



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

**Siūlinių ir klijuotinių junginių įtaka megztinių medžiagų eksploatacinėms
savybėms**

Baigiamasis magistro projektas

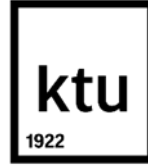
Giedrė Vadeikė

Projekto autorė

Prof. dr. Virginija Daukantiene

Vadovė

Kaunas, 2019



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

**Siūlinių ir klijuotinių junginių įtaka megztinių medžiagų eksploatacinėms
savybėms**

Baigiamasis magistro projektas
Aprangos mados inžinerija (Kodas 6211FX005)

Giedrė Vadeikė

Projekto autorė

Prof. Dr. Virginija Daukantienė

Vadovė

Doc. Dr. Kristina Ancutienė

Recenzentė

Kaunas, 2019



Kauno technologijos universitetas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Giedrė Vadeikė

**SIŪLINIŲ IR KLIJUOTINIŲ JUNGINIŲ ĮTAKA MEGZTINIŲ MEDŽIAGŲ
EKSPLOATACINĖMS SAVYBĖMS**

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Giedrės Vadeikės, baigiamasis magistro projektas tema „Siūlinių ir klijuotinių junginių įtaka megztinių medžiagų eksploatacinėms savybėms“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardas ir pavardė)

(parašas)



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

Studijų programa: 6211FX005 Aprangos mados inžinerija

MAGISTRO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Studentei

Giedrei Vadeikei

(Vardas, Pavardė)

1. Baigiamojo Projekto tema –

Siūlinių ir klijuotinių junginių įtakos megztinių medžiagų eksploatacinėms savybėms tyrimas

(Lietuvių kalba)

Investigation of the influence of sewn seams and adhesive bonds on the exploitation properties of knitted fabrics

(Anglų kalba)

2. Darbo tikslas ir uždaviniai –

Tikslas – įvertinti siūlinių ir klijuotinių junginių įtaką poliesterio mikropluoštų ir elastano pluoštų megztinių medžiagų eksploatacinėms savybėms.

Tiksliui pasiekti sprendžiami **uždaviniai**:

- Ištirti poliesterio mikropluoštų megztinių medžiagų, kurių sudėtyje yra skirtingas elastano pluoštų kiekis, oro laidumą, taikant standartinį ir originalų šios savybės tyrimo metodus, ir deformacines savybes.

- Įvertinti megztnių medžiagų junginių įtaką jų laidumo orui savybei.
- Įvertinti megztnių medžiagų junginių įtaką jų deformacinėms savybėms, taikant KTU-Griff-Tester įrenginį.

3. Pradiniai baigiamojo projekto duomenys –

Atlikta literatūros šaltinių analizė, apžvelgiant ne mažiau 30 šaltinių. Tyrimo objektas – 8 megztnės medžiagos. Junginių sudarymui taikytos dvi technologijos: klijavimo ir siuvimo (607) ir (512) dygsniais. Iširtas megztnių medžiagų ir jų junginių laidumas orui taikant standartinį ir originalų metodą. Išanalizuotos megztnių medžiagų ir jų junginių deformacinės savybės, taikant KTU-Griff-Tester.

4. Pagrindiniai reikalavimai ir sąlygos –

Darbas turi būti originalus, mokslinis tiriamasis, tenkinantis magistro baigiamiesiems projektams keliamus reikalavimus bei apiformintas pagal akademinų rašto darbų metodinius nurodymus.

Studentas	Giedrė Vadeikė		
	<i>(Vardas, Pavardė)</i>	<i>(Parašas)</i>	<i>(Data)</i>
Baigiamojo projekto vadovas	Virginija Daukantiėnė		
	<i>(Vardas, Pavardė)</i>	<i>(Parašas)</i>	<i>(Data)</i>
Krypties studijų programos vadovas	Jurgita Domskienė		
	<i>(Vardas, Pavardė)</i>	<i>(Parašas)</i>	<i>(Data)</i>

Vadeikė, Giedrė. Siūlinių ir klijuotinių junginių įtaka megztinių medžiagų eksploatacinėms savybėms. Magistro baigiamasis projektas / vadovė prof. dr. Virginija Daukantienė; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Technologijos mokslai, polimerų ir tekstilės technologijos.

Reikšminiai žodžiai: megztinės medžiagos, poliesteris, elastanas, komfortiškumas, laidumas orui, deformacijos anizotropija, siūlinis junginys, klijuotinis junginys.

Kaunas, 2019. 41 p.

SANTRAUKA

Megztinės medžiagos iš poliesterio ir elastano pluoštų plačiai taikomos aprangos pramonėje, ypač laisvalaikio ir sporto aprangos gamyboje. Viena iš svarbiausių eksploatacinių savybių tokiems gaminiams – aprangos komfortiškumas. Gaminio komfortiškumui svarbus laidumas orui ir medžiagų deformacinės savybės, kurios priklauso ne tik nuo medžiagų struktūros, bet ir nuo jų junginių jose. Projekte buvo analizuojamos aštuonios komercinės paskirties megztinės medžiagos su skirtingu poliesterio ir elastano pluoštų santykiu. Laidumo orui ir deformacijos anizotropijos savybės buvo vertinamos medžiagoms be junginių, taip pat bandiniams, sujungtiems grandininių susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių (512) siūliniu junginiu; bandiniams, sujungtiems dengiamųjų grandininių dygsnių (607) siūliniu junginiu; bandiniams, sujungtiems klijuotiniu junginiu. Nustatyta megztinių medžiagų struktūros įtaka jų laidumo orui savybei ir skirtingų junginių tipų įtaka gaminio laidumui orui. Medžiagų akytumas, kaip vienas svarbiausių laidumo orui medžiagose faktorių, buvo įvertintas pagal naują charakteristiką – medžiagų storio pokytį, nustatytą storį matuojant veikiant skirtingiems slėgiams. Išanalizuota megztinių medžiagų struktūros įtaka jų deformacijos anizotropijai bei skirtingų junginių įtaka gaminio deformacinėms savybėms.

Tyrimo rezultatai parodė, jog junginiai daro neigiamą įtaką gaminio komfortiškumo savybėms, kurios buvo vertinamos pagal oro laidumo ir deformacijos anizotropijos savybių charakteristikas. Didžiausias šių savybių pokytis nuo medžiagų be junginių komfortiškumo savybių nustatytas klijuotinių junginių atveju, mažiausią įtaką aprangos komfortiškumo savybėms daro grandininių susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių (512) junginiai.

Svarbiausi magistro baigiamojo projekto rezultatai pristatyti dviejose tarptautinėse konferencijose (CYSENI 2018 ir „The 59th International Scientific Conference of Materials Science and Applied Chemistry’2018”) bei publikuoti moksliniuose straipsniuose tarptautinių konferencijų pranešimų medžiagoje ir užsienio moksliniame žurnale su citavimo indeksu.

Vadeike, Giedre. Influence of Sewn Seams and Adhesive Bonds on Exploitation of Properties of Knitted Fabrics. Master's thesis / supervisor assoc. prof. Virginija Daukantiene. The Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Technological Sciences, Polymer and Textile engineering.

Key words: knitted fabrics, polyester, elastane, comfort ability, air permeability, deformation anisotropy, sewn seam, adhesive bond.

Kaunas, 2019. 41 p.

SUMMARY

Knitted fabrics made of polyester and elastan blend are widely used in textile industry, especially for sportswear and leisure wear garments. One of the most important properties of garment's exploitation is its comfort ability. Comfort properties of textile garments depend tightly on air permeability and deformation properties of the fabrics, which depend not only on the structural parameters of the fabric, but on its assemblies, as well. In this research, eight commercially available knitted fabrics made of different percentage of polyester and elastan were investigated. Air permeability and deformation anisotropy were evaluated for fabrics without assemblies, also for their assemblies sewn with (512) overedge chain stitch seam; (607) covering chain stitch seam; and adhesive bonds. The influence of knitted fabrics structural parameters on air permeability was determined, as well as the influence of different types of sewn and bonded seams. Based on the determined results it was concluded that the thickness difference of the fabric specimens measured at different pressures is related to the fabric porosity which makes significant influence on air permeability. The influence of fabrics' structural parameters and the influence of different types of assemblies to deformation anisotropy were also determined.

The results proved, that any type of investigated assemblies has a negative influence on garments comfort properties. The highest difference was determined for adhesive bonds, while assemblies with (512) overedge chain stitch seam demonstrated the lowest decrease in garments comfort properties.

The most important results of Master's thesis were presented at two international conferences (*CYSENI 2018* and "*The 59th International Scientific Conference of Materials Science and Applied Chemistry'2018*") and published by international scientific journals with citation index.

TURINYS

LENTELIŲ SĄRAŠAS	9
PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS.....	10
ĮVADAS.....	12
1. LITERATŪROS APŽVALGA.....	10
1.1 Aprangos komfortiškumo sąvoka ir jam įtaką darantys veiksniai	10
1.2 Megztinių medžiagų ir gaminių iš jų laidumo orui tyrimų apžvalga	14
1.3 Megztinių medžiagų deformacijos anizotropijos tyrimų apžvalga.....	16
1.4 Literatūros apžvalgos apibendrinimas, projekto tikslas ir uždaviniai	17
2. TYRIMO OBJEKTAI IR METODIKOS	19
2.1 Tyrimo objektų parinkimas ir jų charakteristikų nustatymas	19
2.2 Aprangos junginių sudarymo technologija.....	20
2.3 Laidumo orui tyrimo metodika.....	21
2.4 Megztinių medžiagų ir jų junginių deformacijos anizotropijos tyrimo metodika	22
3. TYRIMO REZULTATAI IR JŲ APIBENDRINIMAS.....	25
3.1 Medžiagų struktūros įtaka jų laidumui orui.....	25
3.2 Siūlinių ir klijuotinių junginių įtaka megztinių medžiagų laidumui orui	27
3.3 Deformacijos anizotropijos tyrimo rezultatai ir aptarimas	29
3.3.1 Junginio tipo įtaka megztinių medžiagų deformacijos anizotropijai.....	29
3.3.2 Megztinių medžiagų struktūros įtaka medžiagų su junginiais deformacijos anizotropijai	37
IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS	42
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	43
PRIEDAI	46

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Medžiagų charakteristikos	19
2 lentelė. Bandinio storio pokytis po junginių sudarymo	28
P1 lentelė. Laidumo orui tyrimo pradiniai ir statistinio apdorojimo rezultatai	47
P2 lentelė. Megztinių medžiagų ir jų junginių deformacijos anizotropijos eksperimento tyrimo pradiniai ir statistinio apdorojimo rezultatai	58

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

2.1 pav. Medžiagos storio priklausomybė nuo skirtingo slėgio.....	20
2.2 pav. Laidomatis L 14DC.....	22
2.3 pav. „KTU-Griff-tester“ schema.....	23
2.4 pav. Bandinio geometrinės analizės 90° sektoriuje schema.....	24
3.1 pav. Laidumo orui priklausomybė nuo medžiagos storio.....	25
3.2 pav. Laidumo orui kitimo tendencija kintant medžiagos paviršiniam tankiui.....	26
3.3 pav. Laidumo orui kitimo tendencija kintant elastano kiekiui lygiojo skersinio pynimo medžiagose.....	26
3.4 pav. Junginių įtaka megztinių medžiagų laidumui orui.....	27
3.5 pav. Siūlinių ir klijuotinių junginių laidumo orui eksperimento schemas.....	28
3.6 pav. K1 megztinės medžiagos deformuotų bandinių spinduliai skirtingomis medžiagos kryptimis...30	
3.7 pav. K2 megztinės medžiagos deformuotų bandinių spinduliai skirtingomis medžiagos kryptimis...31	
3.8 pav. K3 megztinės medžiagos deformuotų bandinių spinduliai skirtingomis medžiagos kryptimis...32	
3.9 pav. K4 megztinės medžiagos deformuotų bandinių spinduliai skirtingomis medžiagos kryptimis...32	
3.10 pav. K5 megztinės medžiagos deformuotų bandinių spinduliai skirtingomis medžiagos kryptimis.....	33
3.11 pav. K6 megztinės medžiagos deformuotų bandinių spinduliai skirtingomis medžiagos kryptimis.....	34
3.12 pav. K7 megztinės medžiagos deformuotų bandinių spinduliai skirtingomis medžiagos kryptimis.....	35
3.13 pav. K8 megztinės medžiagos deformuotų bandinių spinduliai skirtingomis medžiagos kryptimis.....	35
3.14 pav. Bandinių be junginių spindulių santykinės ilginės deformacijos vertės medžiagų skirtingoms kryptims.....	37
3.15 pav. Bandinių su grandininių susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių (512) siūliniais junginiais spindulių santykinės ilginės deformacijos vertės medžiagų skirtingoms kryptims.....	39
3.16 pav. Bandinių su dengiamųjų grandininių dygsnių (607) siūliniais junginiais spindulių santykinės ilginės deformacijos vertės medžiagų skirtingoms kryptims.....	40

3.17 pav. Bandinių su klijuotinais junginiais spindulių santykinės ilginės deformacijos vertės medžiagų skirtingoms kryptims.....	41
P1 pav. K1 megztinės medžiagos bandinių vaizdai.....	50
P2 pav. K2 megztinės medžiagos bandinių vaizdai.....	51
P3 pav. K3 megztinės medžiagos bandinių vaizdai.....	52
P4 pav. K4 megztinės medžiagos bandinių vaizdai.....	53
P5 pav. K5 megztinės medžiagos bandinių vaizdai.....	54
P6 pav. K6 megztinės medžiagos bandinių vaizdai.....	55
P7 pav. K7 megztinės medžiagos bandinių vaizdai.....	56
P8 pav. K8 megztinės medžiagos bandinių vaizdai.....	57

IVADAS

Megztinės medžiagos iš poliesterio ir elastano pluoštų plačiai naudojamos aprangos pramonėje. Dažniausiai iš jų gaminama laisvalaikio ir sporto apranga, kuri turi pasižymėti geromis eksploatacinėmis, o ypač – komfortiškumo savybėmis, šiame darbe vertinamomis pagal laidumo orui ir deformacijos anizotropijos rezultatus. Vertinant gaminių komfortiškumą, svarbu įvertinti ne tik medžiagų komfortiškumo savybes, bet ir jų junginių įtaką gaminio komfortiškumui.

Analizuojant ankstesnius tyrimus buvo pastebėta, jog siūlinių ir klijuotinių junginių įtaka megztinių medžiagų laidumui orui ir deformacinėms savybėms nebuvo tyrinėta. Tačiau ji svarbi vertinant aprangos gaminių komfortiškumą.

Magistro baigiamojo projekto tikslas – įvertinti siūlinių ir klijuotinių junginių įtaką poliesterio ir elastano pluoštų megztinių medžiagų eksploatacinėms savybėms.

Tikslui pasiekti sprendžiami **uždaviniai**:

- Ištirti poliesterinių megztinių medžiagų, kurių sudėtyje yra skirtingas elastano pluoštų kiekis, laidumą orui, taikant standartinį ir originalų šios savybės tyrimo metodą.
- Įvertinti megztinių medžiagų junginių įtaką jų laidumo orui savybei.
- Įvertinti megztinių medžiagų junginių įtaką jų deformacinėms savybėms, taikant KTU-Griff-Tester įrenginį.

Tyrimo objektas: aštuonios komercinės paskirties megztinės medžiagos, kurių komfortiškumo savybės vertinamos be junginių, ir su skirtingų tipų junginiais: grandininių susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių (512) siūliniu junginiu, dengiamųjų grandininių dygsnių (607) siūliniu junginiu ir klijuotiniu junginiu.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

1.1 Aprangos komfortiškumo sąvoka ir jam įtaką darantys veiksniai

Viena svarbiausių laisvalaikio ir sporto aprangos eksploatacinių savybių yra jų komfortiškumas. Komforto sąvoka gali būti apibrėžiama kaip neutrali maloni būseną, diskomforto ir nemalonių pojūčių nebuvimas [1]. Aprangos komfortiškumas yra kompleksinis fenomenas, kurį apibūdinti galima keturiais esminiais žmogaus pojūčiais: termo-fiziologiniu komfortu, jutiminiu komfortu, ergonominiu komfortu ir psichologiniu komfortu. Termo-fiziologinis komfortas apima terminį reguliavimą ir drėgmės reguliavimą. Iš literatūros žinoma [1], kad termo-fiziologinėms aprangos savybėms esminę reikšmę turi medžiagos pluoštinė sudėtis, medžiagos struktūra ir apdaila. Termo-fiziologinės savybės aprangoje yra kiekybiškai vertinamos pagal laidumą drėgmei bei šilumai [2]. Jutiminis komfortas yra išreiškiamas savybėmis, vertinamomis mechaniniame tekstilės medžiagos ir žmogaus odos kontakte. Šios komfortiškumo savybės apibūdinamos medžiagos minkštumo, švelnumo pojūčiu; nemalonių pojūčių, tokių kaip šiurkštumas, niežėjimo sukėlimas, medžiagos lipnumas prie odos, nebuvimu. Ergonominis komfortiškumas apibūdina drabužio savybes pritaikyti prie žmogaus kūno statinėje ir dinaminėje būsenoje, žmogaus judesių nevaržymą. Šis aprangos komfortiškumo veiksnys yra itin reikšmingas sporto aprangai, taip pat laisvalaikio ir apatiniams drabužiams. Psichologinis aprangos komfortas apibūdina subjektyvų žmogaus pojūtį dėvint drabužius. Jis priklauso nuo mados tendencijų, asmeninių įsitikinimų, ideologijos ir kt., ir negali būti matuojamas ir vertinamas kiekybiškai.

Megztinės medžiagos yra plačiai naudojamos aprangos pramonėje dėl jų gerų komfortiškumo savybių: tamprumo, tūsumo, grifo, dėvėjimo patogumo visais metų laikais [3], taip pat dėl šiluminių savybių, neglamžumo, nesudėtingos priežiūros [4] ir kt. Megztinės medžiagos taip pat yra dažniausiai pasirenkamos gaminant sporto aprangą, kuriai keliamas esminis reikalavimas – gaminio komfortiškumas [5].

