio vidurkio [46].

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2.7)$$

Čia: S - vidutinė kvadratinė nuokrypa;

\bar{x} - aritmetinis vidurkis;

x_i - i - tojo stebėjimo arba bandymo rezultatas;

$n-1$ - vadinamasis laisvės laipsnių skaičius.

Apskaičiuojamas variacijos koeficientas V , kuris įvertina sklaidą atsižvelgiant ir į elementariųjų bandymų skaičių ir į vidutinę bandymų vertę [46]:

$$V = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100\% \quad (2.8)$$

Čia: V – variacijos koeficientas;

S – vidutinė kvadratinė nuokrypa;

\bar{x} – aritmetinis vidurkis.

Apskaičiuojama absoliutinė atsitiktinė paklaida Δa (%) [46]:

$$\Delta a = \frac{t_a \cdot S}{\sqrt{n}} \% \quad (2.9)$$

Čia: Δa – absoliutinė atsitiktinė paklaida, %;

S – vidutinė kvadratinė nuokrypa;

t_a – Stjudento kriterijus;

n – elementariųjų bandymų eksperimento taške skaičius.

Apskaičiuojama santykinė atsitiktinė paklaida δa (%) [46]:

$$\delta a = \frac{\Delta a}{\bar{x}} = \frac{t_a \cdot S}{\bar{x} \cdot \sqrt{n}} \cdot 100\% \quad (2.10)$$

Čia: δa – Santykinė atsitiktinė paklaida, %;

Δa – absoliutinė atsitiktinė paklaida, %;

\bar{x} – aritmetinis vidurkis;

S – vidutinė kvadratinė nuokrypa;

t_a – Stjudento kriterijus;

n – elementariųjų bandymų eksperimento taške skaičius.

Determinacijos koeficientas R^2 yra atsitiktinių dydžių tiesinio ryšio matas [46]:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \widehat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (2.11)$$

čia Y_i – kintamojo Y įvertinimai, apskaičiuoti iš regresijos lygties;

\hat{Y} – yra kintamojo Y vidurkis;

n – imties dydis.

Išraiška $\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y})^2$ atspindi kintamojo Y reikšmių išsibarstymą apie regresijos tiesę,

o išraiška $\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2$ – apie jo vidurkį.

3. Tyrimų rezultatų analizė

Funkcinei tekstilei yra keliama vis daugiau reikalavimų, kaip užtikrinti komfortiškumą esant įvairiomis aplinkos sąlygomis. Įtakos turi naudojamų medžiagų termoreguliacinės savybės: drėgmės (prakaito) pernešimas nuo kūno į išorę, šiluminis atsparumas, pralaidumas garams ar orui bei papildomų medžiagų panaudojimas apdailoje.

Yra naudojamos PCM medžiagos, nes jos geba kaupti ar atiduoti didelį kiekį latentinės šiluminės energijos, kai keičiasi jų agregacinė būseną. Vienas iš daugelio organinių, neorganinių, polimerinių ir eutektikos junginių, naudojamų kaip PCM, yra cukraus alkoholis, nes jis gali būti naudojamas ne tik kaip latentinės šilumos saugojimo šaltinis, bet ir absorbcijai skirta medžiaga, kuri išskiria vandens garus, kai įkaista ir išsiskiriant šilumai vandens garai yra absorbuojami arba adsorbuojami, tokiu būdu gali būti naudojamos tokios medžiagos kaip termo–cheminės šilumos saugojimo junginiai. Kristalinė ksilitolio forma suteikia šaldantį efektą, dėl savo neigiamos tirpalo šilumos 35°C temperatūroje (- 36,5 kJ / kg), palaikomą drėgmės absorbcijos, prisideda prie gaivumo pojūčio, kai ksilitolis ištirpsta [48].

3.1 Padidinto termoreguliacinio efekto mezginių kūrimas

Siekiant suteikti poliesterinei megztinei medžiagai papildomas vėsinančias savybes, ji buvo padengta ksilitolio turinčiais dariniais (medžiaga Nr. 1 buvo padengta ksilitolio ir eritritolio junginiais, medžiaga Nr. 2 – mikrokapsulėmis su ksilitolio vidumi). Ksilitolio ir eritritolio apdaila suteikia vėsinantį efektą, kai medžiaga sudrėksta. Taikant ksilitolio priedus tekstilės aprangoje, dėvint galima jausti vėšą, kaip ksilitolio sąlyčio su prakaitu endoterminį rezultatą.

Medžiagai Nr. 3 vėsinančių savybių pagerinimui buvo naudojamas funkcinis blokopolimeras (2%/wt) turintis ir hidrofobinį ir hidrofilinį segmentus: hidrofobinis segmentas – fluororganiniai junginiai, hidrofilinis – PEO polimeras, turintis papildomą anijoninę galinę grupę. Funkcinis polimerinis sluoksnis pasižymi savybe kaupti drėgmę, kai kaupiamoji geba yra apsprendžiama temperatūros. Tokiu funkcinio polimeru įmirkyta medžiaga iš išorės yra hidrofobiška ir tuo pačiu išlaikanti odą sausesnę, kadangi kūno išskirtas prakaitas garų pavidalu yra tiesiogiai pernešamas į funkcinį polimerinį sluoksnį, jame sukaupiamas ir, priklausomai nuo temperatūros, labai greitai išgarinamas į aplinką.

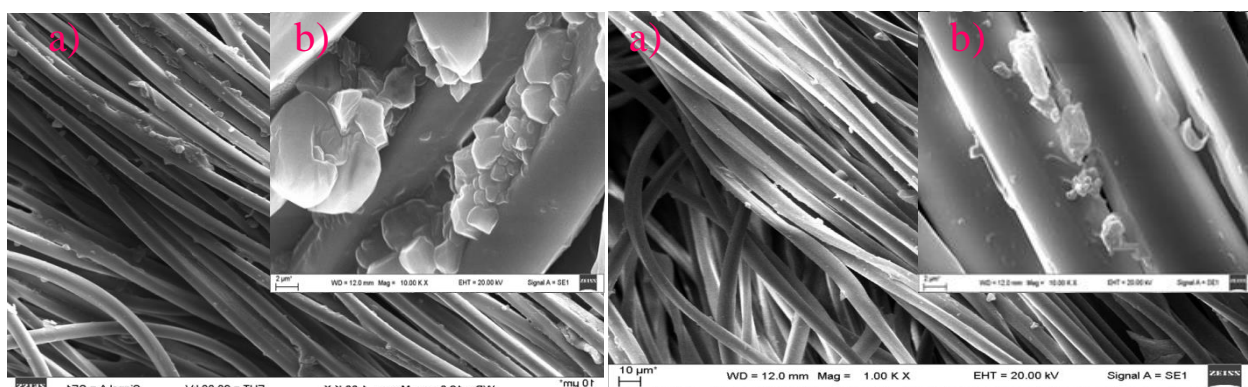
Gerų termoreguliacinių savybių – šiluminio komforto – tekstilės medžiagoms suteikimas, kaupiant latentinę šilumą, yra vienas pažangių metodų, pasižymintis dideliu energijos kaupimo tankiu ir galimybe kaupti šilumą kaip lydymosi latentinę – fazės kitimo, „slaptąją“ šilumą pastovioje temperatūroje [49]. Nustatyta, kad medžiagų su PCM šiluminis efektas pereinant iš šiltos aplinkos į šaltą tęsiasi maždaug 12,5–15 min [50].

PCM (fazę keičiančios) medžiagos skirstomos į organinius ir neorganinius junginius. Neorganiniams junginiams priskiriami druskų hidratai ir metalai, organiniai skirstomi į parafinus ir ne-parafinus.

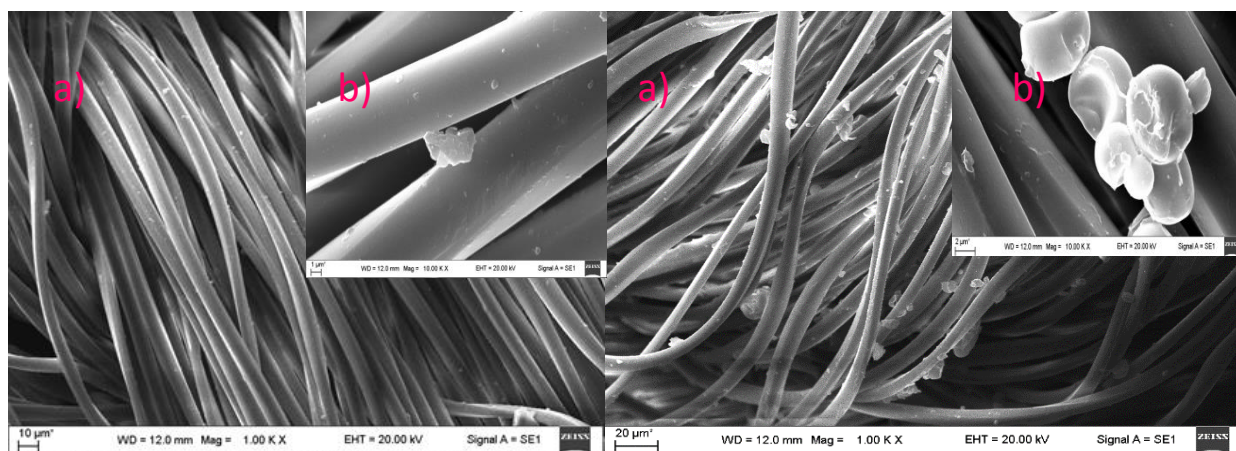
Mikrokapsuliuotos fazę keičiančios medžiagos gali būti įvedamos į medžiagos struktūrą putų, laminato pavidalu, dvi komponente sintetinio pluošto ekstruzija arba įmaišomos į tirpalą ar lydą, iš kurio vėliau formuojamos gijos. Kiti naudojami būdai yra padengimo, laminavimo, apdailos, tekstilės medžiagos paviršių PCM mikrokapsulėmis marginant, dengiant ar įmirkant [9, 51].

Kadangi vykstant PCM šilumos absorbcijai ir emisijai termoreguliacijos efektas sukuriamas kaip interaktyvus atsakas į šiluminės aplinkos temperatūros pokyčius, šios medžiagos priskiriamos išmaniosioms. Todėl medžiagos papildomai buvo padengtos ir PCM mikrokapsulėmis (bandiniai Nr 4 ir Nr.5).