Megztinės medžiagos – tai tokios tekstilės medžiagos, kuriose bent viena siūlų sistema suformuoja kilpas, pernertas viena per kitą [6]. Pagal pynimus megztinės medžiagos skirstomos į skersinį ir metmeninį pynimus, kurie atitinkamai toliau skirstomi į lygųjų skersinį, lastikinį ir interlokinį pynimus bei trikotinį, gelumbinį, grandinėlės bei kitus pynimus [7]. Pynimo tipas yra vienas iš esminių veiksnių, darančių įtaką medžiagos termo-fiziologinėms ir ergonominėms komfortiškumo savybėms [1; 2].

Megztinės medžiagos dėl jų trimatės kilpų formos yra minkštesnės ir labiau akytos už kitas tekstilės medžiagų struktūras [8]. Megztinių medžiagų išorinis vaizdas ir eksploatacinės savybės priklauso nuo struktūros parametru. Medžiagos struktūros glaudumas daro tiesioginę įtaką medžiagos mechaninėms ir komfortiškumo savybėms, taip pat yra glaudžiai susijęs su medžiagos laidumu orui ir absorbcinėmis savybėmis. Siekiant pagerinti megztinių medžiagų komfortiškumo savybes, yra eksperimentuojama su medžiagos struktūros parametrais – siūlų sukriu, kilpos tūsumo ilgiu, kilpų eilučių ir stulpelių tankumu, medžiagos paviršiniu tankiu ir numegztos medžiagos apdorojimu skirtinga apdaila. Iš ankstesnių tyrinėjimų žinoma, kad audinių laidumui orui esminę įtaką daro žaliavos tipas ir siūlų struktūra, tačiau megztinių medžiagų atveju šie parametrai nedaro esminės įtakos jų laidumui orui [9]. Megztinių medžiagų laidumui orui didelę įtaką daro pluošto ilgis – mažesnis plaukelių ilgis sumažina oro srauto pasipriešinimą medžiagoje. Taip pat megztinių medžiagų laidumas orui neigiamai koreliuoja su pluošto

storiu. Medžiagų laidumui orui daro įtaką ir pluošto skerspjūvio forma. Kintant pluošto skerspjūvio formai iš apvalios į trikampę, laidumas orui mažėja dėl padidėjusio pluošto skerspjūvio perimetro [10]. Higroskopiški pluoštai gali keisti medžiagos laidumo orui savybę drėgnoje aplinkoje, nes dėl sugertos drėgmės pakinta pluošto storis [11]. Laidumui orui įtaką daro ir megztinių medžiagų siūlų sukris – jis yra tiesiogiai proporcingas laidumui orui.. Megztinių medžiagų laidumui orui neigiamą įtaką daro didesnis eilučių ir stulpelių tankumo koeficientas, mažesnis kilpos ilgis ir didesnis medžiagos paviršinis tankis [9].

Sporto ir laisvalaikio aprangos rinkoje didėja gaminių, pagamintų iš poliesterio mikropluošto, paklausa [20]. Mikropluoštu vadinamas pluoštas, plonesnis už 1 dtex [20]. Poliesterio mikropluoštas pasižymi geresnėmis fizinėmis, mechaninėmis ir komfortiškumo savybėmis už įprastą poliesterio pluoštą. Medžiagos, numegztos iš poliesterinių mikropluošto siūlų, yra minkštesnės, malonaus pojūčio, pasižymi geromis kritumo savybėmis [20], todėl yra plačiai taikomos sporto ir laisvalaikio aprangos gamyboje, taip pat apatinių drabužių bei vaikiškų drabužių gamyboje. Mikropluoštas yra lankstesnis ir tasesnis negu įprasto tankio pluoštas [20]. Todėl jo eksploatacinės savybės taip pat yra geresnės. Poliesterio mikropluošto medžiagos pasižymi ir geromis termo-fiziologinėmis komfortiškumo savybėmis – jos gerai išgarina drėgmę, yra laidžios orui.

Megztinės medžiagos, kurių sudėtyje yra elastano pluošto, pasižymi dar geresnėmis komfortiškumo savybėmis [3]. Medžiagos su tampriu elastano pluoštu gerai priglunda prie žmogaus kūno, mažina raumenų įtempimą, lėtina megztinių medžiagų nuovargio procesus, kt. [3].

1.2 Megztinių medžiagų ir gaminių iš jų laidumo orui tyrimų apžvalga

Intensyvios veiklos metu žmogaus kūno išskiriama šiluma ir prakaitas turi būti pašalinami per drabužio sluoksnius į aplinką [5]. Esminis veiksnys, garantuojantis šias savybes, yra megztinių medžiagų akytumas [7]. Megztinių medžiagų akytumas gali būti vertinamas remiantis laidumo orui nustatymo, geometrinio modeliavimo ir vaizdų analizės rezultatais [2].

Laidumas orui yra labai svarbus medžiagoms, iš kurių gaminami drabužiai, nes jis turi įtakos drabužių šiluminėms savybėms, apsaugai nuo vėjo, „kvėpavimui“ [12], laidumui garams ir vandeniui. Medžiagos laidumas orui priklauso nuo įvairių veiksnių. Skirtingų veiksnių įtaka gali būti įvertinta, taikant įvairius teorinius ir eksperimentinius tyrimo metodus. Unal ir kiti [9] lygiojo skersinio pynimo medžiagų laidumui orui vertinti taikė regresijos ir dirbtinių neurotinklų metodą, ir nustatė, kad laidumas orui priklauso nuo pluošto ilgio, siūlų sukrio, medžiagos siūlų tankumo koeficiento [9]. Elsayed A Elnashar analizavo megztinių medžiagų akytumą ir laidumą orui ir nustatė koreliaciją tarp medžiagos struktūros ir laidumo orui [5]. D’Arcy metodai buvo taikyti priklausomybei tarp megztinių medžiagų laidumo orui ir jų akučių dydžio, paviršinio tankio ir siūlų ilginio tankio nustatymui [4]. Prakash Chidambaram ištyrė lygiojo skersinio pynimo megztinių medžiagų šiluminės savybes ir nustatė, kad laidumas orui priklauso nuo siūlų ilginio tankio ir kilpų ilgio [14]. Laidumo orui eksperimento rezultatai, gauti taikant CFD modeliavimo metodą patvirtino, jog didesnis megztinių medžiagų kilpų tankumas sumažina laidumą orui, kuris taip pat priklauso ir nuo pynimo tipo [15]. Züleyha Değirmenci ir Ebru Çoruh tyrinėjo kilpos ilgio įtaką skersinio pynimo megztinės medžiagos stiprumui ir laidumui orui taikydami standartinius metodus ir nustatė, jog didesnis kilpų ilgis daro teigiamą įtaką medžiagų laidumui orui [16].

Selin Hanife Eryuruk ir Fatma Kalaoglu analizavo megztinių medžiagų savybes ir nustatė stiprų ryšį tarp elastano pluošto kiekio ir laidumo orui [3]. S. S. Bhattacharya ir J. R. Ajmeri analizavo veiksnius, darančius įtaką viskozinių ir celiuliozinių pluoštų megztinių medžiagų laidumui orui ir nustatė, jog laidumas orui priklauso nuo medžiagos tankumo, tamprumo ir akytumo [8]. Šis tyrimas taip pat atskleidė, jog siūlų skersmuo ir akyta struktūra, taip pat mažesnio plaukuotumo siūlai, didesnis megztinės medžiagos akytumas, mažesnės gniuždymo deformacijos ir tamprumas daro didesnę įtaką laidumui orui nei megztinės medžiagos storis [8]. Manoj Kumar Imrith nustatė ryšį tarp megztinių medžiagų akytumo ir šviesos laidumo [17]. R. A. M. Abd El-Hady ištyrė megztinių medžiagų tankumo įtaką vasarinių viršutinių drabužių laidumui orui ir nustatė, jog didesnis laidumas orui daro teigiamą įtaką šilumos pertekliaus pašalinimui iš tekstilės medžiagos [18]. Sonja Jordeva ištyrė struktūros parametrų įtaką medvilninių ir poliesterinių pluoštų megztinių medžiagų termo-fiziologiniam komfortiškumui, ir nustatė, kad laidumas orui priklauso nuo megztinių medžiagų akytumo labiau nei nuo pluoštinės sudėties [2]. Phillip Gibson, Donald Rivin, Cyrus Kendrick ir Heidi Schreider-Gibson ištyrė medžiagų struktūros įtaką laidumui orui ir nustatė, jog medžiagos tankumas ir siūlų storis daro reikšmingą įtaką kintančio drėgnio medžiagų laidumui orui – drėgmė daro didžiausią neigiamą įtaką tų medžiagų, kurių struktūroje yra mažesni tarpeliai tarp siūlų, laidumui orui [11].

Atsižvelgdami į tai, jog termo-fiziologinis komfortas yra vienas esminių veiksnių, darančių įtaką aprangos komfortiškumui, mokslininkai E. Öner ir A. Okur analizavo skirtingos pluoštinės sudėties megztinių medžiagų laidumo orui, laidumo šilumai ir šlampumo savybes ir sukūrė moteriškų ir vyriškų sportinių marškinėlių dizainų prototipus, geriausiai atitinkančius žmogaus fiziologines savybes dinamikoje [19]. Tyrimo metu buvo analizuojama skirtingų pynimų tipų įtaka termo-fiziologinėms medžiagų savybėms, ir buvo parinkti optimalūs konstrukciniai sprendimai sporto aprangos gaminiams.

Literatūros apžvalga atskleidžia, jog megztinių medžiagų laidumas orui priklauso nuo įvairių veiksnių, tokių kaip medžiagos akytumas [2, 4, 8, 17, 21], paviršinis tankis ir siūlų storis [4], megztinių medžiagų kilpų ilgis [14, 16], megztinių medžiagų kilpų tankumas ir pynimo tipas [15], medžiagos storis, tamprumas, siūlų storis ir gniuždymo deformacijos [8], pluoštinė sudėtis [2], kt.

Taip pat buvo nustatyta, jog oras į megztines medžiagas pirmiausia skverbiasi pro tarp siūlus esančias akutes, ir tik labai didelio tankumo medžiagose dalis oro srauto prasiskverbia ir pro siūlus sudarančius pluoštus [21]. Siūlų plaukuotumas taip pat yra svarbus vertinant megztinių medžiagų akytumą [21]. Megztinių medžiagų akytumas yra svarbiausias veiksnys, darantis įtaką jų laidumui orui [8].

Vertinant aprangos gaminių kokybę svarbu įvertinti ir tai, jog medžiagos, iš kurių gaminami aprangos gaminiai, yra sukerpamos ir po to jungiamos į gaminius siuvant arba klijuojant. Klijavimo proceso metu tekstilės medžiagos sugeria išsilydžiusus klijus į medžiagos akutes, kas garantuoja pakankamą klijuotinių junginių stiprumą [3]. Klijavimo proceso esmę aiškinanti mechanikos teorija teigia, jog klijai užpildo mikro nelygumus medžiagos paviršiuje ir suformuoja mechaninį ryšį [3,22]. Tai įrodo, jog medžiagų klijuotinių junginių storis ir standumas gali padidėti lyginant su šių medžiagų charakteristikų pradinėmis vertėmis. Panašūs pokyčiai gali atsirasti ir siūlinių junginių atveju. Dviejų medžiagos sluoksnių sujungimas į siūlę gali daryti įtaką medžiagų storiui ir tamprumui dėl siuvimo siūlų įterpimo ir supynimo

susiuvamų medžiagų viduryje. Dėl minėtų veiksnių gali sumažėti laidumas orui drabužių siūlinių ir klijuotinių junginių vietose dėl medžiagos storio padidėjimo ir akytumo sumažėjimo tose zonose.

1.3 Megztinių medžiagų deformacijos anizotropijos tyrimų apžvalga

Aprangos gaminių eksploatacinėms savybėms, tame tarpe ir komfortiškumui, bei gaminio išvaizdai [23] didelę įtaką daro medžiagos deformacinės savybės [23, 24]. Medžiagų deformacija gaminyje priklauso nuo gaminio konstrukcijos, drabužių dėvinčio žmogaus fizinio aktyvumo ir drabužio priglodimo laipsnio. Dėvimas drabužis yra veikiamas kompleksinių deformacijų, kurios apima lenkimą, tempimą, gniuždymą, lenkimą, glamžymą ir kt., veikiančių įvairiomis kryptimis ir dažnai tuo pat metu. Po deformacijos medžiagos turi sugrįžti į prieš deformaciją buvusią būseną. Gaminio deformacijos laipsnis priklauso ne tik nuo medžiagos struktūros, kuri yra daugiau ar mažiau anizotropiška, bet ir nuo medžiagos elgsenos gaminyje, kuriame yra siūlės, papildomi medžiagos sluoksniai ir detalės, sujungtos skirtingomis medžiagos kryptimis.

Tekstilės medžiagų deformacijos anizotropija gali būti vertinama skirtingais metodais [23]. Taikant eksperimentus, atliekamus pagal standartus LST EN ISO 13934-1 arba LST EN ISO 13934-2, yra apibrėžiamos pagrindinės charakteristikos, tokios kaip trūkimo jėga ir trūkimo ištįsa. Pagal šias charakteristikas galima apibūdinti tekstilės medžiagų tįsumą bei stiprumą, palyginti medžiagų deformacines savybes tarpusavyje. Siekiant įvertinti deformaciją dėvėjimo sąlygomis, reikalingi adaptuoti tyrimo metodai. Šie metodai gali būti padalinti į dvi pagrindines grupes. Viena iš jų – gaminio detalių testavimas, naudojant manekenus ar dirbtines atskiras žmogaus kūno dalis, pavyzdžiui, dirbtines rankas. Tokie tyrimai leidžia analizuoti medžiagų deformacines savybes panašiomis į dėvėjimą sąlygomis, tačiau yra brangesni, tam reikalingas didelis kiekis tiriamų medžiagų. Antroji grupė apima gaminio atskirų dalių tyrimus, imituojant tam tikras dėvėjimo aplinkybes, tokias kaip medžiagos įtampa dėvėjimo metu. Tokie tyrimai gali būti atliekami KES-F (angl. *Kawabata Evaluation System*) ir FAST (angl. *Fabric Assurance by Simple Testing*) sistemomis. Siekiant geriau įvertinti kompleksines deformacijas, atsirandančias drabužio dėvėjimo metu, taikomi ir nestandartiniai tyrimų metodai. Tokie tyrimai gali būti atliekami tiriant nestandartinės formos bandinius, pavyzdžiui, šlytis gali būti vertinama deformuojant lygiagretinio formos bandinius, junginių deformacijos gali būti tiriamos naudojant Y formos bandinius. Inga Audzevičiūtė-Liutkienė, Vitalija Masteikaitė, Milda Jucienė, Virginija Sacevičienė ir Vaida Dobilaitė analizavo megztinių medžiagų junginių deformacijas, naudojant Y formos bandinius [23]. Toks metodas buvo pasirinktas dėl to, jog taikant standartinius metodus, gaminio santykinė ištįsa iki trūkimo viršija dėvėjimo patogumui reikalingą tįsumą, net ir atsiradus siūlei, tuo tarpu taikant metodą su Y formos bandiniais imituojamos panašesnės į dėvėjimo sąlygas aplinkybės.

Tekstilės medžiagų deformacijos anizotropija taip pat gali būti vertinama taikant supaprastintą puansoninio duobimo metodą, įgyvendinamą su KTU-Griff-Tester įrenginiu. V. Daukantienė, L. Papreckienė ir M. Gutauskas tyrinėjo audinių ir megztinių medžiagų elgseną, taikydami supaprastintą puansoninio tyrimo metodą, naudojant KTU-Griff-Tester įrenginį, ir nustatė, jog didžiausia audinių deformacija susidaro metmenų ir ataudų kryptimis, megztinių medžiagų didžiausia deformacija susidaro stulpelių kryptimi, mažiausia – eilučių. Tyrimo rezultatai įrodė tekstilės medžiagų krypties svarbą tekstilės gaminių kokybei [25]. D. Truncytė, L. Papreckienė, M. Gutauskas tyrinėjo supaprastinto

puansonio duobimo metodu skirtingų parametų įtaką audinių ir megztinių medžiagų geometrinei deformuoto bandinio formai, ir nustatė, jog bandinio deformacijai įtaką daro atstumas tarp prietaiso plokštelių, bandinio spindulys, ištraukimo jėga, pasipriešinimo jėga ir medžiagos struktūros parametrai [26]. S. Priyalatha ir D. Raja analizavo megztinių medžiagų deformacijų įtaką medžiagos šlumpumo savybėms. Daugiaašis deformavimas buvo reikalingas, siekiant imituoti sąlygas, panašias į dėvėjimo dinamikoje sąlygas [27].

Mohammad Javad Abghary, Hossein Hasani ir Reza Jafari Nedoushan tyrinėjo interlokinio pynimo megztinių medžiagų deformacijų anizotropiją FEM (angl. *finite element method*) metodu, programinės įrangos pagalba simuliuodami baigtinių interlokinio pynimo megztinių medžiagų elementų deformaciją eilučių, stulpelių ir įstriža kryptimis. Kompiuterinio geometrinio modelio analizės rezultatai buvo lyginami su eksperimentinių tyrimų rezultatais. Buvo nustatyta, jog šis metodas yra patikimas ir tinkamas prognozuoti megztinių medžiagų elgseną, taip sumažinant naujų medžiagų prototipų skaičių ir gamybos sąnaudas [28].

Ramunė Klevaitytė ir Vitalija Masteikaitė [24] tyrinėjo austinių medžiagų su skirtingu elastano kiekiu deformacijos anizotropijos priklausomybę nuo medžiagos struktūros ir mechaninių charakteristikų ir nustatė, jog audiniai, tempiami standesnės siūlų struktūros kryptimi labiau deformuojasi ta kryptimi, kuria pluoštas yra silpnesnis. Taip pat nustatė, jog audiniai su elastano pluoštu metmenų ir ataudų kryptimis deformuojami panašiai, kaip ir audiniai be elastano pluošto. Tačiau pastebėjo kitokią deformacijos tendenciją audiniams, kuriuose elastano pluoštai yra tik ataudų kryptimi – jų deformacinės savybės buvo geriausios ne tik 45° kryptimi, kaip įprasta austose struktūrose, tačiau ir 60° kryptimi, artimesne ataudų kryptčiai.

Jiaming Zheng, Takuya Komatsu, Masayuki Takatera, Shigeru Inui, Limin Bao ir Yoshio Shimizu pristatė teorinį modelį, leidžiantį prognozuoti megztinių medžiagų deformaciją, remiantis dviaašio juostelės formos bandinio tempimo eksperimento rezultatais. Teoriškai apskaičiuoti rezultatai buvo palyginti su vienašio tempimo eksperimento rezultatais ir parodė, jog teorinis modelis yra patikimas vertinant megztinių ir austų tekstilės medžiagų elgseną [46].