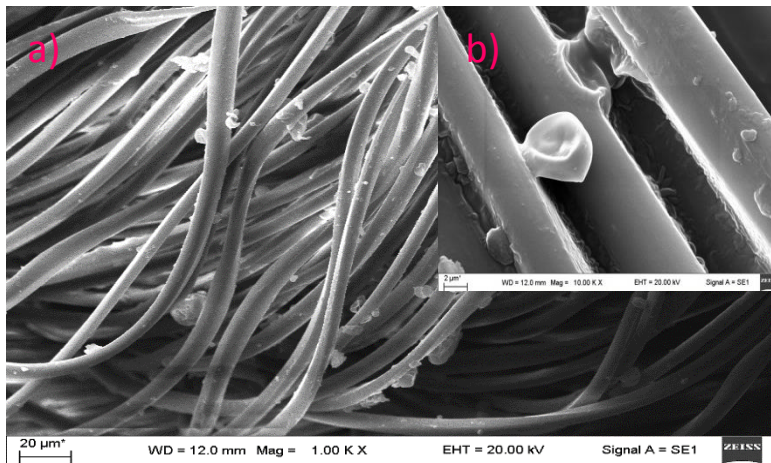
Norint įrodyti PCM ir kitų cheminių medžiagų buvimą PES mezgtinėse medžiagose, buvo atliktos SEM nuotraukos (žr 27 – 29 pav.). Nuotraukos darytos SEM EVO MA10 (ZEISS, Vokietija) mikroskopu.



27 pav. SEM nuotraukos, bandiniai Nr. 0 ir Nr. 1; a) didinimas 1000 x; b) didinimas 10000x; greitinimo įtampa 20.00 kV



28 pav. SEM nuotraukos, bandiniai Nr. 3 ir Nr. 4, a) didinimas 1000 x; b) didinimas 10000x; greitinimo įtampa 20.00 kV.



29 pav. SEM nuotraukos, bandinys Nr. 5, a) didinimas 1000 x; b) didinimas 10000x; greitinimo įtampa 20.00 kV.

3.2 Termoreguliacinių savybių, įtakojančių termofiziologinį komfortą tyrimas

Psichologinis ir fiziologinis komfortas nustatomas pagal laidumo orui ir drėgmės valdymo savybes, yra įtakotas įvairių megztinės medžiagos konstrukcijos parametru, kurie suteikia megztinei medžiagai akytą struktūrą.

3.2.1. Laidumo orui nustatymas

Laidumas orui viena svarbiausių medžiagos termoreguliacinių savybių. Jei medžiagos laidumas orui bus mažas, žmogaus kūnas negalės kvėpuoti, oro tarpe tarp kūno ir medžiagos kaupsis šiltas oras ir kūno temperatūra kils. Zhu ir kiti [28] teigia, kad laidumas orui daro įtaką šiluminėms audinio savybėms. Šilumos laidumas vyksta dėl pluoštų ir medžiagos oro tarpų laidumo, tai yra per audinio akutes. Šilumos atsparumui mažėjant, laidumas orui didėja. Shin, Yoo ir Son [52] tyrė poliesterinius mezginius su melamino – formaldehido mikrokapsulėmis. Jie nustatė, kad poliesterinės megztinės medžiagos oro pralaidumas mažėja didinant PCM medžiagų koncentraciją. Lygindami su neapdorotomis PCM medžiagomis, nustatė, kad apdorotų medžiagų laidumas orui sumažėjo 20 – 28 %, priklausomai nuo koncentracijos.

Atlikus laidumo orui tyrimą, tirtų medžiagų laidumas orui, palyginus poliesterinės medžiagas su apdaila ir be apdailos, gauti rezultatai (žr. 6 lent.) rodo, kad laidumas orui sumažėjo 9,5 – 18,1 %. Palyginus su Shin, Yoo ir Son [52] gautais tyrimo rezultatais, laidumo orui sumažėjimas gautas mažesnis, nesiekiantis 20%.

6 lentelė. Laidumo orui nustatymo rezultatai

Žymėjimas	Laidumas orui $dm^3/(m^2 \cdot s)$	S^*	$\delta_a, \% *$	$\Delta a, \% *$	V^*	Laidumo orui sumažėjimas %
Nr. 0	362,4	$\pm 32,0$	0,6	2,3	8,8	0
Nr. 1	298,4	$\pm 27,5$	0,7	2,0	9,5	17,7
Nr. 2	300,1	$\pm 38,4$	0,9	2,7	12,8	17,1
Nr. 3	328,1	$\pm 30,2$	0,7	2,2	9,2	9,5
Nr. 4	308,8	$\pm 26,5$	0,6	1,8	8,6	14,6
Nr. 5	296,9	$\pm 28,0$	0,7	2,0	10,0	18,1

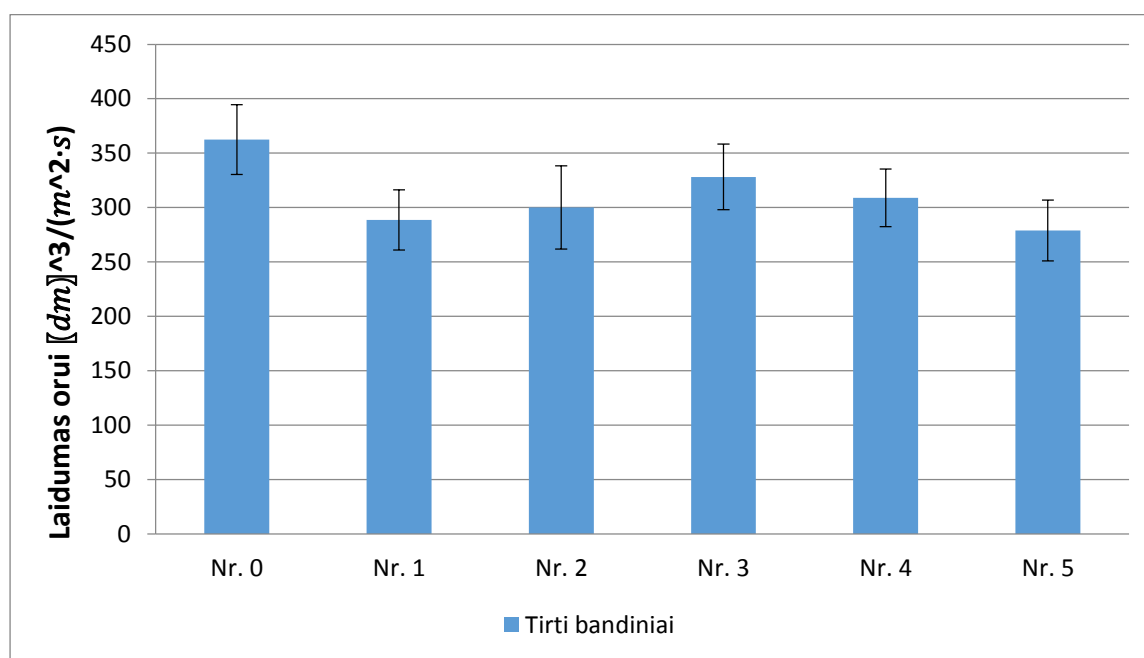
δa^* - santykinė atsitiktinė paklaida, %.

Δa^* - absoliutinė atsitiktinė paklaida, %.

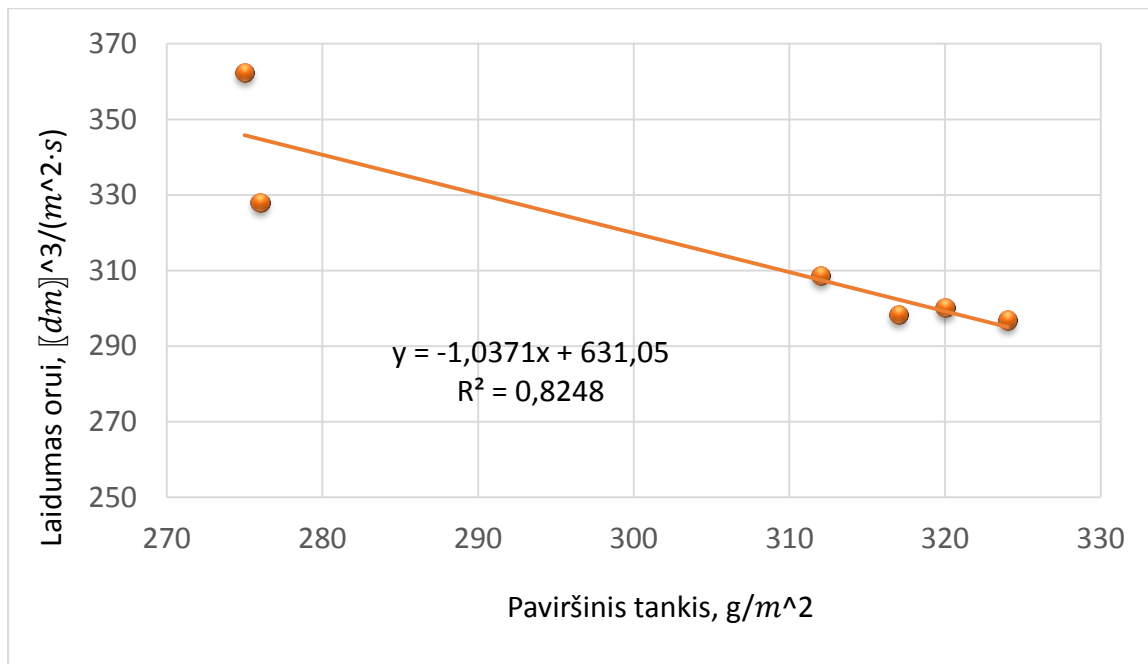
V^* – variacijos koeficientas, %.

S^* – vidutinė kvadratinė nuokrypa.

Laidumo orui nustatymo rezultatai rodo, kad visų medžiagų su apdaila laidumo orui sumažėjimas buvo nedidelis. Mažiausiai sumažėjo bandinio Nr. 3 laidumas orui, tik 9,5 %. Kadangi šis pokytis yra paklaidos ribose, tai galima teigti, kad tirto bandinio Nr. 3 laidumas orui išliko neapibrėžties ribose.



30 pav. Laidumo orui rezultatų vertės (\bar{x} ir S)



31 pav. Laidumo orui priklausomybė nuo paviršinio tankio

Nustatyta laidumo orui priklausomybė nuo paviršinio tankio (žr. 31 pav.). Po apdailos, padidėjus bandinių masei, sumažėjo jų laidumas orui. Didžiausiu laidumu orui pasižymėjo tiriamasis objektas Nr. 0 – $362,4 \text{ dm}^3/(m^2 \cdot s)$, be apdailos. Mažiausiu laidumu orui pasižymėjo tiriamasis objektas Nr. 5 – $296,9 \text{ dm}^3/(m^2 \cdot s)$.

3.2.2 Drėgmės transportavimo tyrimas

Skysčio transportavimas ir džiovinimas yra du svarbūs veiksniai, darantys įtaką sportui skirtų drabužių fiziologiniam komfortui [22]. Sampath ir kiti [24] teigia, kad tekstilė pagaminta iš mikropluošto pasižymi geresniu drėgmės transportavimu ir užtikrina geresnę drėgmės kontrolę. Drabužiai iš mikropluošto turi didesnę pluošto paviršiaus absorbcijos potencialą, atsirandantį dėl pluošto smulkumo, taip pat geriau transportuoja drėgmę dėl geresnio kapiliariškumo. Kadangi PES pluoštas yra hidrofobiškas ir nesugeria drėgmės, todėl megztinėms medžiagoms buvo panaudotas mikropluoštas, kad medžiaga sugertų drėgmę, ant odos paviršiaus nesikaupytų prakaito lašai ir kūnas išliktų sausas.

Naudojantis AATCC 195 tyrimo metodu, buvo nustatytas vidutinis tiriamųjų medžiagų drėgmės transportavimo indeksas. Bandymo rezultatai pateikti 8 lentelėje.

8 lentelė. Remiantis mezginių laidumo vandeniui klasifikacija pagal OMMC indeksą

Žymėjimas	OMMC	Grupė
Nr. 0	0,3842	0,2 – 0,4 vidutiniškai
Nr. 1	0,4793	0,4 – 0,6 gerai
Nr. 2	0,3865	0,2 – 0,4 vidutiniškai
Nr. 3	0,3674	0,2 – 0,4 vidutiniškai
Nr. 4	0,5122	0,4 – 0,6 gerai
Nr. 5	0,6550	0,6 – 0,8 labai gerai

Prakash, Ramakrishnan ir Koushik [53] teigia, kad medžiagų storis bei pluoštinė sudėtis daro didelę įtaką drėgmės transportavimo pajėgumui.

Kadangi visų tirtų medžiagų pluoštinė sudėtis tokia pati – 100 % PES, tai įtaką drėgmės transportavimui turėjo apdailoje panaudotos medžiagos. Palyginus su kontroliniu bandiniu Nr. 0 (be papildomos apdailos) (žr. 8 lent.), bandinio Nr. 1 drėgmės transportavimo savybės buvo geresnės 19,8 %, bandinio Nr. 2 – 0,6 %, bandinio Nr. 3 – 6,9 %. Ksilitolis panaudotas apdailoje pagerino drėgmės transportavimą.

Geriausiu rezultatu (žr. 8 lent.) pasižymėjo tiriamasis bandinys Nr. 5, jis pasižymėjo labai geromis drėgmės transportavimo savybėmis, jos palyginus su bandinio Nr. 0 drėgmės transportavimo savybėmis, buvo geresnės 41,3 % . Kiti tiriamieji bandiniai pasižymėjo geromis drėgmės transportavimo savybėmis. Nors pagal klasifikaciją bandinys Nr. 4 priskirtas tai pačiai kategorijai, kaip ir kiti bandiniai, jo drėgmės transportavimo savybės geresnės 25 % nei bandinio Nr. 0. Papildomai integravus PCM, drėgmės transportavimo savybės pagerėjo 41 % (bandinys Nr. 4 palyginus su bandiniu Nr. 2) ir 28,3 % (bandinys Nr. 5 palyginus su bandiniu Nr. 3).

3.3 Vėsinančių savybių įvertinimo tyrimai

Pagrindiniai du būdai, vėsinančių savybių įvertinimui, yra šiluminės varžos nustatymas ir šilumos kaupimo/atidavimo nustatymas.

3.3.1 Šiluminės varžos nustatymas

Medžiagos termoreguliacines savybes įvertinti padeda šiluminės varžos nustatymas.

Šiluminis atsparumas, R_{ct} ($m^2 K / W$), yra dydis, apibūdinantis tekstilės medžiagas ar jų mišinius, kuris apibrėžia sausą šilumos srautą per duotą plotą, priklausomai nuo naudojamo nuostovaus temperatūros gradiento [42]. Wei ir kiti [32] teigė, kad medžiagos storis turi didžiausią poveikį šiluminei varžai. Taip pat nustatė, kad audinių ir megztinių medžiagų šiluminį atsparumą galima prognozuoti.

Remiantis „Termoreguliacinių savybių klasifikavimo“ standartu [38], visas tirtas medžiagas galima priskirti B – kategorijai „gerai“, nes kaip galima matyti iš lentelės Nr. 7 visų medžiagų šiluminės varžos vertės patenka į šios kategorijos intervalą, nes pagal standartą, medžiagos kontaktuojančios su oda šiltame klimato šiluminė varža turėtų būti: $B - 0,015 < R_{ct} \leq 0,03$.

7 lentelė. Tirtų megztinių medžiagų šiluminės varžos vertės

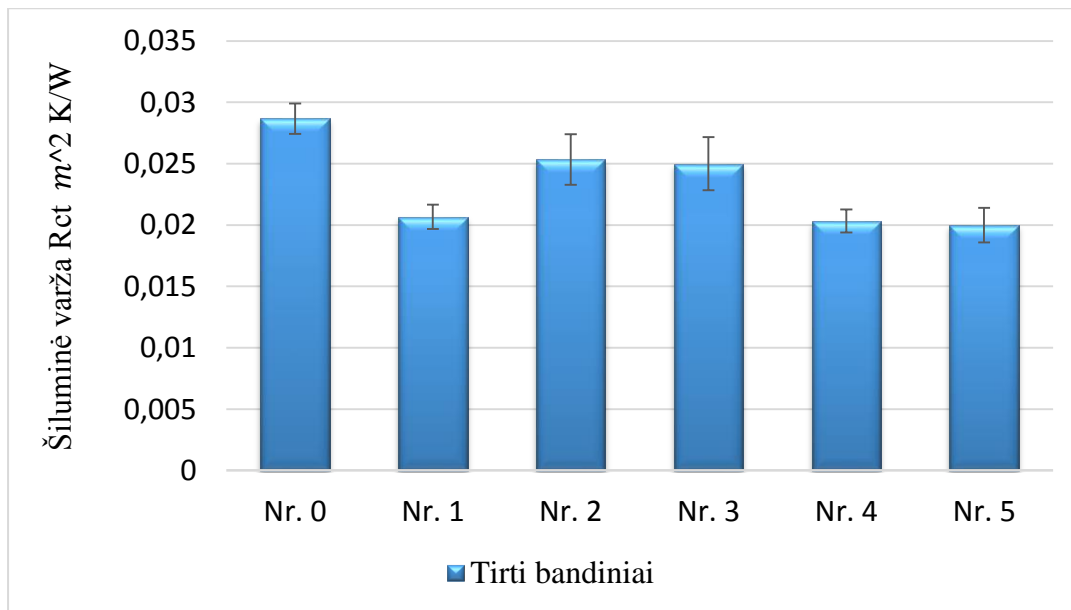
Žymėjimas	Šiluminė varža R_{ct} $m^2 K/W$	S^*	$\delta_a, \% *$	$\Delta a, \% *$	V^*
Nr. 0	0,029	0,0012	10,3	0,003	4,1
Nr. 1	0,021	0,001	9,5	0,002	4,8
Nr. 2	0,025	0,0020	19,9	0,005	8,0
Nr. 3	0,025	0,0022	21,8	0,005	8,8
Nr. 4	0,020	0,0009	11,2	0,002	4,7
Nr. 5	0,020	0,0014	12,4	0,002	7,0

δa^* - santykinė atsitiktinė paklaida, %.

Δa^* - absoliutinė atsitiktinė paklaida, %.

V^* – variacijos koeficientas, %.

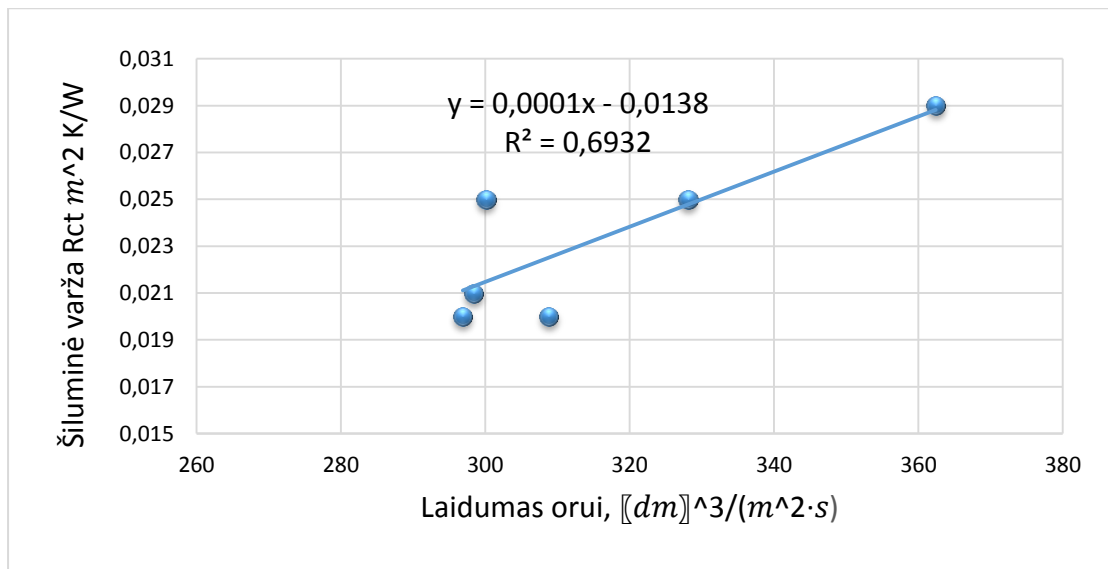
S^* – vidutinė kvadratinė nuokrypa.



32 pav. Tirtų megztinių medžiagų šiluminės varžos vertės (\bar{x} ir S)

Mažiausios šiluminės varžos vertės buvo gautos tiriant medžiagas Nr. 4 ir Nr. 5 (žr. 32 pav.), su papildomai įvestomis PCM kapsulėmis, jų šiluminė varža – $0,020 m^2 K/W$. Tai reiškia, kad šios medžiagos labiausiai vėsino žmogaus kūną imituojančią plokštę. Tiriamųjų bandinių Nr. 4 ir Nr. 5, su papildomai pridėtomis PCM medžiagomis šiluminio laidumo savybės buvo 31 % geresnės, palyginus su PES medžiaga be papildomos apdailos (Nr. 0). Palyginus Nr. 3 (bandinys su funkcine polimerine danga) ir bandinį Nr. 4 (bandinys su funkcine polimerine danga ir papildomai įvestomis PCM mikrokapsulėmis) iš pav. Nr.28 matome, kad papildomai įvedus į medžiagą PCM medžiagų, šiluminės varžos savybės pagerėjo 20 %. Bandinio Nr. 1 (su ksilitoliu) ir bandinio Nr. 5 (su ksilitoliu ir papildomai įvestomis PCM kapsulėmis), šiluminės varžos savybės skyrėsi 4,8 %. Bandinio Nr. 5 šiluminės savybės buvo geresnės, jas suteikė papildomai įvestos PCM medžiagos.

Battacharya ir kiti [27] teigė, kad šiluminė varža priklauso nuo medžiagos laidumo orui. Atlikus tyrimus, kaip matyti iš grafiko (žr. 33 pav.), nustatyta šiluminės varžos priklausomybė nuo laidumo orui.



33 pav. Šiluminės varžos priklausomybė nuo laidumo orui

Iš grafiko matome, kad gautas žemas apibrėžties koeficientas ($R^2 = 0,6932$), vadinasi šiluminės varžos rezultatai priklauso ir nuo laidumo orui, ir nuo apdailai panaudotų medžiagų. Kadangi visų medžiagų struktūra vienoda, ji įtakos šiluminei varžai neturėjo.