1.4 Literatūros apžvalgos apibendrinimas, projekto tikslo ir uždavinių formulavimas

Iš literatūros analizės matoma, jog gaminio komfortiškumas yra viena esminių gaminio eksploatacinių savybių, ypatingai svarbių sporto ir laisvalaikio aprangos gaminiams. Vieni svarbiausių kompleksiniam aprangos komfortiškumui yra termo-fiziologinis komfortas ir ergonominis komfortas, kuriuos galima kiekybiškai įvertinti nustatant medžiagų ir jų junginių laidumo orui ir deformacines savybes.

Tam tikrų medžiagos struktūros parametų įtaka megztinių medžiagų eksploatacinėms savybėms buvo nustatyta ankstesnių tyrinėjimų metu. Medžiagų komfortiškumui įtaką daro medžiagos pluoštinė sudėtis [16], pynimo tipas [13], medžiagos akytumas [2,5,8,17,21], kilpų tankumas [15], kilpų ilgis [14,29], taip pat siūlų ilginis tankis [4,14], pluošto ilgis [9,30], siūlų sukris [2] ir kt.

Analizuojant literatūrą nebuvo rasta tyrimų, analizuojančių aprangos junginio įtaką megztinių medžiagų komfortiškumui, tačiau ji yra svarbi vertinant sporto ir laisvalaikio aprangos gaminio eksploatacines

savybes. Atsižvelgiant į tai, buvo suformuluotas **magistro baigiamojo projekto tikslas** – įvertinti siūlinių ir klijuotinių junginių įtaką poliesterio ir elastano pluoštų megztinių medžiagų eksploatacinėms savybėms, bei **uždaviniai**:

- Iširti poliesterinių megztinių medžiagų, kurių sudėtyje yra skirtingas elastano pluoštų kiekis, laidumą orui, taikant standartinį ir originalų šios savybės tyrimo metodus.
- Įvertinti megztinių medžiagų junginių įtaką jų laidumo orui savybei.
- Įvertinti megztinių medžiagų junginių įtaką jų deformacinėms savybėms, taikant KTU-Griff-Tester įrenginį.

2. TYRIMO OBJEKTAI IR METODIKOS

2.1 Tyrimo objektų parinkimas ir jų charakteristikų nustatymas

Laidumo orui tyrimui buvo pasirinktos aštuonios komercinės paskirties megztinės medžiagos, sudarytos iš skirtingo santykio poliesterio ir elastano pluoštų derinių siūlų. Tokios megztinės medžiagos yra plačiai taikomos sporto ir laisvalaikio aprangos gamybai, nes gerai praleidžia orą, drėgmę ir pasižymi geromis šiluminėmis savybėmis, sukuriančiomis vėsumo pojūtį. Medžiagų charakteristikos pateikiamos 1 lentelėje.

1 lentelė. Medžiagų charakteristikos

Gamintojo artikulas	Kodas	Pluoštinė sudėtis	Pynimas	Tankumas		Paviršinis tankis m_q , g/m^2	Storis δ_{ST} , mm
				Eilučių, cm^{-1}	Stulpelių, cm^{-1}		
P5 THT 951	K1	96 % PES, 4 % EL	Interlo- kinis	18,0±0,5	22,0±0,5	251,6±2,0	0,90±0,04
NANDO	K2	84 % PES, 16 % EL	Lygusis skersinis	21,0±0,5	33,0±0,5	218,8±2,0	0,69±0,02
5723 PAKAITA	K3	90 % PES, 10 % EL	Lygusis skersinis	14,0±0,5	28,0±0,5	235,5±1,8	0,59±0,01
ATLANTA	K4	87 % PES, 13 % EL	Lygusis skersinis	22,0±0,5	27,0±0,5	254,0±4,0	0,63±0,01
TAVO LARA	K5	80 % PES, 20 % EL	Metme- ninis	30,0±0,5	47,0±0,5	218,0±2,1	0,47±0,01
COLORADO	K6	81 % PES, 19 % EL	Metme- ninis	19,0±0,5	20,0±0,5	207,1±4,9	0,93±0,01
MITI LYCRA	K7	80 % PES, 20 % EL	Lygusis skersinis	20,0±0,5	23,0±0,5	262,3±2,5	0,70±0,02
384 MALAGA	K8	82 % PES, 18 % EL	Lygusis skersinis	20,0±0,5	26,0±0,5	195,0±5,0	0,60±0,01

Pastaba: PES – poliesteris, EL – elastanas.

Medžiagų storis buvo nustatytas pagal EN ISO 5084 standartą [30]. Iš anksčiau publikuotų mokslinių straipsnių [2, 4, 8, 17, 21] žinoma, jog megztinių medžiagų akytumas yra pagrindinis veiksnys, darantis įtaką laidumui orui. Todėl buvo daroma prielaida, jog medžiagų storis, matuojamas esant skirtingam slėgiui, gali skirtis. Šis skirtumas Δ gali būti naudojamas apibūdinant medžiagų komfortiškumo parametrus, tokius kaip minkštumas, pojūtis ir kt. Medžiagų storio matavimas naudojamas apibūdinant tekstilės gaminių minkštumą ir pagal SiroFAST-1 metodiką.

Megztinių medžiagų storio skirtumas Δ (%) buvo apskaičiuojamas pagal žemiau pateiktas formules:

$$\Delta_{49,1-83,5} = (\delta_{49,1} - \delta_{83,5}) / \delta_{49,1} \times 100 (\%), \quad (1)$$

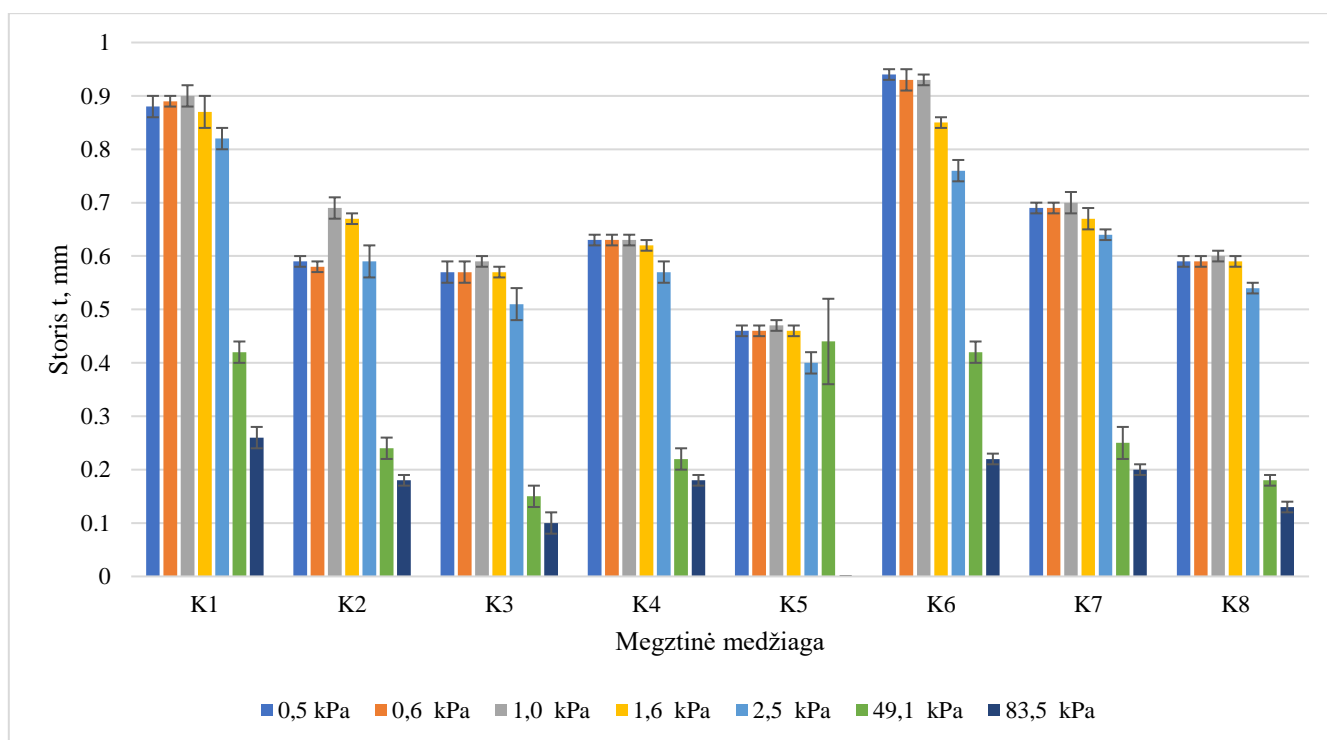
$$\Delta_{1,0-1,6} = (\delta_{1,0} - \delta_{1,6}) / \delta_{1,0} \times 100 (\%), \quad (2)$$

$$\Delta_{0,5-0,6} = (\delta_{0,5} - \delta_{0,6}) / \delta_{0,5} \times 100 (\%), \quad (3)$$

$$\Delta_{0,5-2,5} = (\delta_{0,5} - \delta_{2,5}) / \delta_{0,5} \times 100 (\%), \quad (4)$$

$$\Delta_{0,5-83,5} = (\delta_{0,5} - \delta_{83,5}) / \delta_{83,5} \times 100 (\%), \quad (5)$$

čia $\Delta_{49,1-83,5}$; $\Delta_{1,0-1,6}$; $\Delta_{0,5-0,6}$; $\Delta_{0,5-2,5}$; $\Delta_{0,5-83,5}$ – procentais išreikštas skirtumas tarp storio matuojant skirtingais slėgiais: 49,1 kPa ir 83,5 kPa; 1,0 kPa ir 1,6 kPa; 0,5 kPa ir 0,6 kPa; 0,5 kPa ir 2,5 kPa; 0,5 kPa ir 83,5 kPa, %; $\delta_{0,5}$, $\delta_{0,6}$, $\delta_{1,0}$, $\delta_{1,6}$, $\delta_{2,5}$, $\delta_{49,1}$, $\delta_{83,5}$ – storis, matuojamas atitinkamais slėgiais (mm): 0,5 kPa, 0,6 kPa, 1,0 kPa, 1,6 kPa, 2,5 kPa, 49,1 kPa, 83,5 kPa.



2.1 pav. Medžiagos storio priklausomybė nuo skirtingo slėgio

Medžiagų paviršinis tankis buvo įvertintas pagal LST EN 12127 standartą [31], naudojant elektronines svarstyklas „Kern&Son“ EG420-3NM, sveriančias 0,01 g tikslumu. Buvo sveriami po penkis kiekvienos medžiagos bandinius. Megztinių medžiagų kilpų skaičius ilgio vienetu buvo nustatytas pagal EN ISO 14971 standartą [32].

2.2 Aprangos junginių sudarymo technologija

Klijuotinės siūlės buvo jungiamos naudojant termoplastinę adhezinę juostelę, kurios storis – 0,175 mm, o klijų lydymosi temperatūra – 95°C. Iš ankstesnių tyrimų žinoma, kad klijų įsiskverbimo gylis priklauso nuo medžiagos šiurkštumo ir akytumo, taip pat nuo medžiagos šlampumo savybių. Taip pat žinoma, jog optimalus klijuotinės siūlės stiprumas pasiekiamas, kai į medžiagą įsigeria ne daugiau nei 2/3 klijų, o likusi dalis pasklinda tarp medžiagos sluoksnių, suformuodama vidinį klijuotinio junginio tarpsluoksnį. Adhezinė juostelė buvo aktyvuojama 5,6 kPa slėgiu, presu GTK DEA 25R, dviem etapais: pirmas – adhezinė juostelė buvo klijuojama ant apatinio medžiagos sluoksnio gerosios pusės, veikiant 110 °C temperatūra 5 s; silikoninis popierius buvo nulupamas po 5 min; antras – blogoji viršutinio medžiagos sluoksnio pusė buvo klijuojama ant adhezinės juostelės, veikiant 140°C temperatūra, 40 s. 20 mm x 80 mm dydžio ilgine kryptimi kirpti bandiniai buvo jungiami naudojant 8 mm pločio adhezines juosteles.

Siūtinės siūlės buvo sujungiamos parenkant du skirtingus dygsnių tipus – dengiamuosius grandininius dygsnius (607) ir grandininius susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnius (512) pagal LST ISO 4915:1991 standartą [33]. Dengiamieji grandininiai dygsniai (607) buvo susiūti naudojant 4 adatų 6 siūlų plokščiasiuolę siuvimo mašiną MEGASEW MJ62G. Adatų numeris – Nm70, atstumas tarp adatų – 1,5 mm, dygsnių tankumas – 5 dygsniai/cm. Siuvimo siūlai naudojami 100 % poliesterio suktiniai verpalai Perma Core 100, kurių gamintojas – RENE. Siūlų ilginis tankis – 25 tex (numeris – 120). Apsiūlėjimui buvo naudojami 100 % poliesterio tekstūruotieji siūlai PES Wildcat Plus 80, gaminami American & Efird. Siūlų ilginis tankis – 35 tex (numeris – 80).

Grandininiai susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių (512) peltakiai buvo suformuoti naudojant 4 siūlus: du adatų siūlus ir du kilpiklių siūlus, siūlės buvo siuvamos dviadate siuvimo mašina PEGASUS EXT5214-54S1. Adatų numeris – Nm70, atstumas tarp adatų – 2 mm, dygsnių tankumas – 5,5 dygsniai/cm. Adatų siūlams buvo naudojami 100 % poliesterio dvišakiai suktiniai verpalai Perma Core 120, gaminami RENE. Siūlų ilginis tankis – 24 tex (numeris – 120). Kilpiklių siūlams buvo naudojami 100 % poliesterio tekstūruotieji daugiagijai siūlai Wildcat Plus 160, gaminami American & Efird. Siūlų ilginis tankis – 18 tex (numeris – 160).

2.3 Laidumo orui tyrimo metodika

Laidumo orui tyrimas gali būti naudojamas vertinant medžiagų be apdailos ir su apdaila „kvėpavimą“, naudojamų lietaipalčių, palapinių, parašiotų ar uniformų gamybai [34]. Ši savybė yra labai svarbi vertinant sporto ir laisvalaikio drabužių komfortiškumą. Megztinių medžiagų laidumas orui R buvo vertinamas bandiniams be siūlių ir su siūliniais bei klijuotiniais junginiais.

Laidumas orui buvo matuojamas laidomačiu L 14DC pagal LST EN ISO 9237 standartą [35] dešimtyje skirtingų medžiagos bandinio vietų. Variacijos koeficientas neviršijo 7 %. Tuomet buvo apskaičiuotos vidutinės oro srauto q_v (l/min) vertės. Laidumas orui R buvo apskaičiuojamas pagal formulę: $R = (q_v / A) \times 167$, čia R – laidumas, mm/s; q_v – oro srautas, l/min; A – 20 cm² bandinio plotas. Bandiniai siūlių paruošimui buvo kerpami tik ilgine kryptimi, kadangi dauguma gaminio siūlių yra lygiagrečios šiai kryptčiai.



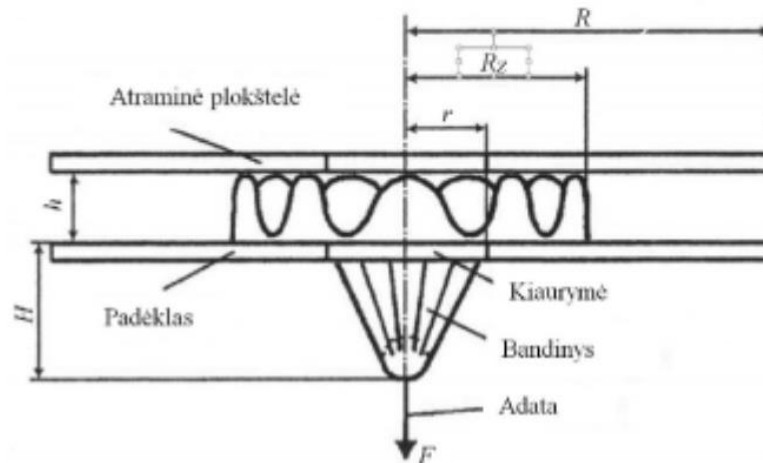
2.2 pav. Laidomatis L 14DC

2.4. Megztinių medžiagų ir jų junginių deformacijos anizotropijos tyrimo metodika

Deformacijos anizotropija parodo medžiagų deformavimosi skirtumus skirtingomis kryptimis – skirtingą bandinio matmenų pokytį, nustatomą esant tam tikrai apkrovai. Bandymo metu gali būti nustatomos absoliučios vertės – išreiškiamos ilgio vienetais, arba santykinės vertės, išreiškiamos procentais, skaičiuojamais nuo pradinės bandinio ilgio (analizuojamu atveju – apskrito bandinio spindulio) vertės. Tekstilės medžiagų anizotropija gali būti vertinama taikant vieną iš eksperimentų, atliekamų pagal standartus LST EN ISO 13934-1 arba LST EN ISO 13934-2, arba taikant nestandartinį supaprastintą puansoninio duobimo metodą [36].

Megztinių medžiagų anizotropijai įvertinti buvo paruošti disko formos bandiniai, kurių kiekvieno spindulys – 56,5 mm. Kiekvienai medžiagai buvo paruošta po 5 bandinius be junginių, taip pat po 5 bandinius su grandininiais susiuvimo-apsiūlėjimo dygsniais (512) susiūtu junginiu, dengiamaisiais grandininiais dygsniais (607) susiūtu junginiu bei klijuotu junginiu. Junginių paruošimo metodika aprašyta 2.2 skyriuje *Aprangos junginių sudarymo technologija*. Disko formos elementarieji bandiniai iš kiekvienos medžiagos be junginių bei medžiagos bandinių su junginiais buvo iškertami kirtikliu.

Megztinių medžiagų anizotropija įvertinta naudojant supaprastintą puansoninio duobimo KTU-Griff-Tester įrenginį (2.3 pav.). Disko formos bandiniai buvo įtvirtinami tarp plokštelių ir, naudojant pusferės formos puansoną su adata, ištraukiami per centre esančią kiaurymę.