Poliesterinės megztinės medžiagos su papildoma apdaila, pasižymi kontaktiniu vėsumu – prisilietus prie medžiagos paviršiaus iškart jaučiamas vėsumas. Šio kontaktinio vėsumo efektui pagrįsti buvo atlikti megztinių medžiagų vaizdų tyrimai

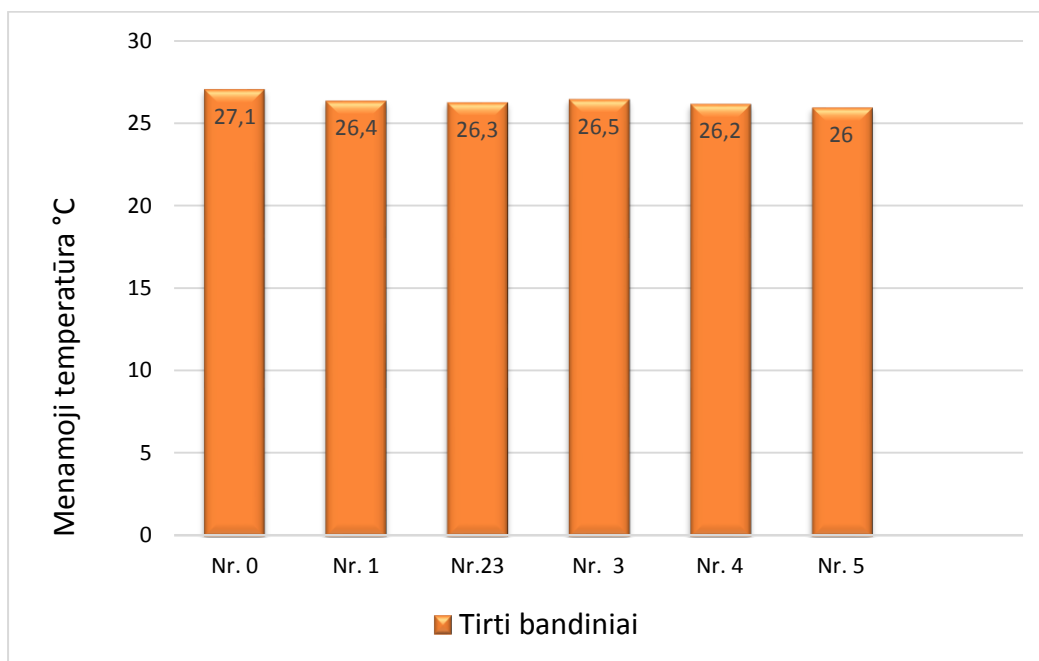
3.3.2 Vėsumo pojūčio efektyvumo tyrimas

Atlikus terminę analizę termovizoriumi nustatytas temperatūrų skirtumas poliesterinės megztinės medžiagos be apdailos ir poliesterinių megztinių medžiagų su vėsinačiomis savybėmis suteikiančia apdaila. Kiekvienas bandinys matuotas penkis kartus ir išvestas vidurkis. Variacijos koeficientas neviršijo 5 %. Matuojant bandinių taškinę temperatūrą, kai bandiniai tik padėti ant prietaiso M259B *Sweating Guarded Hot Plate* matavimo plokštės (kurios temperatūra 35 °C) temperatūrų skirtumas pastebimas iš karto.

Termovizoriai (infraraudonųjų spindulių termografija) yra plačiai naudojami dėl jų santykinai nedidelės kainos ir dėl to, kad jais galima nustatyti temperatūrą drabužių, juos dėvint žmogui, kai temperatūra palaikoma žmogaus kūno temperatūros bei prakaituojant, tuo pačiu įvertinant šilumos laidumą dėvėjimo sąlygomis.

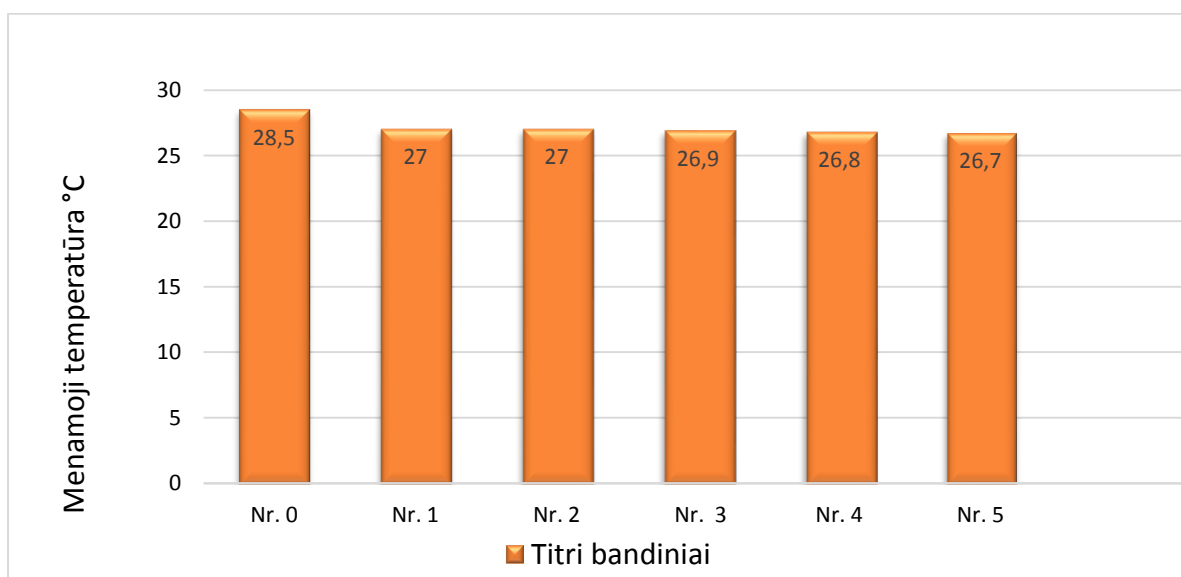
Megztinės medžiagos be apdailos temperatūra nuo megztinių medžiagų su apdaila skyrėsi nuo 0,6 °C iki 1,1 °C. Geriausiomis vėsimo savybėmis pasižymėjo bandiniai Nr. 4 ir Nr.5 (žr.

34 pav.). Jų temperatūros buvo žemiausios, Bandinys Nr. 4 buvo 3,3 % vėsesnis nei bandinys Nr. 0, o bandinys Nr. 5 vėsesnis 4,1 %.



34 pav. Megztinių medžiagų taškinė temperatūra be išlaikymo

Didesnis temperatūrų skirtumas buvo nustatytas atlikus matavimus po dešimties minučių (žr. 35 pav.). Megztinės medžiagos be apdailos temperatūra nuo megztinių medžiagų su apdaila skyrėsi nuo 1,5 °C iki 1,7 °C. Todėl dėvint medžiagas su apdaila, kūnas jaučia vėsavimo efektą net jei aktyvumo metu pakyla kūno temperatūra. Šis efektas išlieka praėjus tam tikram laikui ir užtikrina geresnę termoreguliaciją.



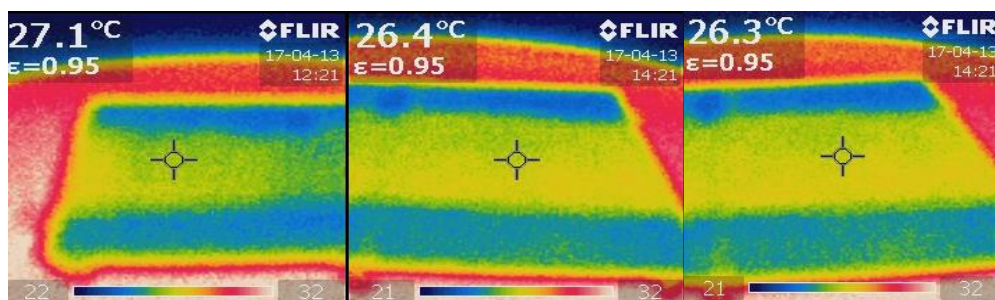
35 pav. Megztinių medžiagų taškinė temperatūra išlaikius 10 minučių

Atlikus taškinės temperatūros matavimus po 10 minučių tirtų bandinių Nr. 1 ir Nr. 2 (su ksilitoliu) taškinė temperatūra buvo žemesnė nei kontrolinio bandinio Nr. 0 – 5,3 %, bandinio Nr. 3 – 5,6, atitinkamai bandinių Nr. 4 ir Nr. 5 žemesnė 6 ir 6,3 %.

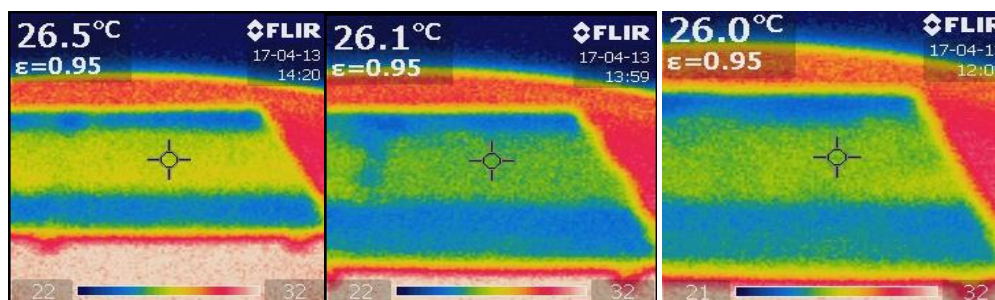
Nors didžiausias temperatūros skirtumas tarp Nr. 0 ir Nr. 5 yra tik 6,3 %, bet kalbant apie žmogaus kūno temperatūrą, 1,7 °C temperatūros skirtumas yra pakankamai geras rezultatas, užtikrinantis termoreguliacijos efektyvumą. Brazaitis ir kiti [54] teigai, kad atliekant lengvus ar vidutinio intensyvumo fizinius pratimus temperatūra neviršija 38,2 °C.

Bandinių Nr. 4 ir Nr. 5 nustatyta žemiausia taškinė temperatūra, vadinasi jie pasižymi geriausiomis vėsinamosiomis savybėmis.

Atlikus terminio atvaizdo termogramų analizę, taip pat galima patvirtinti, kad megztinės medžiagos su vėsinamąsias savybes suteikiančia apdaila yra efektyvesnės, nei megztinė medžiaga be apdailos. Nuotraukose matomas temperatūrų skirtumas, megztinėse medžiagose su apdaila užfiksuota žemesnė temperatūra, vadinasi, dėvint šias medžiagas aukštoje temperatūroje jaučiamas vėsinimo efektas.