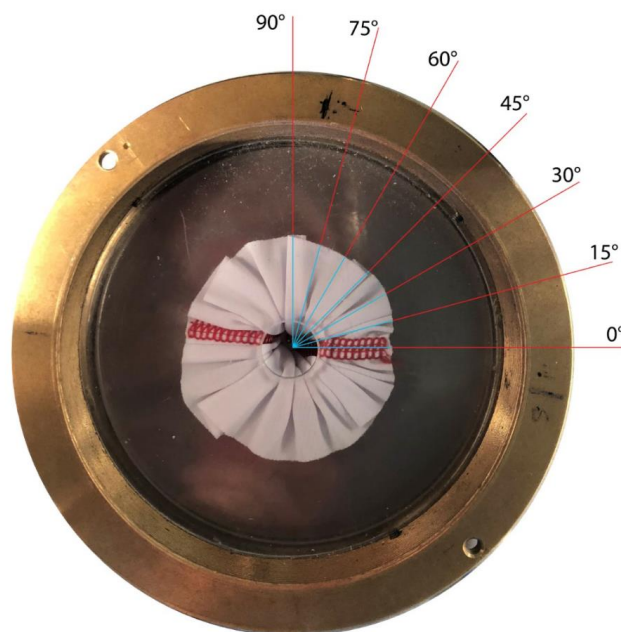
2.3 pav. „KTU-Griff-Tester“ schema [36]

Atstumas tarp plokštelių nustatytas pagal sąlygą: megztinės medžiagos storis $\delta_{ST} \times 5,6$ mm. Medžiagų storiai nurodyti 2.1 skyriuje *Tyrimo objektų parinkimas ir jų charakteristikų nustatymas* bei 1 lentelėje *Medžiagų charakteristikos*.

Bandinys deformuojamas iki 30 mm įlinkio H . Supaprastintu KTU-Griff-Tester įrenginiu bandiniai gali būti deformuojami iki 50 mm įlinkio. Tačiau buvo pasirinkta įlinkio H vidutinė vertė, nes dėvėjimo metu tekstilės medžiagoms tenka ne didžiausios / kritinės apkrovos [23].

Bandiniai buvo fotografuojami skaitmeniniu fotoaparatu CANON DIGITAL IXUS 75, fotoaparato objektyvą sutapatinant su bandinio centru. Fotoaparatas įtvirtinamas KTU-Griff-Tester įrenginio laikiklyje, kad visi bandiniai būtų fiksuojami vienodu atstumu.

Atlikta bandinio geometrinė analizė 90° sektoriuje (2.4 pav.). Išmatuojami iš viršaus matomi bandinio išorinio kontūro taškų atstumai nuo jo centro kas 15° ($0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ$). 0° kryptimi laikyta ašis bandinio junginio (medžiagos kilpų stulpelių) kryptis. Toliau darbe analizuojant tyrimo rezultatus šie bandinio išorinio kontūro taškų atstumai sutartinai vadinami deformuoto bandinio spinduliais. Tačiau realus gaminio spindulys yra lygus išmatuotai atstumo vertei, prie kurios kiekvienu atveju galėtų būti pridama pastovaus dydžio dedamoji, susidariusi dėl 30 mm įlinkio žemiau bandinio plokštumoje esančios kiaurymės briaunos. Matavimo pavyzdys parodytas 2.4 paveiksle.



2.4 pav. Bandinio geometrinės analizės 90° sektoriuje schema

Santykinės ilginės bandinio deformacijos vidutinės vertės (iš viršaus matomos deformuoto bandinio spindulio dalies) $\Delta\delta$ buvo apskaičiuotos pagal formulę:

$$\Delta\delta = \frac{R-Rz}{R} \cdot 100, \%$$

čia R – pradinis bandinio spindulys (56,5 mm), Rz – bandinio spindulys, užfiksuotas esant 30 mm bandinio įlinkiui, mm.

Iš penkių to paties atvejo elementariųjų bandinių spindulio matavimo pradinių rezultatų buvo apskaičiuotos vidutinės bandinio spindulio vertės. Santykinė matavimo paklaida skirtingiems atvejams svyravo nuo 1,3 % iki 12,9 %. Variacijos koeficientas neviršijo 10,4 %.

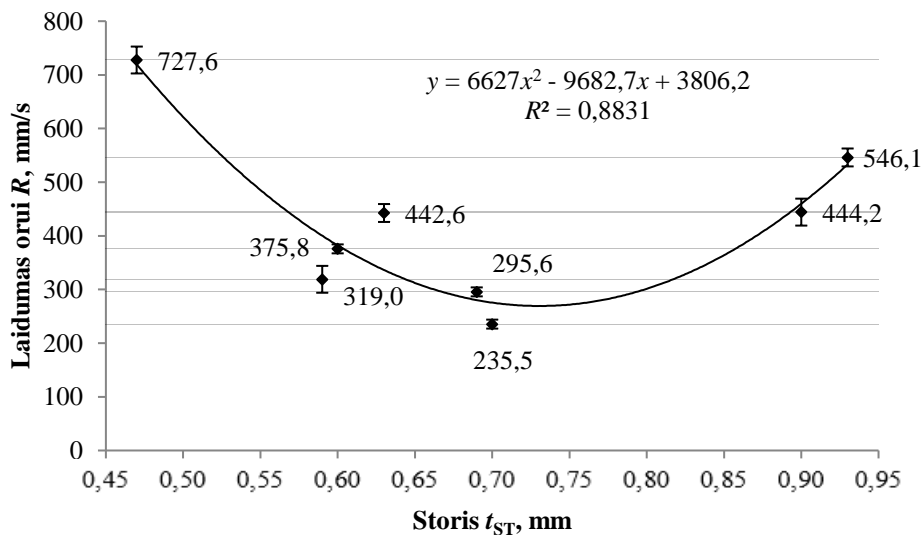
3. TYRIMO REZULTATAI IR JŲ APIBENDRINIMAS

3.1 Medžiagų struktūros įtaka jų laidumui orui

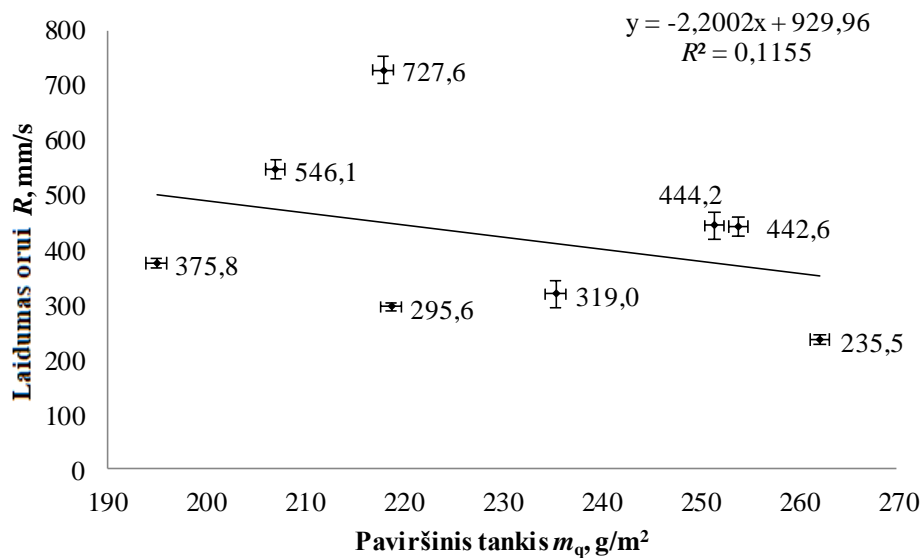
Medžiagų storis, nustatytas pagal EN ISO 5084 standartą, esant 1kPa slėgiui, skirtingoms medžiagoms kinta nuo 0,47 mm iki 0,93 mm, priklausomai nuo medžiagos struktūros (1 lentelė, 2.1 Tyrimo objektų parinkimas ir jų charakteristikų nustatymas); taip pat kinta nuo 0,01 mm iki 0,94 mm priklausomai nuo matavimo slėgio (2.1 pav., 2.1 Tyrimo objektų parinkimas ir jų charakteristikų nustatymas). Šiems pokyčiams įtaką gali daryti ne tik megztinės medžiagos pynimo tipas, paviršinis tankis, ilginis ir skersinis tankumo koeficientas, bet ir matavimo slėgis, kuris daro įtaką storiui dėl akytos mezginių struktūros. K5 medžiaga buvo išskirtinis atvejis tyrime. K5 medžiagos storis buvo mažiausias iš visų bandinių (0,47 mm). Taip pat K5 medžiagos storis buvo beveik nepriklausomas nuo slėgio keitimo nuo 0,5 kPa iki 49,1 kPa.

Medžiagos storio kitimas kintant matavimo slėgiui susijęs su akytumu – megztinės medžiagos storis yra atvirkščiai proporcingas jos akytumui. Analizuota koreliacija tarp medžiagos storio ir laidumo orui parodė, kad stipraus ryšio tarp laidumo orui ir medžiagos storio pokyčio kintant matavimo slėgiui nėra.

Didžiausias nustatytas laidumas orui (727,6 mm/s) buvo K5 metmeninio pynimo megztinei medžiagai. Šios medžiagos storis buvo mažiausias (0,47 mm). K5 mezgimo struktūra išsiskyrė iš kitų megztinių medžiagų – laidumas orui yra mažesnis esant lygiojo skersinio pynimo struktūrai dėl didesnio medžiagos tankumo. Tačiau ši priklausomybė nėra tiesinė. Rezultatų analizė parodė netiesinę priklausomybę tarp laidumo orui ir medžiagos storio (3.1 pav.). Mažiausios laidumo orui parametro vertės buvo nustatytos vidutinio storio medžiagoms. Medžiagos laidumas orui nepriklausė nuo paviršinio tankio (3.2 pav.).

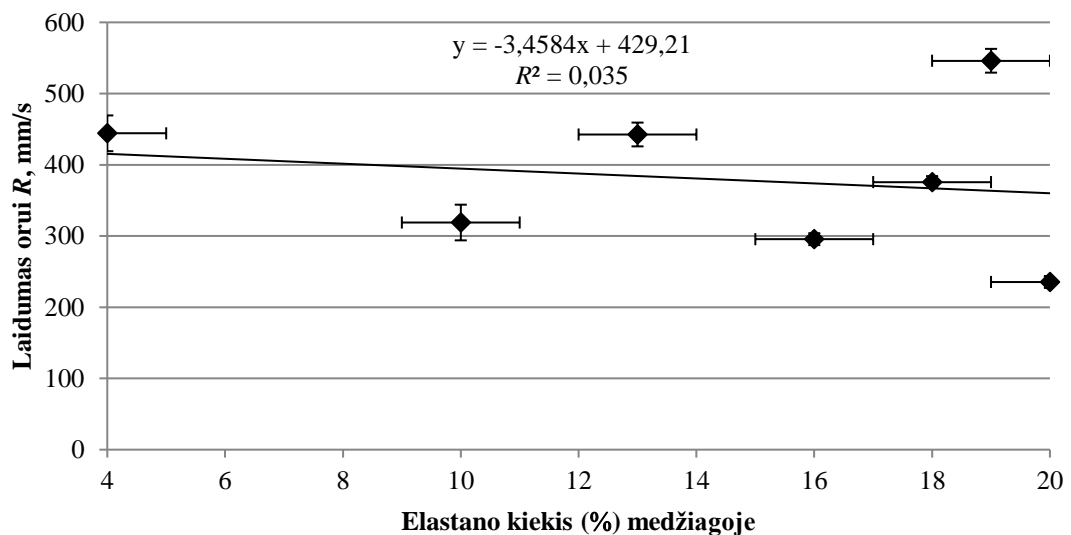


3.1 pav. Laidumo orui priklausomybė nuo medžiagos storio



3.2 pav. Laidumo orui kitimo tendencija kintant medžiagos paviršiniam tankiui

Tyrimo rezultatai parodė, jog laidumas orui nepriklauso nuo elastano kiekio medžiagos sudėtyje (3.3 pav.; 1 lentelė, 2.1 Tyrimo objektų parinkimas ir jų charakteristikų nustatymas). Šie rezultatai prieštarauja ankstesnių tyrimų rezultatams, kurie parodė ryšį tarp laidumo orui ir elastano kiekio. Taip galėjo atsitikti dėl skirtingos poliesterinių siūlų pluoštų morfologijos, t.y. K2 ir K7 megztinėse medžiagose esantys pluoštai turi griovelių tekstūrą, likusiųjų medžiagų – lygią. K7 medžiagos laidumas orui buvo mažiausias (235,5 mm/s). Šios medžiagos paviršinis tankis didžiausias (262,3 g/m²), elastano kiekis didžiausias (20 %), ir PES pluošto paviršius – su griovelių tekstūra. Todėl galima daryti prielaidą, jog nelygus PES pluošto paviršius padidina akučių kiekį medžiagoje ir daro neigiamą įtaką laidumui orui.

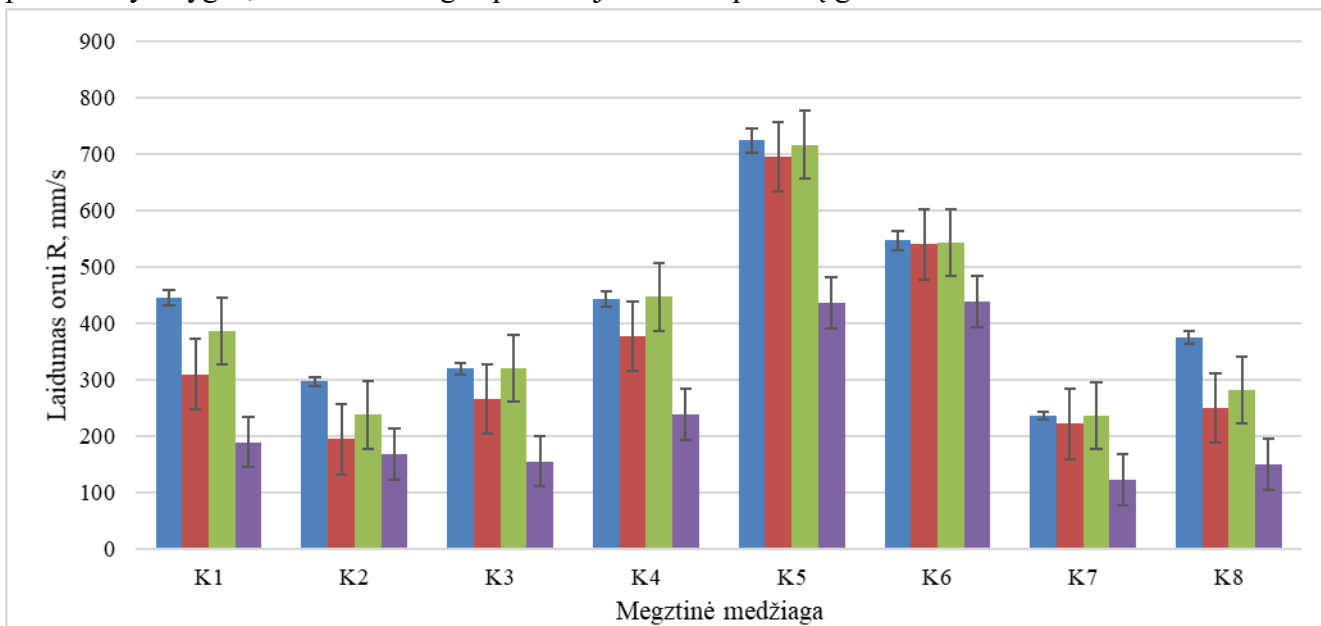


3.3 pav. Laidumo orui kitimo tendencija kintant elastano kiekiui lygiojo skersinio pynimo medžiagose

Laidumo orui eksperimento pradinių rezultatų ir statistinių parametrų suvestinė pateikiama prieduose, 1 lentelėje.

3.2. Siūlinių ir klijuotinių junginių įtaka megztnių medžiagų laidumui orui

Analizuojant medžiagų su siūliniais ir klijuotiniais junginiais laidumą orui, pastebėta jog kai medžiagoje yra junginys, laidumas orui sumažėja tiek siūlinių, tiek klijuotinių junginių atveju, lyginant su medžiagų bandiniais be junginių (3.4 pav.). Siūlinio junginio užimamas plotas bandinyje yra apie 15 % viso bandinio ploto, klijuotiniame – apie 20 %. K5 medžiagos laidumas orui buvo didžiausias, palyginus su lygiojo skersinio pynimo ir interlokinio pynimo medžiagomis. Tai įrodo, jog megztnės medžiagos struktūra turi įtakos laidumui orui. Tam išsamiai išanalizuoti turėtų būti atliekami papildomi tyrimai. Tačiau šiame darbe apsiribota lygiojo skersinio pynimo megztnių grupės išsamesne analize. Lygiojo skersinio pynimo megztnių medžiagų grupėje didžiausias laidumas orui (546,1 mm/s) buvo nustatytas K6 megzatinei medžiagai. Šios medžiagos storio pokytis buvo didžiausias (8,6 %); tačiau paviršinis tankis (207,1 g/m²) – vienas mažiausių, storis, išmatuotas standartinėmis sąlygomis – didžiausias iš visų tiriamų medžiagų (0,93 mm), elastano kiekis (19 %) taip pat vienas didžiausių. Šios medžiagos PES pluošto paviršius yra lygus, tačiau medžiagos paviršiuje matomi pluoštų galiukai.