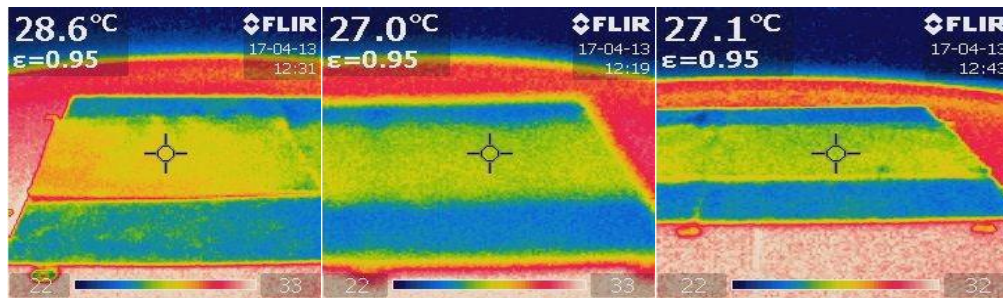
36 pav. Termogramos, kai bandiniai tik padėti ant plokštės. Nr. 0, Nr. 1. Nr. 2.



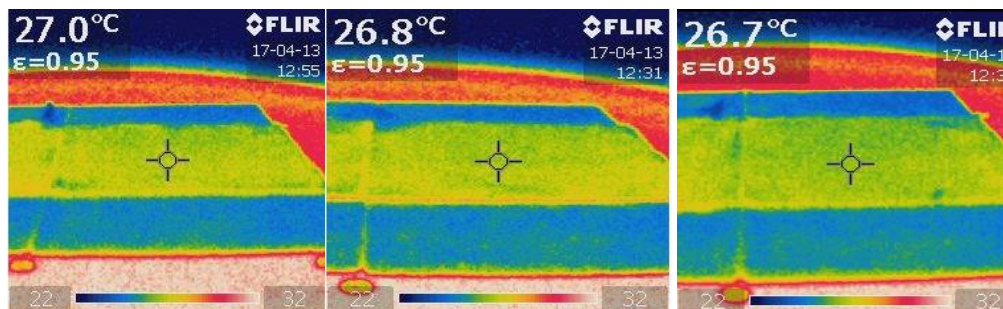
37 pav. Termogramos, kai bandiniai tik padėti ant plokštės. Nr. 3, Nr. 4. Nr. 5.

Terminių vaizdų nuotraukose matoma, kad megztinės medžiagos su vėsinamąsias savybes suteikiančia apdaila užtikrina žymiai geresnę termoreguliaciją nei neapdorotos medžiagos (žr. 36 ir 37 pav.). Termogramų analizė taip pat patvirtina, kad prėjus 10 minučių, medžiagos su apdaila

išlaiko vėsinimo efektą, jų temperatūra yra mažesnė nei megztinių medžiagų be apdailos (žr. 38 ir 39 pav.).



38 pav. Termogramos po 10 min išlaikymo. Bandiniai Nr. 0, Nr. 1, Nr. 2.

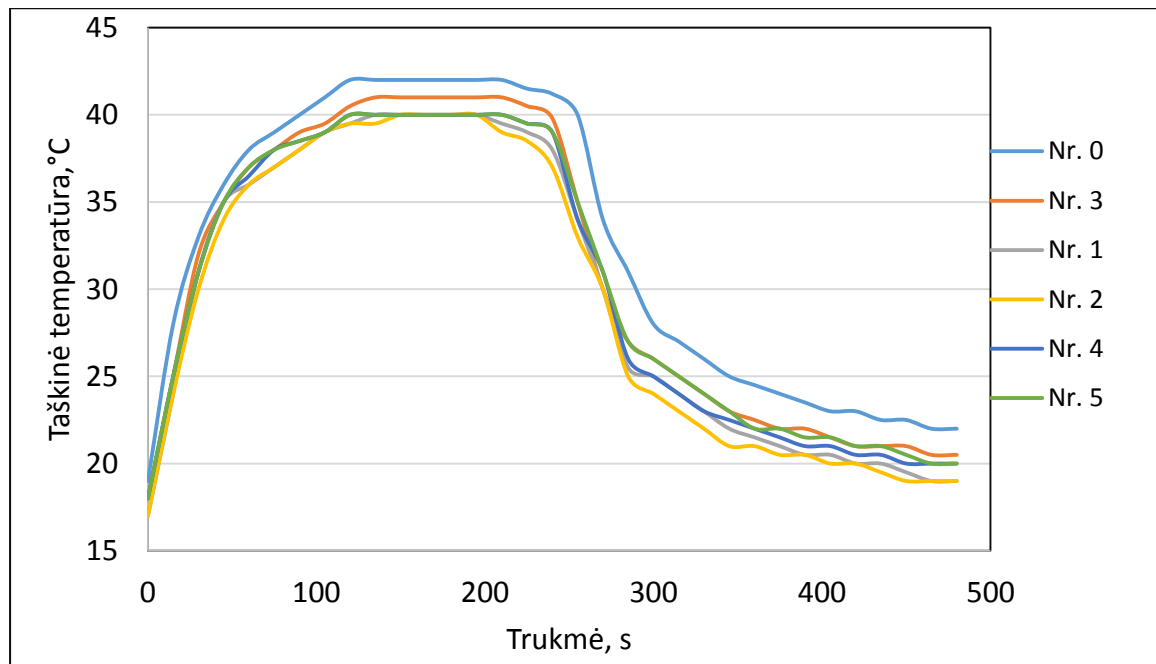


39 pav. Termogramos po 10 min išlaikymo. Bandiniai Nr. 3, Nr. 4, Nr. 5.

3.3.3 Šilumos kaupimo/atidavimo savybių tyrimas

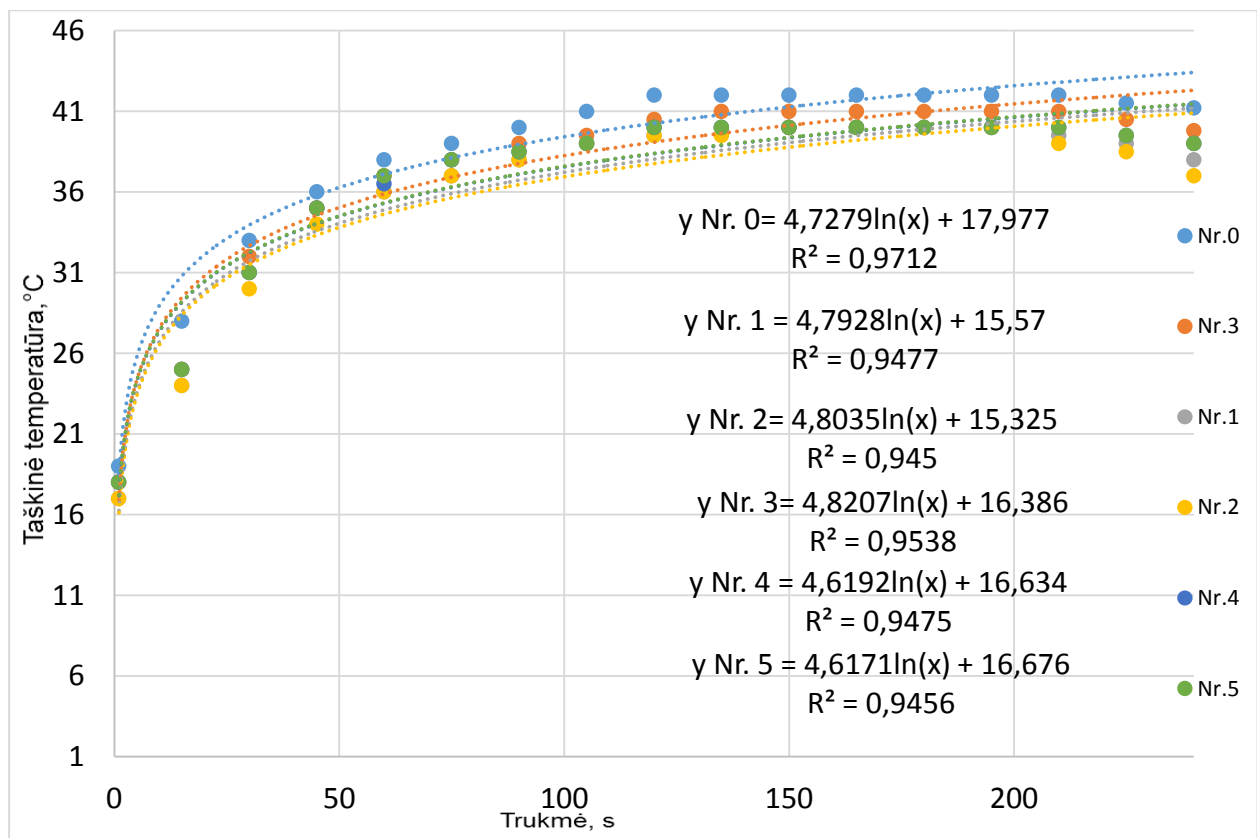
Žmogaus kūnas gali kentėti nuo šiluminio streso, dėl jo sumažėja darbo ištvermė ir efektyvumas, karštas klimatas gali sukelti įvairias ligas. Apsauginės aprangos dėvėjimas, kuri nesugeria skysčių ir neleidžia išgaruoti prakaitui, taip pat gali pabloginti savijautą. Drabužiai pasižymintys vėsinimo efektu gali sumažinti šiluminį stresą ir su tuo susijusių traumų karštoje aplinkoje riziką [55]. Pritaikant fazę keičiančių medžiagų technologiją tekstilės audiniams galima padidinti šiluminį komfortą išvengiant drėgmės ar oro slėgio svyravimų neigiamos įtakos šilumos izoliacinėms savybėms. Ši technologija apibūdinama mikrokapsuliuotų fazę keičiančių medžiagų įvedimas arba užnešimas ant audinių [51].

Megztinių PES medžiagų Nr. 0 (kontrolinės megztinės medžiagos) ir tiriamųjų pavyzdžių Nr.1 ÷ Nr. 5 su apdailoje įvestais priedais (žr. 3 lent.) šiluminio efektyvumo tyrimai pagal 2.2.7 poskyryje aprašytą metodą termovizoriais, kintant aplinkos temperatūrai, pateikti 40 paveiksle.