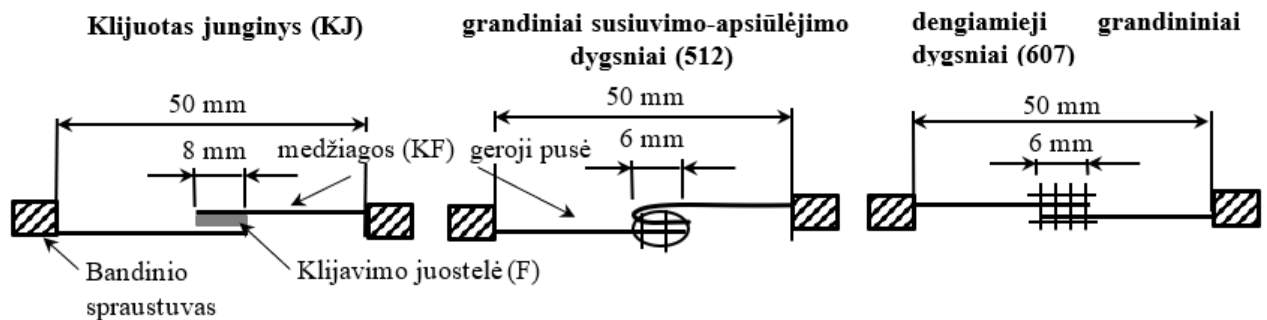
3.4 pav. Junginių įtaka megztnių medžiagų laidumui orui: raudoni stulpeliai – bandiniai su dengiamųjų grandinių dygsnių (607) siūle; žali stulpeliai – bandiniai su grandinių susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių (512) siūle; mėlyni stulpeliai – bandiniai be junginių; violetiniai stulpeliai – bandiniai su klijuotiniais junginiais

Bandinių su klijuotiniais junginiais laidumas orui R buvo labiausiai sumažėjęs, t. y. nuo 19,9 % K6 medžiagai iki 60 % K8 medžiagai, lyginant su bandiniais be junginių (3.4 pav.). Dengiamųjų grandinių dygsnių (607) junginiai darė mažesnę neigiamą įtaką laidumui orui nei klijuotinės siūlės, bet didesnę, palyginus su grandinių susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių (512) junginiais. Tirtų megztnių medžiagų su (607) junginiais laidumas orui pakito nuo 0,6 % (K6 medžiagai) iki 52,6% (K2 medžiagai), lyginant su

bandinių be junginių laidumu orui. K8 medžiagos su (512) dygsnių junginiu laidumo orui pokytis buvo didžiausias ir sudarė (24,9 %), o K3 ir K7 medžiagų su šais junginiais laidumas orui išliko toks pats, kaip ir bandinių be junginių.

Šie tirtų megztnių medžiagų laidumo orui pokyčiai parodo, jog medžiagų jungimo vietose gaminio komfortiškumas pablogėja, ypač vietose, kuriose dėl žmogaus intensyvios fizinės veiklos labiau išyla ir dėl prakaito sudrėksta (pavyzdžiui, pažastyse, šoniniuose gaminio junginiuose).

Siuvant gaminį, siūlai persipina medžiagos viduje ir jos paviršiuje, todėl megztnės medžiagos yra suspaudžiamos. Suspaudimo laipsnis yra nevienodas tiriamoms medžiagoms, nes jis priklauso nuo medžiagos minkštumo ir akytumo. Kljavimo technologijos taikymo atveju, kljai įsiskverbia į medžiagos struktūrą ir pakeičia sistemos (2KF+F (čia – KF – medžiaga, F – adhezinė juostelė)) akytumą (3.5 pav.). Šie akytumo pokyčiai gali būti įvertinti matuojant siūlės storį. 2 lentelėje matyti, kad kljuotinių junginių storis yra didesnis už dviejų megztnių medžiagų sluoksnių ir adhezinės juostelės (2KF+F) suminį storį.



3.5 pav. Siūlinių ir kljuotinių junginių laidumo orui eksperimento schemas

2 lentelė. Bandinio storio pokytis po junginių sudarymo

Bandinių kodas	$\Delta_{49,1-83,5}$, %		$\Delta_{((2KF+F)-KS)/(2KF+F)*100}$, %		$\Delta_{49,1-83,5}$, %			$\Delta_{((2KF)-(512)/(2KF))*100}$, %		$\Delta_{49,1-83,5}$, %		$\Delta_{((2KF)-(607)/(2KF))*100}$, %	
	2KF+F	KJ	49,1kPa	89,5kPa	2KF	49,1kPa	83,5kPa	(512)	(607)	49,1kPa	83,5kPa		
K1	43,1	14,6	-16,4	-42,8	38,1	-130,2	-57,6	36,6	23,3	-95,2	-60,2		
K2	35,7	5,6	-47,0	-53,7	25,0	-212,1	-62,1	36,6	21,9	-217,5	-87,4		
K3	46,1	9,5	-116,4	-72,5	33,3	-404,0	-80,6	31,7	26,1	-404,0	-89,0		
K4	31,2	4,3	-71,4	-58,1	18,2	-268,2	-68,3	29,9	5,2	-264,1	-101,9		
K5	97,0	9,2	52,3	-93,1	97,7	-49,8	-97,3	43,6	30,1	-43,6	-116,1		
K6	51,4	14,4	0,7	-42,8	47,6	-83,3	-67,0	13,4	23,9	-79,0	-52,8		
K7	31,4	4,8	-58,2	-54,4	20,0	-194,0	-58,2	35,0	23,0	-202,8	-80,1		
K8	40,5	5,3	-84,8	-66,0	27,8	-317,2	-72,6	36,9	24,8	-316,7	-91,6		

Tiksliai įvertinti siuvimo siūlo storį po to, kai jis įterpiamas į medžiagos struktūrą, yra sudėtinga tiek (607), tiek (512) tipų junginiuose, todėl jungiamų megztnių medžiagų susispaudimas dėl siuvimo buvo vertinamas pagal storio pokytį procentais, matuojant su dviem skirtingais slėgiais. Buvo padaryta

prielaida, kad siūlų storio suma yra lygi abiejų (512) ir (607) siūlių tipų atvejais. Todėl, jei išmatuotas siūlės storis yra didesnis už tik sudėtų vienas ant kito dviejų medžiagos sluoksnių (2KF), daroma prielaida, jog medžiagos struktūros suspaudimas dėl siuvimo yra mažas.

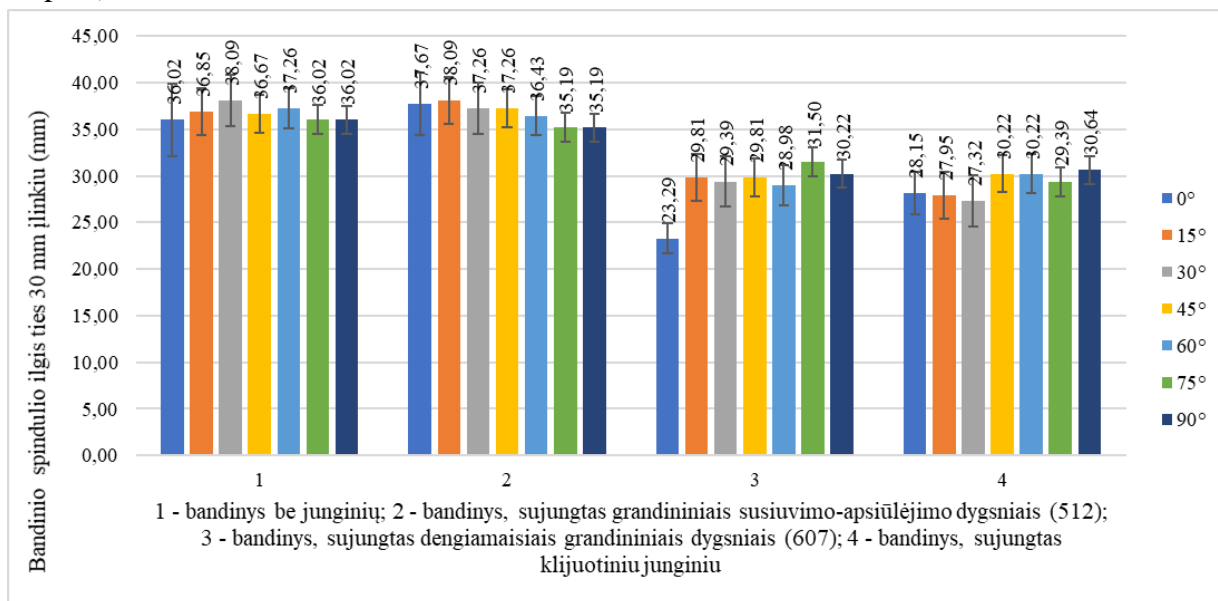
Remiantis storio pokyčio skaičiavimais $\Delta_{(2KF)-(512)/(2KF)}$ ir $\Delta_{(2KF)-(607)/(2KF)}$, galima teigti, jog 512 ir 607 tipų junginiai daro panašią įtaką susiūtų medžiagų sluoksnių suspaudimui. Tai rodo, kad siūlės storio padidėjimas, atsiradęs dėl siūlų įterpimo į megztinę medžiagą, yra mažiausias dėl didžiausio suspaudimo laipsnio labiausiai laidžiame orui K6 megztinės medžiagos bandinyje, lyginant su dviejų medžiagos sluoksnių (2KF).

Apibendrinant junginio tipo įtakos megztinių medžiagų laidumo orui rezultatus galima teigti, jog didžiausią neigiamą įtaką daro klijuotinis junginys. Spręsdami šią problemą, adhezinių juostelių gamintojai siūlo naujus technologinius sprendimus, galinčius sumažinti neigiamą junginio įtaką gaminio komfortiškumui. Pavyzdžiui, Italijos gamintojas Bemis [47] pristato *Flowfree*TM adhezinių juostelių technologiją, kuri siūlo adhezines juosteles su išpjovomis, sumažinančias oro ir drėgmės mainų pablogėjamą gaminio junginio vietose. Projektuojant sporto ar laisvalaikio aprangos gaminį, įvertinus tyrimo rezultatus, galima tinkamai parinkti ne tik gaminio konstrukciją, tačiau ir tinkamas medžiagas junginiui sudaryti. Adhezinių juostelių tipo įtakos aprangos gaminių junginių laidumui orui ištyrimui ateityje būtų tikslinga atlikti papildomus mokslinius tyrimus.

3.3 Deformacijos anizotropijos tyrimo rezultatai ir jų aptarimas

3.3.1 Junginio tipo įtaka megztinių medžiagų deformacijos anizotropijai

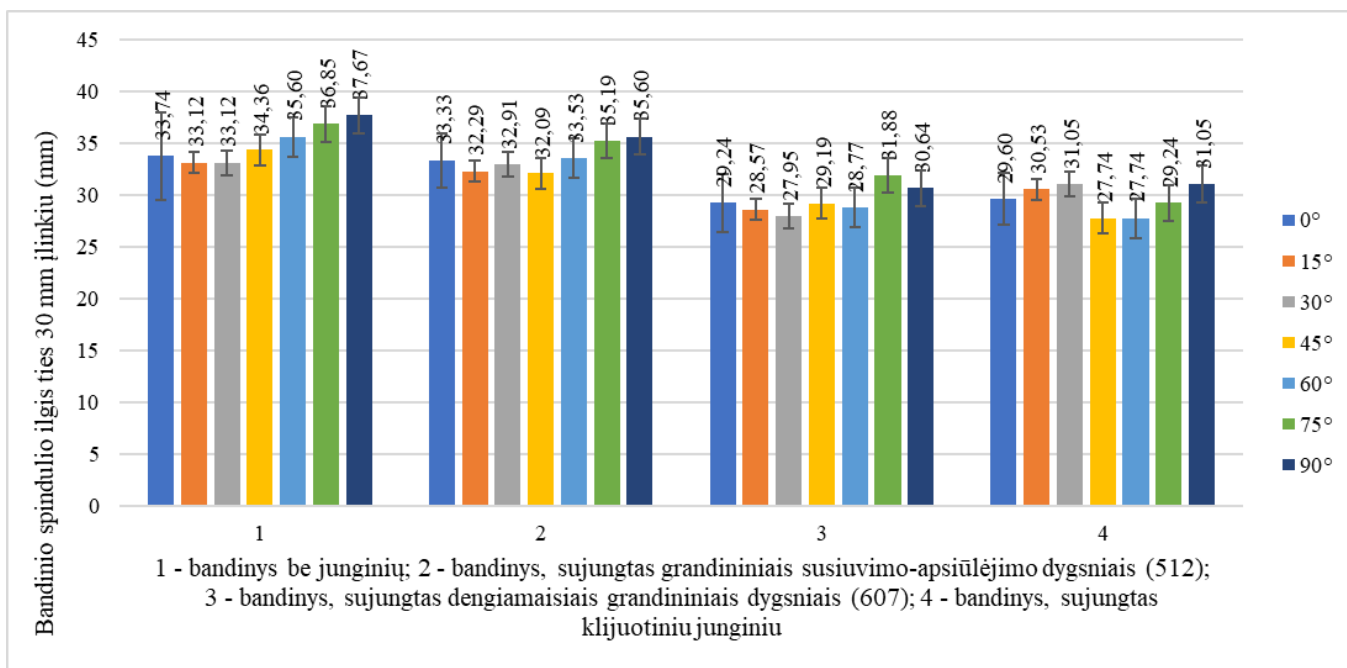
Vertinant K1 megztinės medžiagos deformacijų anizotropiją su skirtingais junginiais ir be jų, pastebėta, jog didžiausias bandinio be junginių spindulio pokytis susidaro medžiagos kilpų stulpelių kryptimi (0°) (3.6 pav.).



3.6 pav. K1 megztinės medžiagos deformuotų bandinių spinduliai skirtingomis medžiagos kryptimis

Lyginant bandinių be junginių spindulius su dengiamųjų grandinių dygsnių (607) junginių bandinių spinduliais matyti, kad medžiagų kilpų stulpelių kryptimi bandinio spindulys sumažėja net 35 % palyginti su bandinio be junginio spinduliu. Medžiagų kilpų eilučių kryptimi (90°) bandinio spindulio pokytis ženkliai mažesnis. Mažiausias bandinio spindulio pokytis susidaro tarp bandinių be junginių ir grandinių susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių (512) junginių bandinių – 2 %. Didžiausias bandinio spindulio pokytis medžiagos kilpų eilučių kryptimi (kaip ir medžiagos kilpų stulpelių kryptimi) atsiranda tarp bandinių be junginių ir grandinių dengiamųjų dygsnių (607) junginiais sujungtų bandinių spindulio. Jis sudaro 16 %. Vertinant bandinių deformacijas megztinės medžiagos kilpų stulpelių kryptimi, pastebėtas ir teigiamas spindulio vertės pokytis – bandinys, sujungtas grandinių susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių siūlėmis, medžiagos kilpų stulpelių kryptimi deformavosi labiau už bandinį be junginio. Šis pokytis sudarė 4 %. Grandinių susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių junginiais sujungti medžiagų bandiniai deformavosi kitaip. Tik su šio tipo junginiais sujungtų megztinių medžiagų bandinių deformacinės savybės buvo geresnės junginio, suformuoto medžiagos kilpų stulpelių kryptimi, už megztinės medžiagos bandinių deformacines savybes medžiagos kilpų eilučių kryptimi (statmenai junginiui).

Didžiausi bandinių spindulio skirtumai tarp bandinio be junginio ir su junginiais nustatyti K2 megztinės medžiagos kilpų eilučių kryptimi (3.7 pav.). Jie atsiranda bandiniuose su dengiamųjų grandinių dygsnių (607) junginiais ir sudaro 19 %.

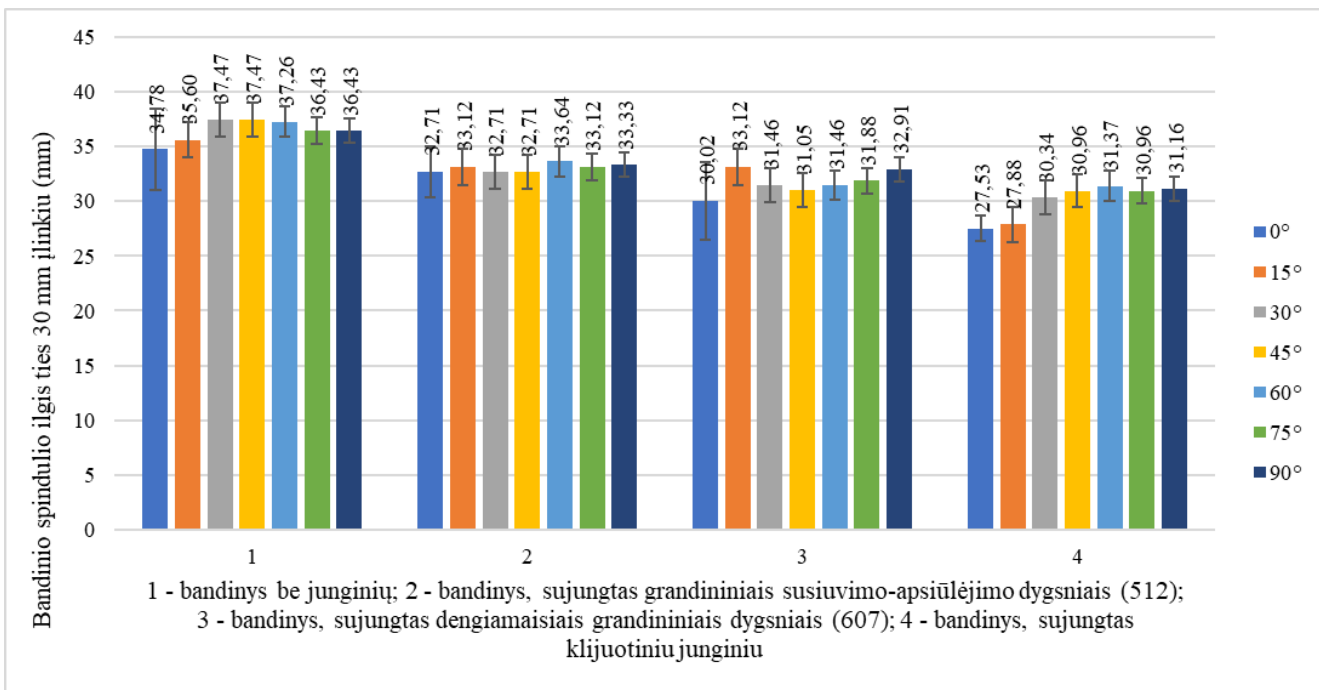


3.7 pav. K2 megztinės medžiagos deformuotų bandinių spinduliai skirtingomis medžiagos kryptimis

Mažiausias bandinio spindulio pokytis medžiagos kilpų eilučių kryptimi nustatytas bandiniams su grandinių susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių junginiais – jis sudaro 5 % palyginti su bandiniais be junginių. Bandinio spindulys megztinės medžiagos kilpų stulpelių kryptimi kito ženkliai mažiau nei bandinio spindulys medžiagos kilpų eilučių kryptimi. Mažiausias bandinio spindulio pokytis medžiagos kilpų stulpelių