40 pav. Mezginių šilumos kaupimo/atidavimo geba

Analizuojant 40 pav. pateiktus meztinių medžiagų su vėsinačias savybes suteikiančiomis medžiagomis šiluminių savybių rezultatus, galima daryti prielaidą, kad efektyviausia šilumos kaupimo/atidavimo geba pasižymėjo bandomieji pavyzdžiai Nr. 1 ir Nr. 2, kurių paviršiuje po 240 s tiesioginio kaitinimo IR lempa termovizoriaus ekrane fiksuota, atitinkamai, ~37 °C ir ~38 °C menamoji temperatūra. Pašalinus šilumos šaltinį, pavyzdyje Nr. 1 šilumos atidavimas (vėsimas), lyginant su kontroliniu Nr. 0 vyko žymiai greičiau. Ta pati tendencija pastebima ir Nr. 2 pavyzdyje. Praėjus 120 s. po šilumos šaltinio pašalinimo, jie atvėso 14,3 % ir 18,4 % daugiau nei kontrolinis bandinys Nr. 0. Atsižvelgiant į 37 pav. pateiktų pavyzdžių šiluminio efektyvumo tyrimo duomenis galima prognozuoti, kad mezginių šilumos kaupimo/atidavimo geba tiesiogiai priklauso nuo ksilitolio priedų koncentracijos medžiagoje. Bandomieji pavyzdžiai Nr. 4 ir Nr. 5 (su papildomai įvestomis PCM medžiagomis) pasižymėjo tokiomis pačiomis šilumos kaupimo/atidavimo savybėmis, jų paviršiuje po 240 s tiesioginio kaitinimo užfiksuota ~39 °C menamoji temperatūra, 5,3 % mažesnė, nei kontrolinio bandinio. Pašalinus šilumos šaltinį, bandomųjų pavyzdžių Nr. 4 ir Nr. 5 šilumos atidavimas, lyginant su kontroliniu Nr. 0 vyko žymiai greičiau. Praėjus 120 s. po šilumos šaltinio pašalinimo, jie atvėso 12,2 % ir 10,2 %. Tačiau jie vėso lėčiau nei bandomieji pavyzdžiai Nr. 1 ir Nr. 2, tuo užtikrindami geresnes termoreguliacines savybes, nes bandomuosiuose objektuose šilumos kaupimo/atidavimo procesas vyksta tolygiau. Staiga nukritus aplinkos temperatūrai, nebus juntamas diskomfortas, nes PCM geba kaupti perteklinę šilumą ir ją atiduoti tada, kai kūnas vėsta.



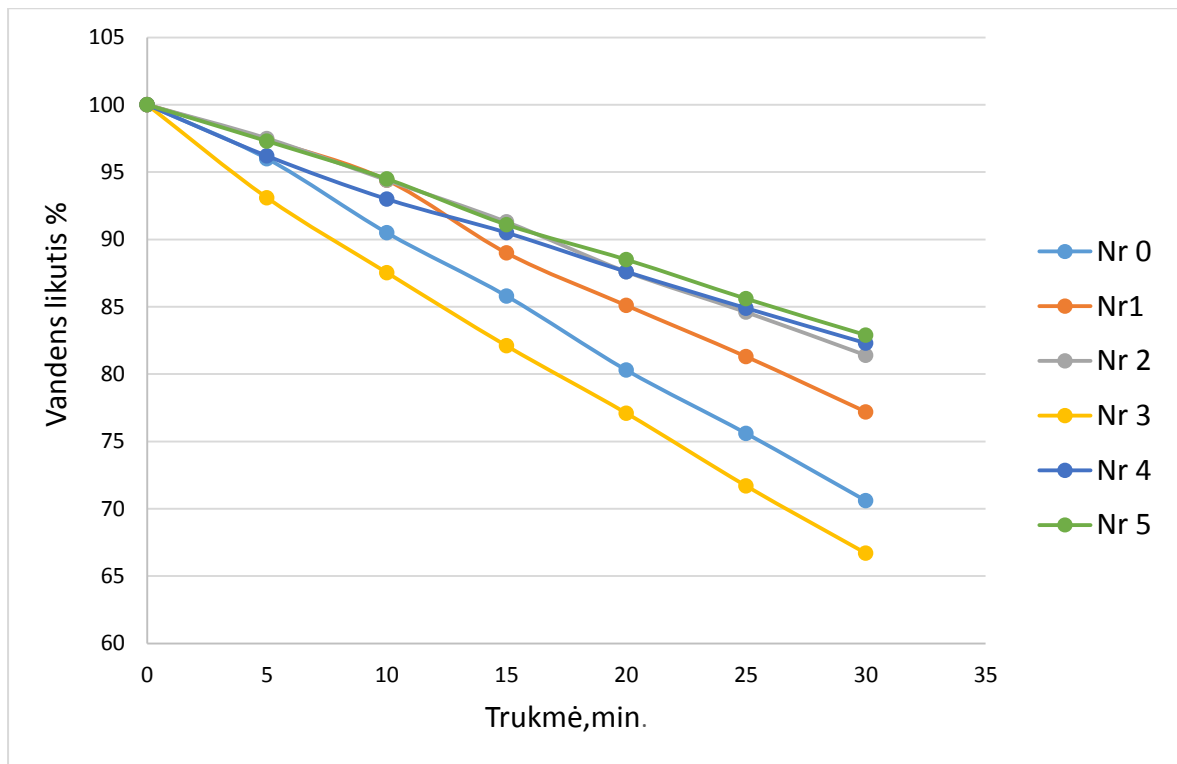
41 pav. Temperatūros priklausomybė nuo kaitinimo trukmės.

Kaip matyti iš 41 paveikslo, kaitinimo procesą galima aprašyti logaritminėmis lygtimis (gauti dideli apibrėžties koeficientai ($R^2 = 0.945 \div 0.9712$)). Vienodos struktūros megztnių medžiagų temperatūros kitimą laike įtakoja šių medžiagų apdailoje panaudotos vėsimo pojūti suteikiantys priedai. Mikučionienė ir Milašienė [56] nustatė, kad net ir nedideli megztnių medžiagų struktūriniai skirtumai stipriai įtakoja kaitinimo dinamiką, lyginant su mezginiuose panaudotų funkcinių pluoštų įtaka.

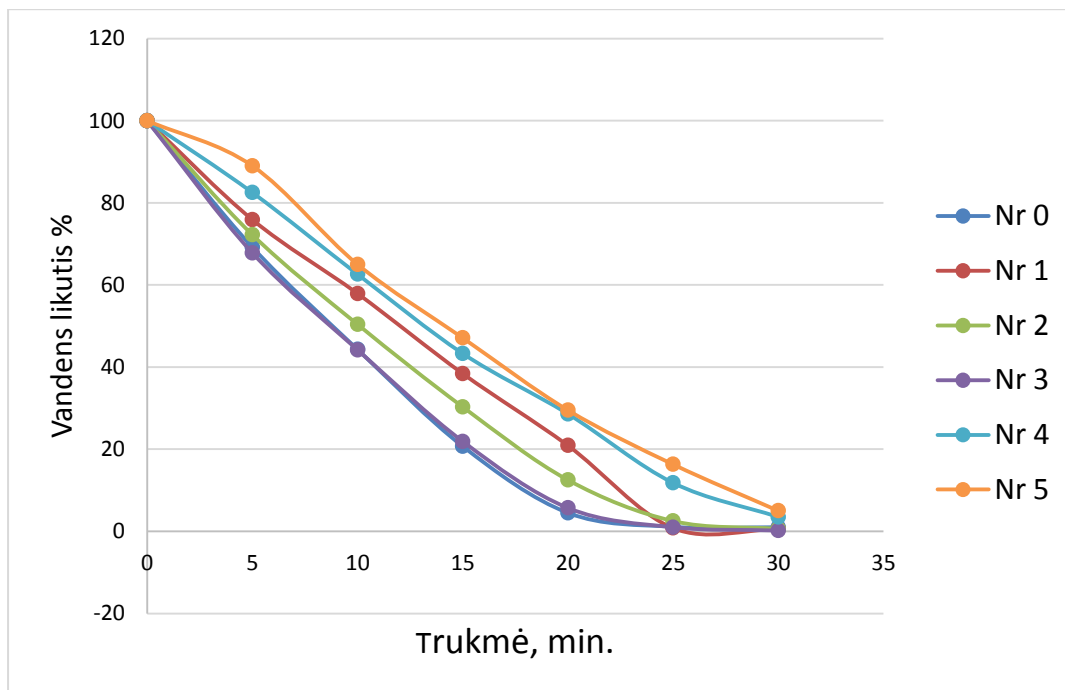
3.3.4 Skysčių išgarinimo gebos tyrimas

Atlikus literatūros analizę nustatyta, kad vėsimo pojūtis glaudžiai yra susijęs su medžiagos gebėjimu išgarinti arba sulaikyti skysčius [26].

Naudojantis 2.2.5 poskyryje aprašytu metodu buvo nustatytas vandens likučio koeficientas megztnėse medžiagose. Tyrimai buvo atlikti esant dviem skirtingoms aplinkos sąlygoms: pirmasis kondicinėse sąlygose ant bandinių užlašinus vieną lašą (1g.) vandens, antruoju atveju tokie pat bandiniai su vienu lašu vandens patalpinti ant prietaiso naudojamo medžiagų šiluminei ir garinei varžai nuostoviosomis sąlygomis nustatyti, M259B *Sweating Guarded Hot Plate*, kurio pagrindinę dalį sudaro žmogaus odą imituojanti 3 mm storio akyta, metalinė plokštė (plotas – 0,04 m²), šildoma iki žmogaus kūno temperatūros (35 °C).



42 pav. Vandens likutis kondicinėse sąlygose



43 pav. Vandens likutis, kai bandiniai laikyti ant 35 °C plokštės

Abiem atvejais (žr. 42 ir 43 pav.), tiek atliekant bandymą kondicinėse sąlygose, tiek laikant bandinius ant 35 °C plokštės, didesniu skysčio išgarinimu pasižymėjo tiriamieji bandiniai Nr. 3 (megztinė medžiaga su funkciniu polimeru) ir Nr. 0 (kontrolinė megztinė medžiaga).

Atliekant bandymus kondicinėse sąlygose, bandiniai Nr. 3 ir Nr. 0, per tą patį laiką, išgarino apie 20% drėgmės, nei bandiniai Nr. 4 ir Nr. 5 (su papildomai įvestomis PCM medžiagomis). Kai bandiniai buvo laikyti ant 35 °C plokštės, imituojančios žmogaus kūno temperatūrą, bandiniai Nr. 3 ir Nr. 0 džiūvo apie 10 % greičiau, nei bandiniai Nr. 4 ir Nr. 5. Atlikti tyrimai parodė, kad megztinės medžiagos su papildomai įvestomis PCM medžiagomis (bandiniai Nr. 4 ir Nr. 5) geba greičiau transportuoti drėgmę. Drėgmė nesikaupia odos paviršiuje, o susigeria į megztinę medžiagą pasiskirsto joje ir palaipsniui yra išgarinama.

Kaip teigė HES ir DE ARAUJO [26] – didžiausias vėsinimo efektas jaučiamas tik toje vietoje, kur šlapias audinys tiesiogiai kontaktuoja su oda. Megztinės medžiagos su papildomai įvestomis PCM medžiagomis lėčiau džiūdamos užtikrina geresnį vėsinimo efektą.

3.4 Tyrimo rezultatų apibendrinimas

Apdailos procese (įmirkymo būdu) pasitelkus ksilitolio junginius bei PCM mikrokapsules buvo pagerintos megztinių medžiagų vėsinačios savybės.

Tirant megztinių medžiagų termoreguliacines savybes, nustatyta laidumo orui priklausomybė nuo paviršinio tankio, gautas apibrėžties koeficientas $R^2 = 0,8248$ įrodo, kad duomenys statistiškai patikimi. Kadangi visų megztinių medžiagų struktūra ir pluoštinė sudėtis tokia pati, laidumo orui sumažėjimui įtakos turėjo apdailoje panaudotos cheminės medžiagos ir apdailos procesas. Nustatytas laidumo orui sumažėjimas mažesnis nei 20 % ir mažesnis nei nustatyta vidutinė kvadratinė nuokrypa, vadinasi laidumo orui savybės pablogėjo nežymiai.

Apibendrinant gautus rezultatus nustatyta, kad vėsinančių medžiagų panaudojimas turėjo įtakos drėgmės transportavimo savybių pagerėjimui. Geriausios drėgmės transportavimo savybės buvo gautos įterpus papildomai PCM mikrokapsules. Tokia pati tendencija pastebėta ir įvertinus medžiagų šilumines savybes, t.y. šiluminės varžos vertės gautos mažesnės, kai apdailoje buvo naudojami ksilitolio dariniai bei papildomai įterpiamos PCM.

Vėsinančių medžiagų integravimas leido efektyviai sumažinti imitacinę kūno temperatūrą nuo 1,5 iki 1,7°C. Labiausiai vienodos struktūros megztinių medžiagų temperatūros kitimą laike įtakėjo šių medžiagų apdailoje panaudotos vėsimo pojūtį suteikiantys priedai kartu su PCM.

IŠVADOS

1. Išvystytos aktyviam sportui skirtos vėsinaimosiomis savybėmis pasižyminčios penkios megztinės medžiagos, kurių storis kito priklausomai nuo medžiagų panaudotų apdailos procese. Ištyrus laidumo orui priklausomybę nuo paviršinio tankio ($R^2 = 0,8248$), nustatyta, kad vienodos pluoštinės sudėties ir struktūros poliesterinių megztinių medžiagų paviršinis tankis padidėjo dėl medžiagų apdailos. Padidėjus paviršiniam tankiui 0,4 – 14,3 %, laidumas orui sumažėjo 9,5 – 18,1 %.
2. Drėgmės transportavimo tyrimas parodė, kad geriausiomis drėgmės transportavimo savybėmis pasižymėjo tirtas bandinys Nr. 5 (su ksilitoliu/eritritoliu ir papildomai įvestomis parafinu įkapsuliuotomis PCM), jo savybės buvo 41,3 % geresnės, nei kontrolinio bandinio Nr. 0. Bandinio Nr. 4 (su funkciniu polimeriniu ir papildomai įvestomis parafinu įkapsuliuotomis PCM medžiagomis) drėgmės transportavimo savybės tai pat buvo geros, jo drėgmės transportavimo savybės buvo geresnės 25 % nei bandinio Nr. 0.
3. Nustatyta, kad ksilitolio/eritritolio vandeniniu tirpalu ir ksilitoliu įkapsuliuotomis PCM įmirkytų megztinių medžiagų Nr. 1 ir Nr. 2 šiluminės varžos vertės, lyginant su neapdorota medžiaga sumažėjo atitinkamai 28 % ir 14 %. Tuo tarpu, papildomai įvedus parafinu įkapsuliuotas PCM mikrokapsules šiluminės varžos vertės sumažėjo 31 %. Papildomas PCM kapsulių integravimas pagerino megztinių medžiagų su ksilitolio junginiais vėsavimo efektą 5 % (medžiaga Nr. 5 lyginant su medžiaga Nr. 1) ir 20 % (medžiaga Nr. 4 lyginant su medžiaga Nr. 3).
4. Ištyrus medžiagų gebą vėsinti, nustatyta, kad medžiagos su ksilitoliu/eritritoliu ir medžiagos ksilitliu įkapsuliuotos pradžioje geba sumažinti temperatūrą 0,7°C ir 0,8 °C atitinkamai; papildomas parafinu įkapsuliuotų PCM mikrokapsulių integravimas sumažina temperatūrą dar daugiau: 0,9°C ir 1,1 °C. Dar didesnis temperatūrų skirtumas tarp pradinės medžiagos ir tarp įvairiai apdorotų medžiagų nustatytas po 10 min dėvėjimo imitavimo, t.y. medžiagos su ksilitolio danga ir ksilitlio mikrokapsulėmis sumažino temperatūrą 1,5°C; papildomas PCM mikrokapsulių integravimas sumažina temperatūrą 1,7-1,8°C.
5. Analizuojant šilumos kaupimo/atidavimo tyrimų rezultatus nustatyta, kad medžiagos su ksilitoliu ir PCM mikrokapsulėmis Nr. 4 ir Nr. 5 vėso greičiau, pašalinus šilumos šaltinį po 120 s. jie vėso 14,3 % ir 18,4 % greičiau nei kontrolinis bandinys. Atitinkamai bandiniai Nr. 4 ir Nr. 5 vėso 12,2 % ir 10,2 % greičiau nei kontrolinis bandinys Nr. 0. Nors jie vėso lėčiau nei bandiniai Nr. 1 ir Nr. 2, tačiau pasižymėjo geresnėmis

termoreguliacinėmis savybėmis, nes jų šilumos kaupimo/ atidavimo procesas vyko tolygiau.

6. Remiantis LST CEN/TR 16422 standartu nustatyta, kad vėsiamosiomis savybėmis pasižyminčios megztinės medžiagos pagal bendrojo drėgmės transportavimo indekso vertes atitinka B (gerą) klasifikacinį veiksmingumo lygį, o pagal šiluminės varžos vertes yra tinkamos dėvėti prie kūno esant šiltam klimatui. Įvertinus džiūvimo ir drėgmės transportavimo savybes, galima prognozuoti, kad megztinės medžiagos su ksilitoliu ir papildomai įvestomis parafinu įkapsuliuotomis PCM geba greičiau transportuoti drėgmę, drėgmė nesikaupia odos paviršiuje, o susigeria į megztinę medžiagą ir pasiskirsto joje.

LITERATŪROS ŠALTINIŲ SĄRAŠAS

1. ÖZDİL, Nilgün; ANAND, Subhash. Recent developments in textile materials and products used for activewear and sportswear. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, [interaktyvus] 2014, 8.3: 68-83. [žiūrėta 2016-12-19] e-ISSN:1309-3991 Prieiga per: <https://scholar.google.lt/>
2. UTTAM, Devanand. Active sportswear fabrics. *International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences Research* [interaktyvus], 2013, 2.1: 34-40. ISSN: 2319-4413 [žiūrėta 2016-12-17] Prieiga per: <https://scholar.google.lt/>
3. MAŽONIENĖ, Edita ir Joana BENDORAITIENĖ. Pluoštai: mokomoji knyga / Kauno technologijos universitetas. Cheminės technologijos fakultetas. Vilnius : Vilniaus pedagoginio universiteto leidykla, 2008. 114 p. : iliustr. ISBN: 9789955203148. UDK: 677.1/.5 (075.8)
4. Medvinės savybės ir priežiūra. [interaktyvus] [žiūrėta 2017-01-05] Prieiga per: http://www.esat.lt/guru.php?lt=medvilnes_savybes_ir_prieziura
5. THERMOWAVE | Drabužiai moterims, vyrams, vaikams [interaktyvus] [žiūrėta 2017-02-03] Prieiga per: <http://www.thermowave.lt/kas-yra-thermowave/>
6. CoolmaxPage [interaktyvus] [žiūrėta 2017-02-06] Prieiga per: www.cloverbrook.com/CoolmaxPage.htm
7. Thermolite [interaktyvus] [žiūrėta 2017-02-06] Prieiga per: <https://thermolite.com/en>
8. Coolplus Fiber – Masood Textile Mills [interaktyvus] [žiūrėta 2017-02-06] Prieiga per: http://www.masoodtextile.com/Farhan_RD/Coolplus%20Fiber.php
9. STRAZDIENĖ, Eugenija. Inovatyvių tekstilės medžiagų kūrimo ir gamybos prielaidų pasaulinė patirtis. TAIP – tekstilės ir aprangos inovacijų plėtrai VP1-3.1-ŠMM-05-K-02-005 Mokslo tyrimų krypčių optimizavimas inovatyvių medžiagų ir gaminių iš jų kūrimo srityje Tyrimo 1 dalis Kaunas, 2014 1-34
10. MONDAL, Subrata. Phase change materials for smart textiles–An overview. *Applied Thermal Engineering*, [interaktyvus] 2008, 28.11: 1536-1550. [žiūrėta 2016-12-02] Prieiga per: <https://scholar.google.lt/>
11. KEYAN, Karthik, et al. Microencapsulation of PCMs in textiles: a review. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, [interaktyvus] 2012, 7.3. [žiūrėta 2016-09-06] Prieiga per: Doi:10.1016/j.applthermaleng.2007.08.009
12. SINGH, Mukesh Kumar; VARUN, V. K.; BEHERA, B. K. Cosmetotextiles: state of art. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, [interaktyvus] 2011, 19.4: 27-33. [žiūrėta 2017-02-03] Prieiga per: <https://scholar.google.lt/>

13. KIM, Myung Whan. *Method for preparing woven fabric excellent in deodorizing and cooling effects*[interaktyvus]. U.S. Patent Application No 13/523,531, 2012. US20130337182 A1 [žiūrėta 2017-03-02] Prieiga per: <https://scholar.google.lt/>
14. RAJA, D., et al. Comparison of different methods to measure the transverse wicking behaviour of fabrics. *Journal of Industrial Textiles* [interaktyvus]. 2014, 43.3: 366-382. [žiūrėta 2016-12-03] Prieiga per: <https://scholar.google.lt/>
15. DAS, Brojeswari, et al. Effect of fibre diameter and cross-sectional shape on moisture transmission through fabrics. *Fibers and Polymers*, [interaktyvus] 2008, 9.2: 225-231. [žiūrėta 2016-10-05] Prieiga per: <https://scholar.google.lt/>
16. ONOFREI, Elena; ROCHA, Ana Maria; CATARINO, André. The influence of knitted fabrics' structure on the thermal and moisture management properties. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, [interaktyvus] 2011, 6.4: 10-22. [žiūrėta 2016-12-07] Prieiga per: <https://scholar.google.lt/>
17. HUSSAIN, Tanveer; NAZIR, Ahsan; MASOOD, Rashid. Liquid Moisture Management in Knitted Textiles–A Review. In: *Conference Proceedings Page*. [interaktyvus] 2015. p. 26. [žiūrėta 2016-11-05] Prieiga per: DOI: 10.13140/RG.2.1.1898.0966
18. SENTHILKUMAR, Mani; SAMPATH, M. B.; RAMACHANDRAN, T. Moisture Management in an Active Sportswear: Techniques and Evaluation---A Review Article. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series E*, [interaktyvus] 2013, 1: 17. [žiūrėta 2017-01-08] Prieiga per: DOI 10.1007/s40034-013-0013-x
19. OĞLAKCIOĞLU, Nida; MARMARALI, Arzu. Thermal comfort properties of some knitted structures. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, [interaktyvus] 2007, 15.5-6: 64-65. [žiūrėta 2017-01-26] Prieiga per: <https://scholar.google.lt/>
20. RAJA, D., et al. Measuring in-plane liquid spread in fabric using an embedded image processing technique. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. [interaktyvus] 2012, 93(4), 72-76. [žiūrėta 2016-10-12] ISSN 1230-3666. Prieiga per: <https://scholar.google.lt/>
21. DAS, Brojeswari, et al. Moisture transmission through textiles. *Part I: processes involved in moisture transmission and the factors at play*, *AUTEX Research Journal* [interaktyvus], 2007,2.7 [žiūrėta 2016-12-04] Prieiga per internetą: <https://scholar.google.lt/>
22. FANGUEIRO, Raúl, et al. Wicking behavior and drying capability of functional knitted fabrics. *Textile Research Journal* [interaktyvus] 2010, 80.15: 1522-1530. [žiūrėta 2016-12-17] Prieiga per internetą: <https://scholar.google.lt/>
23. SARICAM, C., and F. KALAOGLU. Investigation of the wicking and drying behaviour