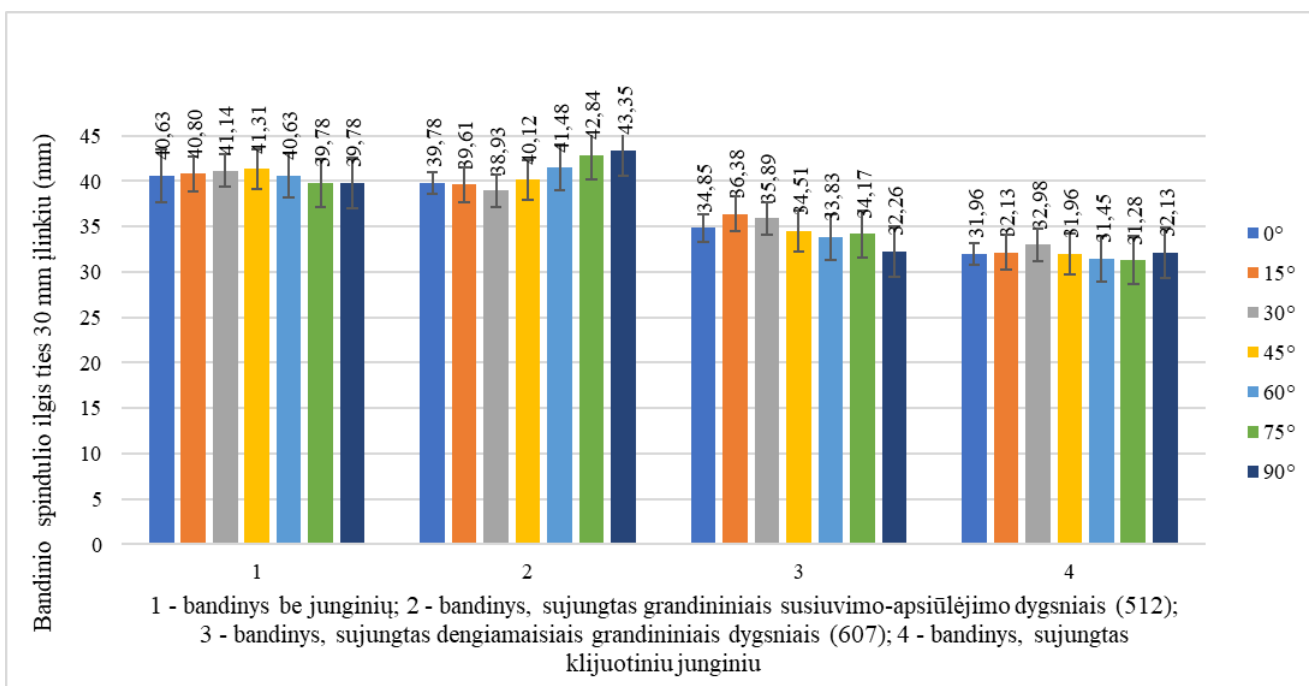
kryptimi nustatytas tarp bandinio be junginių ir grandinių susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių junginiais susiūto bandinio – jis sudarė kiek daugiau nei 1 %. Didžiausias bandinio spindulio pokytis medžiagos kilpų stulpelių kryptimi atsiranda sujungus bandinį dengiamųjų grandinių dygsnių junginiais ir sudaro 13 %. Visų junginių atvejais bandiniai geriau deformavosi medžiagos kilpų eilučių kryptimi, bandinių spindulių vertės buvo didesnės už spindulių vertes, nustatytas bandiniams medžiagų kilpų stulpelių kryptimis.

Visais atvejais K3 megztinės medžiagos kilpų eilučių kryptimi bandinių spinduliai buvo ilgesni negu medžiagų kilpų stulpelių kryptimi, t.y. medžiagų kilpų eilučių kryptimi bandinių deformacijų vertės buvo didesnės (3.8 pav). Didžiausias bandinių spindulių skirtumas buvo nustatytas tarp bandinių be junginių ir bandinių su klijuotinais junginiais visomis analizuotomis megztinių medžiagų kryptimis. Megztinės medžiagos kilpų stulpelių kryptimi jis sudarė 21 %. Didžiausias bandinių spindulio pokytis palyginti su bandiniais be junginių medžiagos kilpų eilučių kryptimi sudarė 14 %. Mažiausiai pakito bandinių, sujungtų grandinių susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių (512) junginiais, matmenys. Šiuo atveju medžiagos kilpų eilučių kryptimi bandinio spindulio skirtumas sudarė 9 %, o medžiagos kilpų stulpelių kryptimi – 6 %.



3.8 pav. K3 megztinės medžiagos deformuotų bandinių spinduliai skirtingomis medžiagos kryptimis

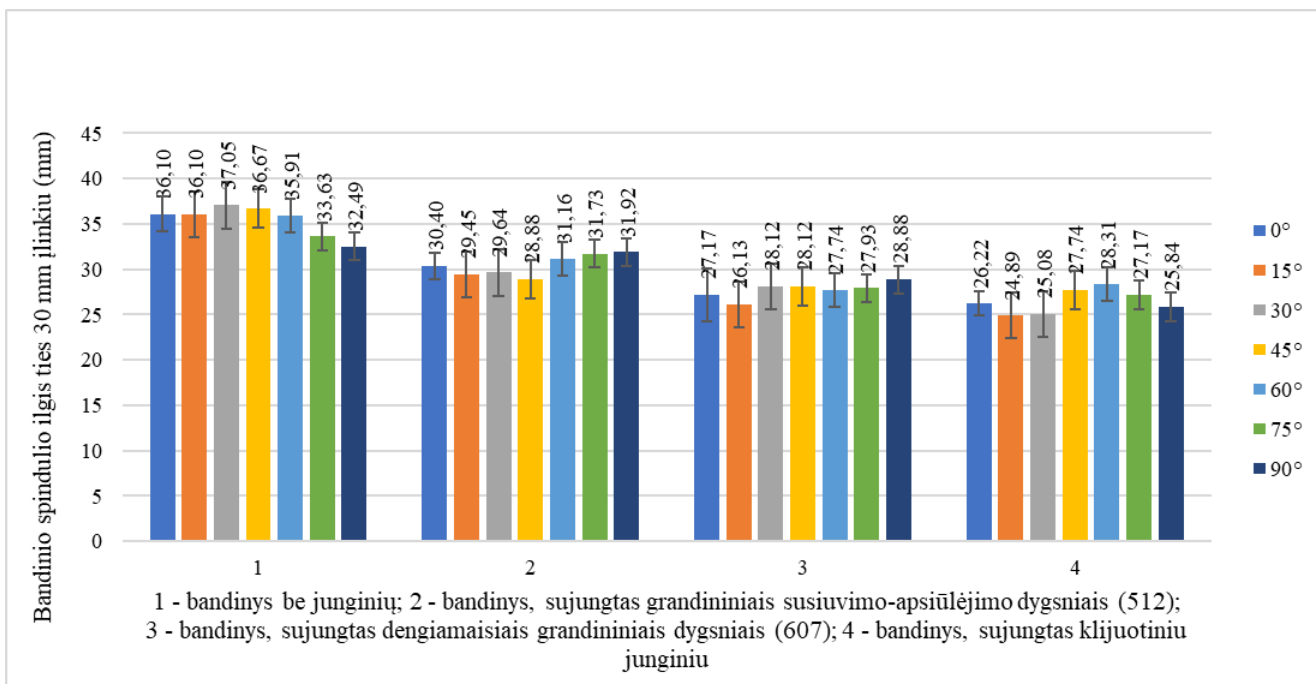
Lyginant K4 megztinės medžiagos bandinius be junginių ir su junginiais didžiausias teigiamas bandinio spindulio skirtumas (3.9 pav.) nustatytas medžiagos kilpų eilučių kryptimi grandinių susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių (512) junginiais sujungtame bandinyje. Šis skirtumas sudarė 8 %.



3.9 pav. K4 megztinės medžiagos deformuotų bandinių spinduliai skirtingomis medžiagos kryptimis

Didžiausias bandinio spindulio deformacijos sumažėjimas eilučių kryptimi nustatytas bandiniams, sujungtiems klijuotiniu junginiu – jis sudarė 19 %. Didžiausias bandinio spindulio pokytis medžiagos kilpų stulpelių kryptimi taip pat nustatytas klijuotiniams junginiams – jie pakito 21 %, lyginant su bandinio be junginių spinduliu. Mažiausias bandinio deformacijos pokytis nustatytas medžiagos kilpų stulpelių kryptimi bandiniuose, sujungtuose grandininiais susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių junginiais. Jis sudarė 2 % nuo bandinio be junginių spindulio vertės.

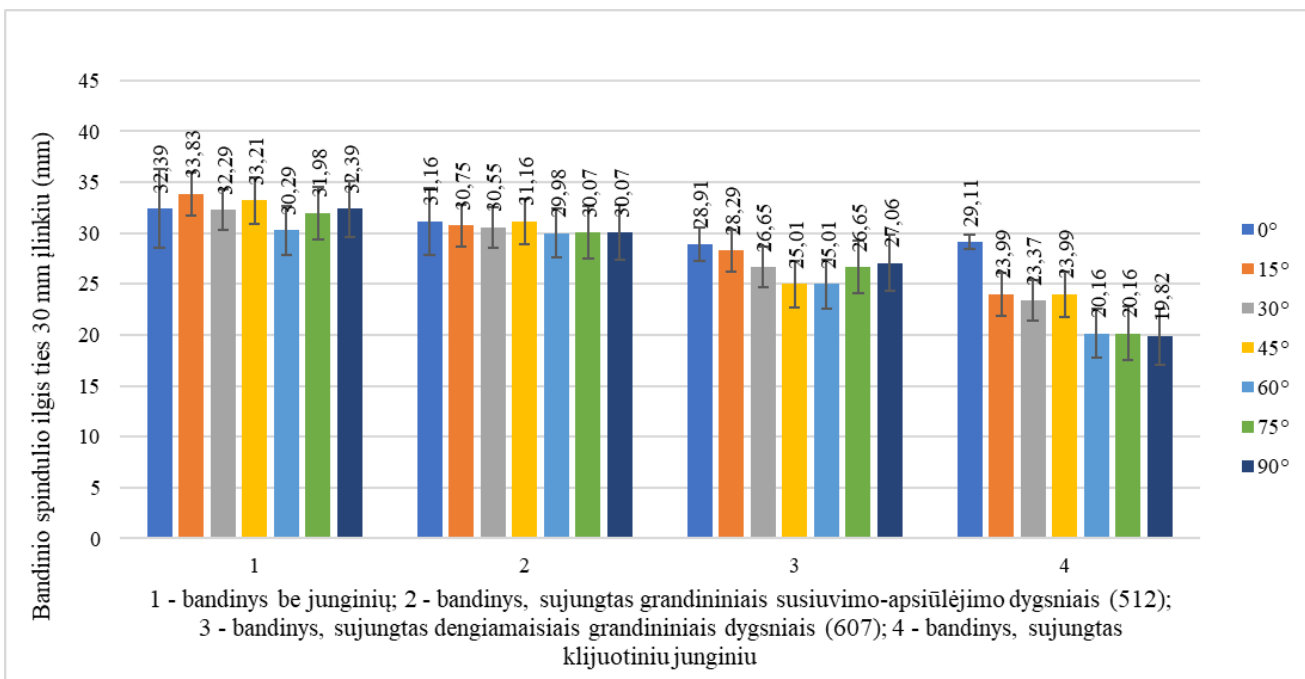
Analizuojant junginių tipo įtaką K5 megztinės medžiagos bandinių deformacijoms nustatytas didžiausias bandinių spindulių skirtumas tarp bandinių be junginių ir bandinių su klijuotiniais junginiais spindulių (3.10 pav.).



3.10 pav. K5 megztinės medžiagos deformuotų bandinių spinduliai skirtingomis medžiagos kryptimis

Medžiagos kilpų stulpelių kryptimi jis sudarė 27 %, o medžiagos kilpų eilučių kryptimi – 20 %. Mažiausias bandinių spindulių skirtumas tiek medžiagos kilpų eilučių, tiek medžiagos kilpų stulpelių kryptimis buvo nustatytas lyginant grandinių susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių junginiais sujungtus bandinius. Medžiagos kilpų stulpelių kryptimi jis sudarė 15 %, o medžiagos kilpų eilučių kryptimi – 2 % nuo bandinio be junginių spindulio vertės.

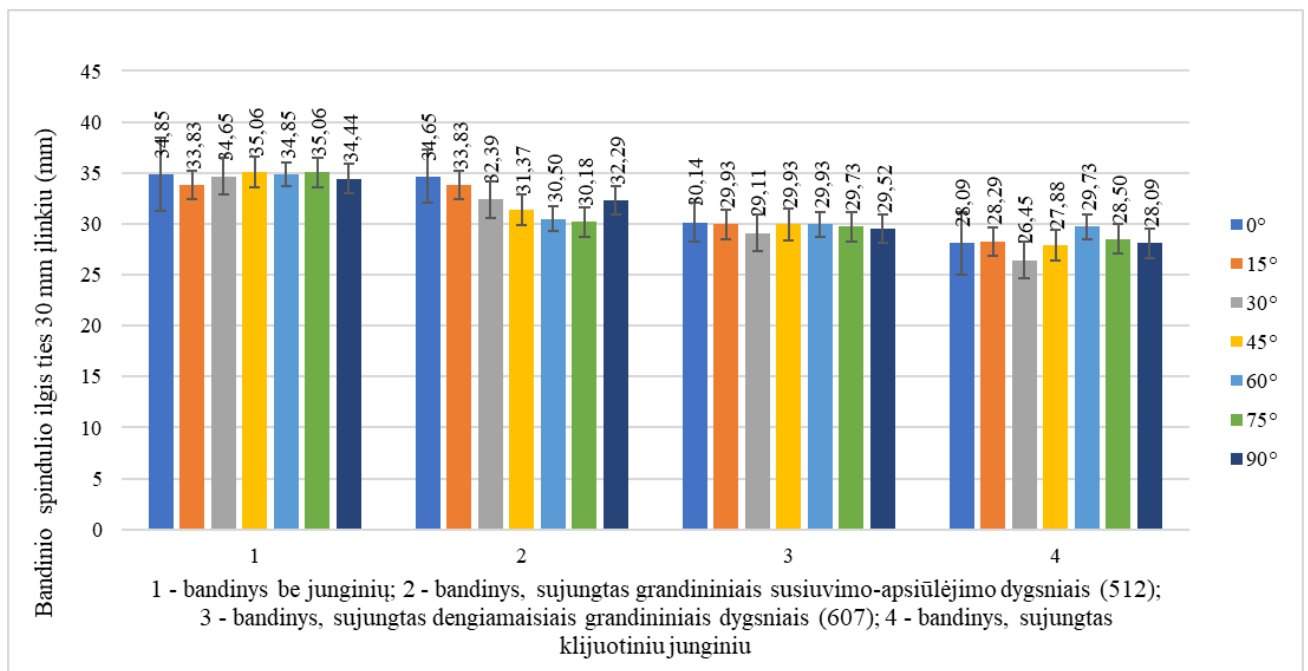
Didžiausias K6 megztinės medžiagos spindulio pokytis nustatytas megztinės medžiagos kilpų eilučių kryptimi – jis sudarė net 39 %, lyginant bandinio be junginių ir bandinio su klijuotu junginiu spindulius (3.11 pav.). Medžiagos kilpų stulpelių kryptimi bandinių be siūlių spindulio verčių skirtumai buvo ženkliai mažesni lyginant su skirtingais junginiais sujungtų bandinių spinduliais.



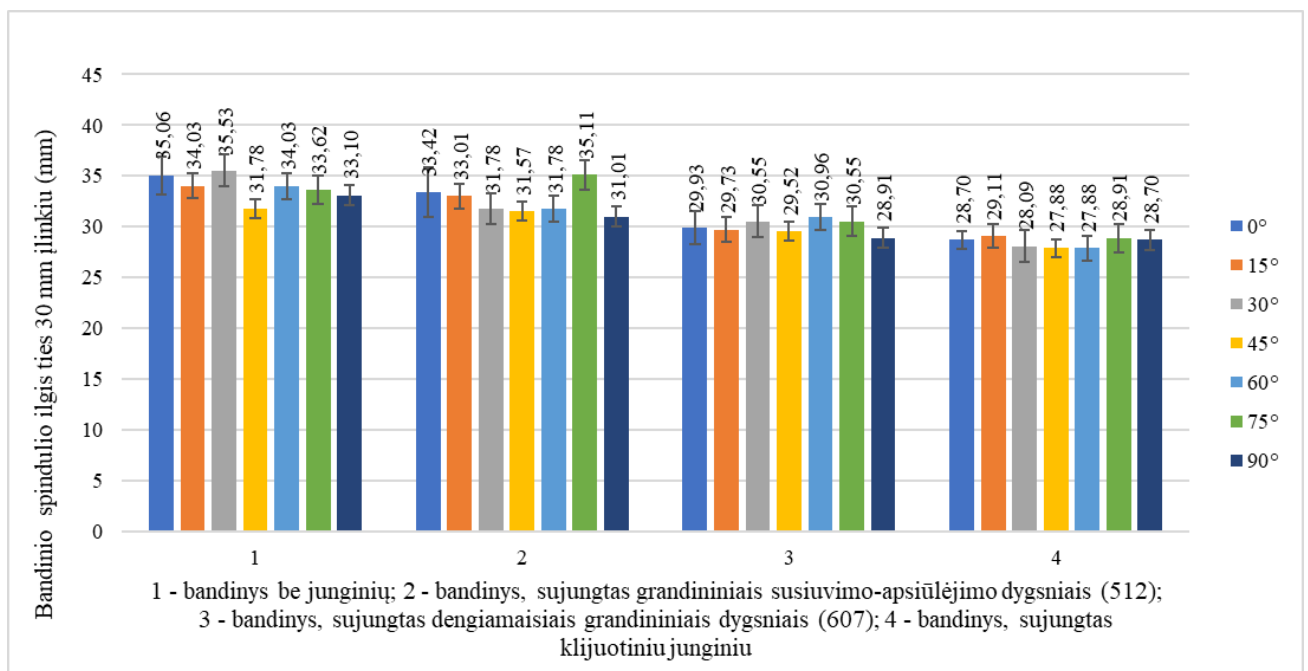
3.11 pav. K6 megztinės medžiagos deformuotų bandinių spinduliai skirtingomis medžiagos kryptimis

Didžiausias bandinio spindulio pokytis nustatytas bandiniams su dengiamųjų grandinių dygsnių junginiais (11 %). Tačiau jis nedaug skyrėsi nuo klijuotų bandinių spindulių. Čia pokytis sudarė 10 %. Mažiausią įtaką megztinių medžiagų bandinių deformacijoms darė grandinių susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių siūlės. Megztinės medžiagos kilpų stulpelių kryptimi bandinio spindulio pokytis neviršijo 4 %, medžiagos kilpų eilučių kryptimi – 7 % lyginant su bandinio be junginių spindulių vertėmis.

Didžiausias K7 megztinės medžiagos bandinio spindulio pokytis buvo nustatytas lyginant bandinio be junginių ir bandinio su klijuotiniu junginiu spindulius (3.12 pav.). Jis sudarė 19 % medžiagos kilpų stulpelių kryptimi ir – beveik tiek pat (18 %) medžiagos kilpų eilučių kryptimi. Mažiausią įtaką medžiagos deformacijai darė grandinių susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių junginiai. Bandinio spindulio vertės medžiagos kilpų stulpelių kryptimi nesudarė net 1 % (0,6 %), medžiagos kilpų eilučių kryptimi – 6 %.



3.12 pav. K7 megztinės medžiagos deformuotų bandinių spinduliai skirtingomis medžiagos kryptimis Klijuotinis junginys darė didžiausią įtaką medžiagos deformacinėms savybėms ir K8 megztinės medžiagos atveju (3.13 pav.).



3.13 pav. K8 megztinės medžiagos deformuotų bandinių spinduliai skirtingomis medžiagos kryptimis

Medžiagos kilpų stulpelių kryptimi spindulio vertė pakito 18 % lyginant su bandiniais be junginių medžiagos kilpų stulpelių kryptimi, ir – 13 % medžiagos kilpų eilučių kryptimi. Mažiausias bandinio spindulio pokytis nustatytas bandiniams, susiūtiems grandininių susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių junginiais: medžiagos kilpų eilučių kryptimi jis sudarė 6 %, o medžiagos kilpų stulpelių – nepilnai 5 %.

Apibendrinant skirtingų junginių įtaką megztinių medžiagų deformacijai (3.6 – 3.13 pav.), galima teigti, jog mažiausią įtaką medžiagos deformacinėms savybėms daro grandininių susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių (512) junginiai. Medžiagų kilpų eilučių kryptimi šis pokytis kito nuo 2 iki 9 % skirtingoms megztinėms medžiagoms. Medžiagų kilpų stulpelių kryptimi bandinio spindulio ilgio pokytis buvo dar mažesnis ir svyravo nuo 1 iki 6 %, išskyrus K5 megztinės medžiagos atvejį, kuomet pokytis medžiagos kilpų stulpelių kryptimi (512) tipo dygsnių junginiams sudarė 15 % nuo bandinio be junginių spindulio vertės. Tam įtakos galėjo turėti tai, jog K5 megztinės medžiagos kilpų stulpelių tankumo koeficientas (47 cm^{-1}) buvo ženkliai didesnis už kitų megztinių medžiagų kilpų stulpelių tankumo koeficientus. Kitų megztinių medžiagų jis kito nuo 22 iki 33 cm^{-1} . Išskirtiniais atvejais, t. y. K4 medžiagos kilpų eilučių kryptimi ir K1 medžiagos kilpų stulpelių kryptimi bandiniai, sujungti grandininių susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių junginiais, deformavosi netgi labiau, negu bandiniai be junginių, atitinkamai 8 % ir 4 %.

Didžiausią neigiamą įtaką megztinės medžiagos deformacinėms savybėms darė klijuotiniai junginiai. Megztinių medžiagų eilučių kryptimi bandinių spindulių verčių pokytis, lyginant su bandinių be junginių spinduliais, svyravo nuo 13 iki 39 %, o megztinės medžiagos kilpų stulpelių kryptimi – nuo 8 iki 27 %. Klijuotinis junginys darė didžiausią įtaką visoms megztinėms medžiagoms, išskyrus K1 ir K2 megztinių medžiagų atvejus, kai didžiausią neigiamą įtaką darė dengiamųjų grandininių dygsnių (607) siūlė. Tačiau įvertinus matavimo paklaidų vertes matyti, kad skirtumas tarp megztinių medžiagų bandinių su (607) tipo dygsnių siūlėmis ir klijuotais junginiais deformacijų nebuvo reikšmingas.

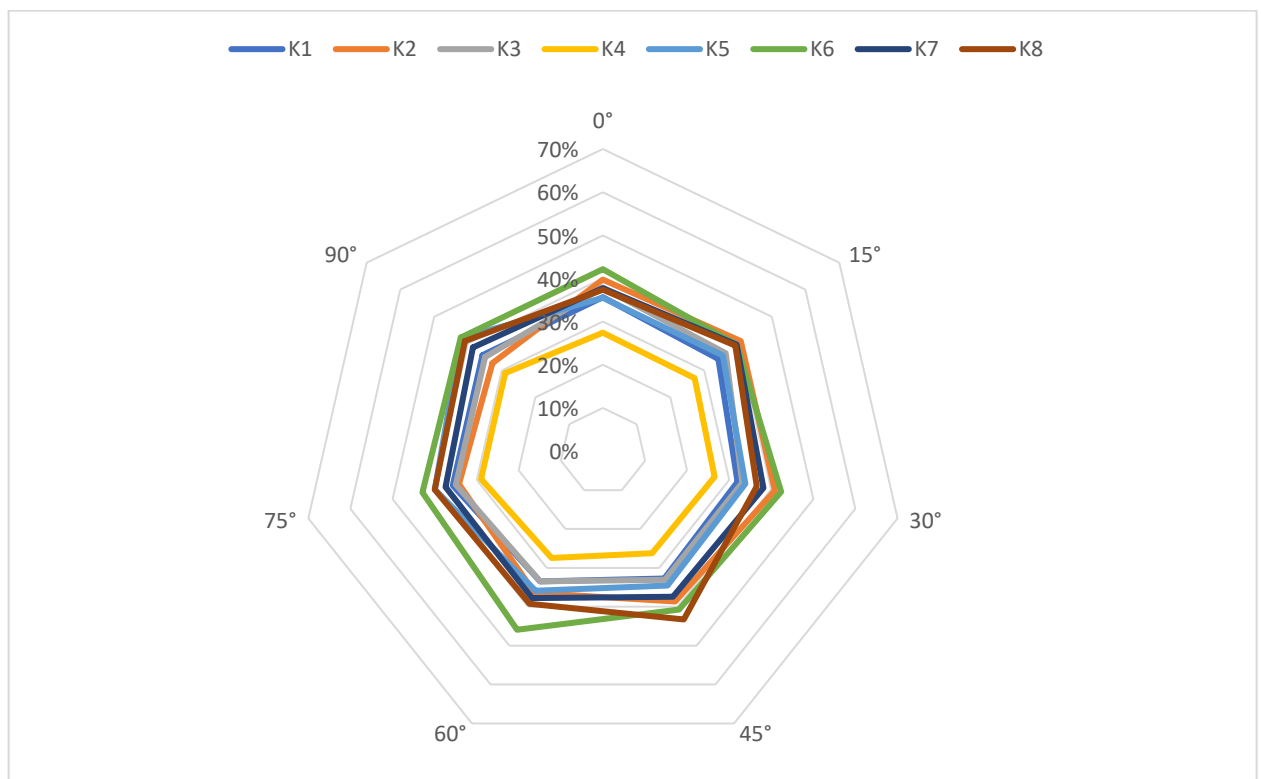
Dengiamųjų grandininių dygsnių (607) junginiai visais atvejais labiau pablogino megztinių medžiagų deformacines savybes nei grandininių susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių (512) junginiai.

Šie nustatyti megztinių medžiagų deformacinių savybių pokyčiai parodo, jog visų tipų junginiai pablogina gaminio komfortiškumo savybes, ypač tose vietose, kuriose reikalingos geresnės deformacinės savybės, pavyzdžiui, ties alkūnėmis, keliais, kt. Į tai reikia atsižvelgti konstruojant aprangos gaminius ir vengti bet kokių junginių išvardintose gaminio vietose. Junginių deformacinės savybės gali būti pagerinamos naudojant ypač tamprias adheazines juosteles, taip pat labai purius ir tamprius mikro-pluoštų tekstūruotuosius siūlus, tinkamus suformuoti dengiamųjų grandininių dygsnių (607) ir grandininių susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių (512) junginius. Tokius siūlus gamina tokie gamintojai, kaip Coats [48], Gutermann [49] ir kt. Tolimesni tyrinėjimai galėtų būti skirti nustatyti skirtingų siūlų įtaką junginių deformacinėms savybėms.

3.3.2 Megztinių medžiagų struktūros įtaka medžiagų su junginiais deformacijų anizotropijai

Megztinių medžiagų struktūros įtaka jų deformacijų anizotropijai bandiniuose su siūtiniais ir klijuotiniais junginiais bei be jų vertinta analizuojant bandinių spindulių santykinę ilginių deformacijų vertes po bandinių deformavimo nuo 0 mm įlinkio (kai bandinio spindulio pradinė vertė buvo lygi 56,5 mm) iki 30 mm įlinkio, kartu su megztinių medžiagų savybėmis bei junginio tipu, darančio įtaką skirtingoms deformuoto bandinio spindulio vertėms.

3.14 paveiksle matyti, kad labiausiai deformavosi, t.y. santykinai mažiausiai pakito K4 megztinės medžiagos apskrito bandinio pradinių spindulių vertės. Šios medžiagos bandinio spindulių santykinę ilginių deformacijų vertės nei viena kryptimi neviršijo 30 %. Tačiau analizuojant K4 megztinės medžiagos struktūrą pastebėta, kad jos struktūra reikšmingai nesiskiria palyginti su kitomis tirtomis megztinėmis medžiagomis. Galima daryti prielaidą, jog išskirtinėms deformacinėms K4 medžiagos savybėms įtaką galėjo turėti tai, jog K4 medžiagos storių skirtumas yra mažiausias, kai medžiagos storis matuojamas, esant skirtingam slėgiui. K4 medžiagos storis yra 0,59 mm, kai matuojama, esant 0,5 kPa slėgiui, ir 0,57 mm, kai matuojama, esant 2,5 kPa slėgiui (plačiau aprašoma skyriuje 2.1 *Tyrimo objektų parinkimas ir jų charakteristikų nustatymas*). Tai rodo, kad šios medžiagos struktūros akytumas, o tuo pačiu minkštumas, galimai, mažiausi ir todėl sukelia sunkumus ištraukiant bandinį pro KTU-Griff-Tester įrenginio kiaurymę. Todėl bandinio spindulys, esant 30 mm įlinkiui pakinta mažiausiai, lyginant su kitų megztinių medžiagų bandiniais, esant tam pačiam deformacijos įlinkiui.



3.14 pav. Bandinių be junginių spindulių santykinės ilginės deformacijos vertės medžiagų skirtingoms kryptims

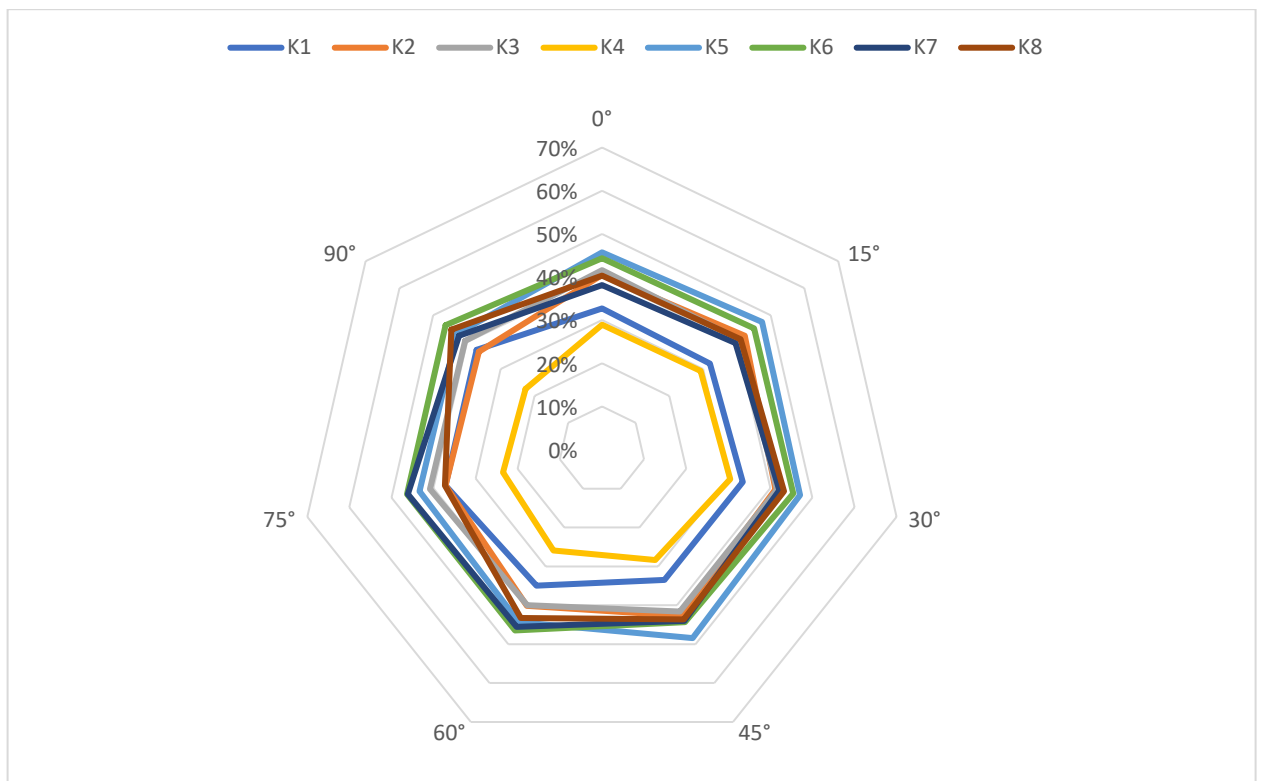
Didžiausia bandinio spindulio santykinė ilginė deformacija bei didžiausia medžiagos deformacijos anizotropija nustatyta K6 megztinei medžiagai. Ši medžiaga buvo metmeninio pynimo tipo, taip pat – didžiausio storio (0,93 mm) iš visų medžiagų. Mažiausiai K6 medžiaga deformavosi 60° kryptimi. Šiuo atveju bandinio spindulys, esant 30 mm įlinkiui, pakito 46 % lyginant su bandinio pradiniu spinduliu. Didelė deformacijos anizotropija pastebima ir kitai tirtai metmeninio mezgimo medžiagai K5, kurios bandinio spindulio didžiausia santykinė ilginė deformacija buvo nustatyta medžiagos kilpų eilučių (90°) kryptimi, ir siekė 42 %. Lyginant metmeninio mezgimo K6 ir K5 medžiagų bandinius tarpusavyje, pastebimas didelis skirtumas tarp šių medžiagų storio. K6 medžiaga yra beveik dvigubai storesnė už K5 medžiagą (storai, atitinkamai, lygūs 0,93 mm ir 0,47 mm). Tačiau K5 medžiagos paviršinis tankis didesnis (207 g/m²) už K6 medžiagos paviršinį tankį (218 g/m²). K5 medžiaga yra tankesnė už K6 medžiagą (tankumo koeficientai stulpelių ir eilučių kryptimis, atitinkamai, yra 30 cm⁻¹ ir 47 cm⁻¹ bei 19 cm⁻¹ ir 20 cm⁻¹). Interlokinio pynimo K1 medžiaga deformacinėmis savybėmis neišsiskyrė iš kitų medžiagų. Iš lygiojo skersinio mezgimo medžiagų grupės blogiausiomis deformacinėmis savybėmis pasižymėjo K8 medžiaga. Didžiausia bandinio spindulio santykinė ilginė deformacija buvo įstriža medžiagos kryptimi (45°) ir siekė 43 %. Geriausiomis deformacinėmis savybėmis iš visų lygiojo skersinio pynimo mezginių medžiagų pasižymėjo K4 medžiaga.

Bandinių be junginių deformacijos anizotropijos eksperimento rezultatai sutapo su ankstesniais tyrimais [25], kurie teigia, jog megztinė medžiaga labiau deformuojasi medžiagos kilpų stulpelių kryptimi, lyginant su deformacija eilučių kryptimi. Išskirtiniai atvejai buvo K2 ir K3 medžiagos, kurios labiau deformavosi eilučių kryptimi. Taip galėjo atsitikti, nes šių medžiagų kilpų tankumas eilučių kryptimi buvo ženkliai mažesnis, negu kilpų stulpelių tankumas (atitinkamai 21 cm⁻¹ ir 33 cm⁻¹ K2 medžiagai ir 14 cm⁻¹ ir 28 cm⁻¹ K3 medžiagai).

Didžiausias skirtumas tarp bandinių deformacijos kilpų stulpelių ir eilučių kryptimis pastebėtas K2 ir K5 megztinėse medžiagose. Šių medžiagų bandinių spindulių santykinų ilginių deformacijų skirtumas tarp medžiagų kilpų stulpelių ir eilučių kryptimi buvo apie 7 %. K5 megztinė medžiaga geriau deformavosi kilpų stulpelių kryptimi, K2 – kilpų eilučių kryptimi. Lyginant tarpusavyje šių medžiagų struktūros charakteristikas, nustatyta, jog K5 medžiagos kilpų eilučių tankumo koeficientas buvo didesnis (47 cm⁻¹) už K2 medžiagos kilpų tankumo koeficientą (33 cm⁻¹).