- of polyester woven fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. [interaktyvus] 2014, 105(3), 73-78. [žiūrėta 2017-02-24] ISSN 1230-3666. Prieiga per: <https://scholar.google.lt/>
24. SAMPATH, M. B.; MANI, Senthilkumar; NALANKILLI, G. Effect of filament fineness on comfort characteristics of moisture management finished polyester knitted fabrics. *Journal of Industrial Textiles*, [interaktyvus] 2011, 41.2: 160-173. [žiūrėta 2017-03-04] Prieiga per: DOI: 10.1177/1528083711400774
 25. BOGUSŁAWSKA-BĄCZEK, Monika; HES, Lubos. Effective water vapour permeability of wet wool fabric and blended fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, [interaktyvus] 2013. [žiūrėta 2017-03-06] Prieiga per: <https://scholar.google.lt/>
 26. HES, Lubos; DE ARAUJO, Mario. Simulation of the effect of air gaps between the skin and a wet fabric on resulting cooling flow. *Textile Research Journal*, [interaktyvus] 2010. [žiūrėta 2016-11-01] Prieiga per: DOI:10.1177/0040517510361797
 27. BHATTACHARYA, S. S.; AJMERI, J. R. Factors affecting air permeability of viscose & excel single jersey fabric. *International Journal of Engineering Research and Development*, [interaktyvus] 2013, 5: 48-54. [žiūrėta 2016-12-02] ISSN 1230-3666. Prieiga per: <https://scholar.google.lt/>
 28. ZHU, G., KREMENAKOVA, D., WANG, Y., MILITKY, J., and R. MISHRA. Study on air permeability and thermal resistance of textiles under heat convection. *Textile Research Journal*. [interaktyvus] 2015, 85(16), 1681-1690. [žiūrėta 2017-03-02] ISSN 0040-5175. Prieiga per: <https://scholar.google.lt/>
 29. FATAHI, I., and A. A. YAZDI. Predicting air permeability from the parameters of weave structure. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. [interaktyvus] 2012, 92(3), 78-81. [žiūrėta 2016-10-15] ISSN 1230-3666. Prieiga per: <https://scholar.google.lt/>
 30. PAC, Marie José, et al. Warm-cool feeling relative to tribological properties of fabrics. *Textile Research Journal*, [interaktyvus] 2001, 71.9: 806-812. [žiūrėta 2016-11-15] Prieiga per: <https://scholar.google.lt/>
 31. GUPTA, Deepti; KOTHARI, Vijay Kumar; JHANJI, Yamini. Heat and moisture transport in single jersey plated fabrics. [interaktyvus] 2014. [žiūrėta 2017-02-11] Prieiga per: <https://scholar.google.lt/>
 32. WEI, Ju, et al. Simplified Model for Predicting Fabric Thermal Resistance According to its Microstructural Parameters. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, [interaktyvus] 2015. [žiūrėta 2016-10-24] Prieiga per: <https://scholar.google.lt/>
 33. MATUSIAK, Małgorzata; SYBILSKA, Wioletta. Thermal resistance of fabrics vs. thermal insulation of clothing made of the fabrics. *The Journal of The Textile Institute*,

- [interaktyvus] 2016, 107.7: 842-848. [žiūrėta 2017-02-11] Prieiga per: <https://doi.org/10.1080/00405000.2015.1061789>
34. GUNESOGLU, Sinem; MERIC, Binnaz; GUNESOGLU, Cem. Thermal contact properties of 2-yarn fleece knitted fabrics. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, [interaktyvus] 2005, 13.2: 46. [žiūrėta 2017-01-11] Prieiga per: <https://scholar.google.lt/>
35. How it Works – C – Therm – Thermal Conductivity Instruments [interaktyvus] [žiūrėta 2017-02-07] Prieiga per: http://ctherm.com/products/tci_thermal_conductivity/how_the_tci_works
36. SHISHOO, Roshan (ed.). *Textiles for sportswear* [interaktyvus]. Elsevier, 2015 [žiūrėta 2017-04-23]. ISBN 978-1-78242-236-5 Prieiga per: <https://scholar.google.lt/>
37. BIVAINYTĖ, A., and D. MIKUČIONIENĖ. Investigation on the air and water vapour permeability of double layered weft knitted fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, [interaktyvus] 2011a, 86(3), 69-73. [žiūrėta 2017-01-02] ISSN 1230-3666 Prieiga per: <https://scholar.google.lt/>
38. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. LST CEN/TR 16422. *Termoreguliacinių savybių klasifikavimas = European committee for standardization. Classification of thermoregulatory properties: tarptautinis standartas LST CEN/TR 16422*. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2013.
39. TVARJONAVIČIENĖ, Beta. *Mezginių sandara ir analizė: mokomoji knyga / Kauno technologijos universitetas. Tekstilės technologijos katedra. Kaunas: Technologija, 2011. (81 p.) : iliustr. ISBN: 9786090200735 ; DOI: 10.5755/e01_9786090200735. UDK: 677.025 (075.8)*
40. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. LST EN ISO 12127:1999. *Tekstilė. Tekstilės medžiagos. Paviršinio tankio nustatymas naudojant mažus bandinius = Textiles-Fabrics-Determination of mass per unit using small samples: tarptautinis standartas LST EN ISO 12127:1997 turi Lietuvos standarto statusą*. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 1999.
41. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. ISO 9237:1997. *Tekstilės medžiagos. Medžiagų laidumo orui nustatymas = Textiles-Determination of permeability of fabrics to air: tarptautinis standartas EN ISO 9237:19959(D) turi Lietuvos standarto statusą*. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 1997.
42. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. LST EN ISO 11092:2015. *Tekstilė. Fiziologiniai poveikiai. Šiluminės ir garinės varžos matavimas nuostoviosiomis sąlygomis (bandymas naudojant drėgmę išlaikančią karštą plokštelę) = Textiles-Physiological effects-Measurement of thermal and water-vapour resistance under steady-*

- state conditions (sweating guarded-hotplate test): tarptautinis standartas ISO 11092:2014 turi Lietuvos standarto statusą.* Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2014.
43. AATCC Test Method 195-2012. Liquid Moisture Management Properties of Textile Fabrics. NC: American Association of Textile Chemists and Colorists, Research Triangle Park, 2014.
 44. BALTUŠNIKAITĖ, J. et al. Investigation of Moisture Transport Properties of Knitted Materials Intended for Warm Underwear. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe* [interaktyvus]. 2014, 22, 4(106), 93-100 [žiūrėta 2016-12-17]. ISSN 1230-3666. Prieiga per: BazTech.
 45. WANG, Faming; ZHOU, Xiaohong; WANG, Shanyuan. Development processes and property measurements of moisture absorption and quick dry fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, [interaktyvus] 2009, 2: 46-49. [žiūrėta 2017-01-11] Prieiga per: <https://scholar.google.lt/>
 46. MILAŠIUS, Rimvydas. Tekstilės eksperimento teorija ir praktika: mokomoji knyga / Kauno technologijos universitetas. Tekstilės technologijos katedra. Kaunas: Technologija, 2010. 46 p. ISBN: 9789955258995
 47. Ksavera Blog [interaktyvus] [žiūrėta 2017-04-06] Prieiga per: <https://ksavera.wordpress.com/2009/12/09/determinacijos-koeficientas/>
 48. SALAÜN, F., et al. Influence of the washings on the thermal properties of polyurea-urethane microcapsules containing xylitol to provide a cooling effect. *Materials letters*, [interaktyvus] 2011, 65.2: 381-384. [žiūrėta 2017-05-02] Prieiga per: Doi.org/10.1016/j.matlet.2010.10.04
 49. SÁNCHEZ, Paula, et al. Development of thermo-regulating textiles using paraffin wax microcapsules. *Thermochimica Acta*, [interaktyvus] 2010, 498.1: 16-21. [žiūrėta 2017-05-02] Prieiga per: doi.org/10.1016/j.tca.2009.09.005
 50. ERKAN, Gökhan. Enhancing the thermal properties of textiles with phase change materials. *Research Journal of Textile and Apparel*, [interaktyvus] 2004, 8.2: 57-64. [žiūrėta 2017-04-25] Prieiga per: <https://scholar.google.lt/>
 51. MATTILA, Heikki (ed.). *Intelligent textiles and clothing*. Woodhead Publishing, 2006. ISBN-13: 978-1-84569-005-2
 52. SHIN, Younsook; YOO, Dong-II; SON, Kyunghee. Development of thermoregulating textile materials with microencapsulated phase change materials (PCM). IV. Performance properties and hand of fabrics treated with PCM microcapsules. *Journal of*

- Applied Polymer Science*, [interaktyvus] 2005, 97.3: 910-915. DOI 10.1002/app.21846
[žiūrėta 2017-01-11] Prieiga per: <https://scholar.google.lt/>
53. PRAKASH, C., G. RAMAKRISHNAN and C. V. KOUSHIK. Effect of blend proportion on moisture management characteristics of bamboo/cotton knitted fabrics. *The Journal of The Textile Institute*. Taylor & Francis, [interaktyvus] 2013, 104 (12), 1320-1326 [žiūrėta 2017-04-20]. Prieiga per: DOI: 10.1080/00405000.2013.800378
54. BRAZAITIS, Marius, et al. The effect of two kinds of T-shirts on physiological and psychological thermal responses during exercise and recovery. *Applied ergonomics*, [interaktyvus] 2010, 42.1: 46-51. [žiūrėta 2017-05-24]. Prieiga per: DOI: 10.1016/j.apergo.2010.04.001
55. MOKHTARI YAZDI, Motahareh; SHEIKHZADEH, Mohammad. Personal cooling garments: a review. *The Journal of The Textile Institute*, [interaktyvus] 2014, 105.12: 1231-1250 [žiūrėta 2017-04-24]. Prieiga per: doi.org/10.1080/00405000.2014.895088
56. MIKUČIONIENĖ, Daiva; MILAŠIENĖ, Daiva. The Influence of Knitting Structure on Heating and Cooling Dynamic. *Materials Science*, [interaktyvus] 2013, 19.2: 174-177. [žiūrėta 2017-05-20]. Prieiga per: doi.org/10.5755/j01.ms.19.2.4434