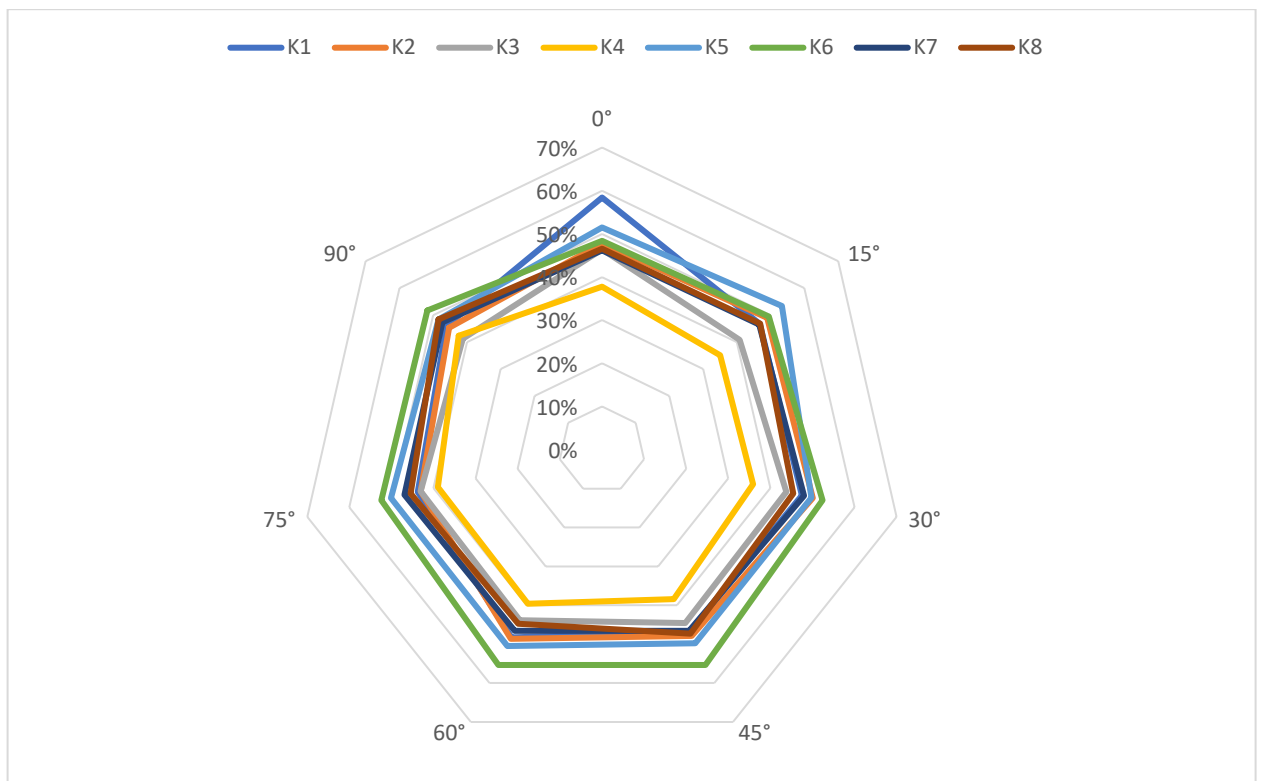
Visų analizuotų megztinių medžiagų bandinių spindulių santykinė ilginė deformacija neviršijo 46 %.

Bandinių su grandininių susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių siūlėmis spindulių santykinų ilginių deformacijų vertės pakito nedaug palyginus su bandiniais be junginių – maksimalus deformacijos pokytis nuo pradinės bandinio spindulio vertės buvo lygus 46,5 % (3.15 pav). Didžiausias pokytis nustatytas K4 medžiagai, kurios bandinio spindulio santykinė ilginė deformacija kilpų stulpelių (junginio ilgine) kryptimi išliko beveik nepakitusi lyginant su bandiniu be junginio. Tačiau sektoriuje, esančiame tarp 45° krypties ir 90° (kilpų eilučių) krypties jis net sumažėjo, ir minimali bandinio spindulio santykinė ilginė deformacija lyginant su bandiniais be junginių nesiekė 23 %. Kaip ir bandinių be junginių, blogiausios deformacinės savybės buvo K5, K6 ir K8 medžiagų. Todėl galima daryti prielaidą, kad grandininių susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių junginio įtaka medžiagos deformacinėms savybėms ir jų anizotropijai nėra reikšminga, ir megztinės medžiagos struktūra daro didžiausią įtaką medžiagos deformacijai.



3.15 pav. Bandinių su grandininių susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių (512) siūliniais junginiais spindulių santykinės ilginės deformacijos vertės medžiagų skirtingoms kryptims

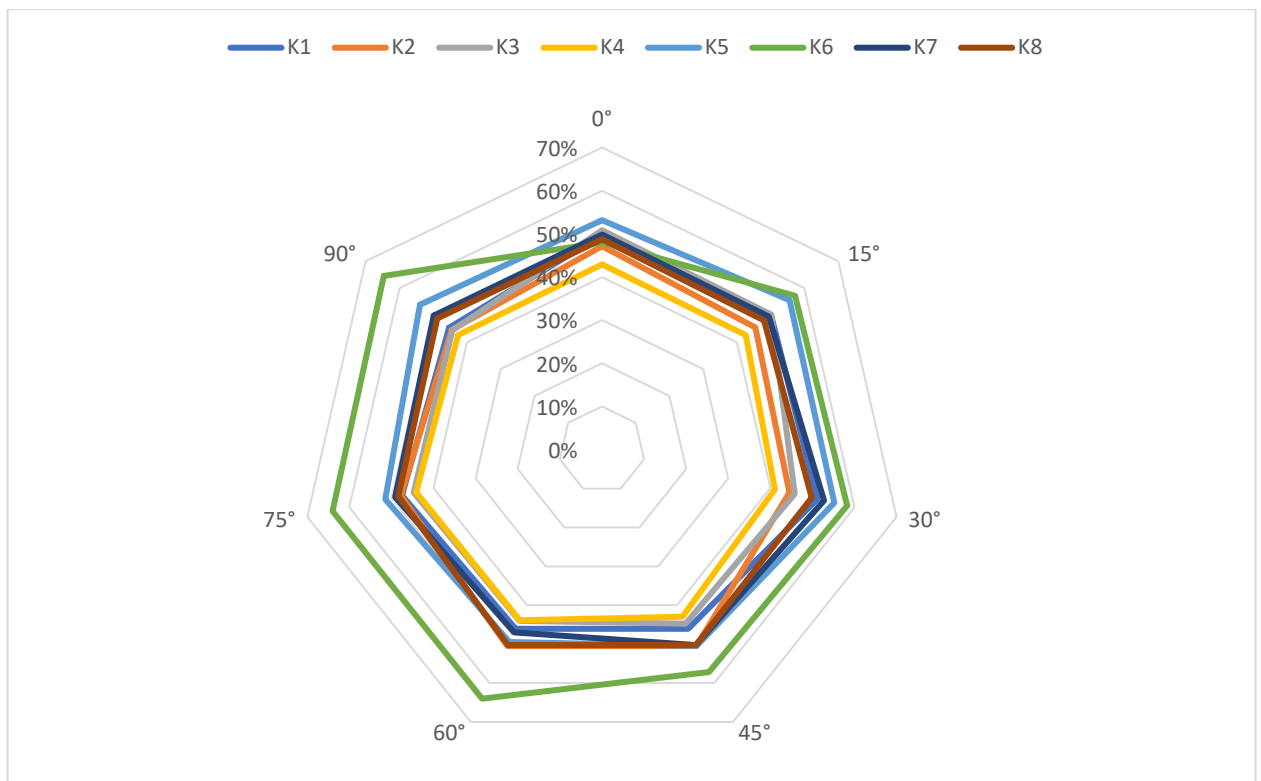
Analizuojant medžiagų, sujungtų dengiamųjų grandininių dygsnių (607) junginiais deformaciją, nustatyta reikšmingesnė šio junginio įtaka už (512) tipo dygsnių siūlių daromą įtaką (3.16 pav.). Šiame paveiksle matyti, kad nors ir kitomis kryptimis įvairioms medžiagoms bandinio spindulio santykinė ilginė deformacija skiriasi, tačiau junginio (0°) kryptimi šis skirtumas sumažėja. Ši tendencija akivaizdi K2, K3, K5, K6 ir K7 mėgztinėms medžiagoms. K4 medžiagos bandinio spindulio santykinė ilginė deformacija ir (607) tipo dygsnių junginiuose išlieka minimali lyginant su kitomis medžiagomis. Išsiskiria K1 medžiaga, kurios bandinio spindulio santykinė ilginė deformacija junginio kryptimi siekia 58 %. Ši medžiaga iš kitų išsiskiria pynimo tipu – ji yra interlokinio pynimo.



3.16 pav. Bandinių su dengiamųjų grandininė dygsnių (607) siūliniais junginiais spindulių santykinės ilginės deformacijos vertės medžiagų skirtingoms kryptims

Reikšmingiausia junginio įtaka medžiagų deformacijos anizotropijai matoma klijuotų junginių atveju (3.17 pav.). Nepaisant medžiagos struktūros charakteristikų skirtumų matyti, kad junginio kryptimi bandinio spindulio santykinė ilginė deformacija visoms medžiagoms yra panaši. Mažiausia bandinio spindulio santykinė ilginė deformacija junginio kryptimi, kaip ir visais kitais atvejais, nustatyta K4 megzatinei medžiagai – ji siekia 43 %. Didžiausia bandinio spindulio santykinė ilginė deformacija klijuotinio junginio kryptimi nustatyta K5 medžiagai ir siekia 53 %.

K4 medžiagos bandinių spindulių santykinė ilginė deformacija yra mažiausia visoms kitoms kryptims, lyginant su kitomis medžiagomis. Didžiausia bandinių spindulių santykinė ilginė deformacija visomis kryptimis, išskyrus 0°, nustatyta K6 megzatinei medžiagai. Didžiausia bandinio spindulio santykinės ilginės deformacijos vertė gaunama 90° (medžiagos kilpų eilučių) kryptimi ir siekia kiek daugiau už 64 %.



3.17 pav. Bandinių su klijuotinais junginiais spindulių santykinės ilginės deformacijos vertės medžiagų skirtingoms kryptims

Apibendrinant megztinių medžiagų struktūros įtakos deformacijos anizotropijai tyrimų rezultatus galima teigti, kad tirtų medžiagų deformacinės savybės priklauso nuo medžiagos storio, pynimo tipo, kilpų tankumo koeficientų eilučių bei stulpelių kryptimis. Visgi, megztinės medžiagos struktūros parametrai reikšmingą įtaką daro tik medžiagų bandiniams be junginių ir bandiniams su grandininių susiuvimo-apsiūlėjimo (512) dygsnių siūlėmis. Atsiradus dengiamųjų grandininių dygsnių (607) ir klijuotiniam junginiui, siūlinio ar klijuotinio junginio įtaka deformacijų anizotropijai tampa reikšmingesnė, negu medžiagos struktūriniai parametrai.

IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

1. Atliktų tyrimų rezultatai parodė, jog junginiai daro įtaką megztinių medžiagų, pagamintų iš poliesterio ir elastano pluoštų siūlų, komfortiškumo savybėms.
2. Laidumo orui tyrimo rezultatai parodė, kad megztinių medžiagų jungimas siūliniu ir klijuotiniu būdais daro įtaką jų laidumui orui. Megztinių medžiagų laidumas orui daugiausiai sumažėja klijuotinių junginių atveju (nuo 19,9 % iki 60,0 % lyginant su megztinės medžiagos bandiniais be junginių). Antroje vietoje pagal laidumo orui sumažėjimą buvo megztinių medžiagų siūliniai junginiai, sujungti 607 tipo grandininių dengiamųjų dygsnių peltakiais. 512 tipo grandininių susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių peltakiais sujungtų megztinių medžiagų laidumas orui pakito mažiausiai palyginti su megztinių medžiagų bandiniais, kuriuose nebuvo junginių.
3. Įvertinus matavimo slėgio įtaką megztinių medžiagų ir jų junginių storiui nustatyta, jog medžiagų be junginių ir su jais storio vertė, išmatuota esant skirtingam matavimo slėgiui, priklauso nuo medžiagų akytumo, kuris daro esminę įtaką laidumui orui.
4. Tyrimo rezultatai parodė, jog siūliniai ir klijuotiniai junginiai blogina megztinių medžiagų deformacines savybes. Didžiausią įtaką daro klijuotiniai junginiai (megztinių medžiagų eilučių kryptimi bandinių spindulių verčių pokytis, lyginant su bandinių be junginių spinduliais, svyravo nuo 13 iki 39 %, o megztinės medžiagos kilpų stulpelių kryptimi – nuo 8 iki 27 %), mažiausią įtaką megztinių medžiagų deformacijos anizotropijai sudarė grandininių susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių (512) siūliniai junginiai (medžiagų kilpų eilučių kryptimi šis pokytis kito nuo 2 iki 9 % skirtingoms megztinėms medžiagoms, kilpų stulpelių kryptimi bandinio deformacijos pokytis buvo dar mažesnis ir svyravo nuo 1 iki 6 %, išskyrus išskirtinį K5 medžiagos atvejį).
5. Laidumo orui ir deformacijų anizotropijos tyrimų rezultatai patvirtino tokią pačią aprangos gaminių komfortiškumo savybės blogėjimo tendenciją: klijuotiniai junginiai daro didžiausią neigiamą įtaką, o mažiausią – grandininių susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių (512) siūliniai junginiai.
6. Atsižvelgiant į laidumo orui ir deformacijų anizotropijos tyrimų rezultatus rekomenduojama sporto ir laisvalaikio aprangos gaminius projektuoti vengiant junginių kritinėse gaminio vietose, pvz., pažastyse, keliuose, alkūnėse, kurios turi garantuoti tinkamą medžiagos laidumą orui (šilumos ir drėgmės mainams) ir geras deformacines savybes. Jeigu tose vietose nėra galimybės išvengti junginių, tuomet rekomenduojama parinkti grandininių susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių (512) siūlinius junginius, kurie mažiausiai pablogintų gaminio komfortiškumą.
7. Aprangos medžiagų ir priedų gamintojai vysto inovatyvius gaminius, skirtus pagerinti aprangos junginių savybes, tokius, kaip labai tamprios adhezinės juostelės su išpjovomis ar labai pūrūs ir tamprūs tekstūruotieji daugiagijai siūlai. Nors paminėti gaminiai yra brangesni, tačiau atliktų tyrimų rezultatai patvirtino, kad juos vertėtų plačiau taikyti aukštos kokybės komfortiškai sporto ir laisvalaikio aprangai gaminti.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. OGLAKSIOGLUE, N., MARMARALI, A. Thermal Comfort Properties of Some Knitted Structures. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, January / December 2007, Vol. 15, No. 5 - 6 (64 - 65).
2. JORDEVA, S., ČORTOŠEVA, S., MOJSOV, K., ŽEŽOVA, S., RISTESKI, S., KUZMANOSKA, V. D. The influence of the structural characteristics of cotton and polyester knitted fabrics on the thermos-physiological comfort. *Advanced technologies*, 2017, Vol. 6, No. 1, p. 88-92.
3. ERYURUK, S. H., KALAOGLU, F. Analysis of the performance properties of knitted fabrics containing elastane. *International journal of clothing science and technology*, 2016, Vol. 28, No. 4, p. 463-479.
4. TOUN, A. An Investigation of arcing in two structure weft knit fabrics, MSc Thesis. *North Carolina State University, Textile & Apparel Technology & Management*, 2005, 127 p.
5. ELNASHAR, E. A., Volume porosity and air permeability in knitting fabrics. *IJRAET*, 3, p. 75-80 (2017).
6. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. [LST EN ISO 4921. Knitting. Basic concepts. Vocabulary. Available at: www.lsd.lt, 2007.
7. TREIGIENĖ R. *Mezgimo teorijos pagrindai*. KTU leidykla „Technologija“ (2011).
8. BHATTACHARYA, S.S., AJMERI, J.R., Factors affecting air permeability of viscose & excel single jersey fabric, *International journal of engineering research and development*, 2013, Vol. 5, No. 7, p. 48-54.
9. UNAL, P. G., ÜREYEN, M. E., MECIT, D. *Fiber. Polym.*, 13, 87 (2012).
10. DAS, B. DAS, A., KOTHARI, V. K., FANGUIERO, ARAUJO M., *Fiber. Polym.*, 9, 225 (2008).
11. P., RIVIN, D., KENDRICK C. SCREUDER-GIBSON, H. *Text. Res. J.*, 69, 311 (1999).
12. OZKAN, E.T., MERIC, B. *Text. Res. J.*, 85, p. 62 (2015).
13. OGULATA, R. T., MAVRUZ, S. Investigation of Porosity and Air Permeability Values of Plain Knitted Fabrics. *Fibres Text. East. Eur.*, p. 18, 71 (2010).
14. CHIDAMBARAM, P., GOVIND, R., VENKATARAMAN, K. Ch. The Effect of Loop Length and Yarn Linear Density on the Thermal Properties of Bamboo Knitted Fabrics. *Autex Res. J.*, 11, 102 (2011).
15. DEHKORDI, S. S. H., GHANE, M., ABDELLAHI, S. B., SOULTANZADEH, M. B. Numerical modelling of the air permeability of knitted fabric using computational fluid dynamics (CFD) method. *Fibers and polymers*, 2017, Vol.18, No.9, p. 1804-1809.
16. DEGIRMENCI Z., CORUH E., The Influences of Loop Length and Raw Material on Bursting Strength Air Permeability and Physical Characteristics of Single Jersey Knitted Fabrics. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, March 2017, Vol.12(1).
17. IMRITH, M. K., UNMAR, R., ROSENEE S. Investigating the Relationship between Knitted Fabric Porosity and Light Permeability. *Indian Journal of Materials Science*, 2016, 1 (2016).
18. R. A. M. Abd El-Hady, *IJARSE*, 5, 7 (2016).
19. ÖNER, E., OKUR, A. Thermophysiological comfort properties of selected knitted fabrics and design of T-shirts. *The Journal of The Textile Institute*, December 2014, p.1-12.
20. EL-HADY, R. A. M., Enhancing the functional properties of weft knitted fabrics made from polyester microfibers for apparel use. *International Design Journal*, 4, p. 219 (2014).

21. HAVLOVÁ, M., ŠPÁNKOVÁ, J. Porosity of knitted fabrics in the aspect of air permeability – Discussion of selected assumptions. *Fibres & textiles in Eastern Europe* 2017, Vol. 25, No. 3, p. 86-91.
22. JONES I., STYLIOS G. K. Joining textiles: principles and applications. *Woodhead Publishing*, Cambridge, 2013.
23. AUDZEVIČIŪTĖ-LIUTKIENĖ I., MASTEIKAITĖ V., JUCIENĖ M., SACEVIČIENĖ V., DOBILAITĖ V. Investigation of knitted fabrics and the deformation of their assemblies by the Y-shaped specimen method. *Textile Research Journal*, September 2018, Vol.88(18), pp.2093-2103.
24. KLEVAITYTĖ R., MASTEIKAITĖ V. Anisotropy of Woven Fabric Deformation after Stretching. *Fibres & Textiles in Eastern Europe* 008, Vol. 16, No. 4 (69) (2007).
25. DAUKANTIENĖ, V., PAPRECKIENĖ, L., GUTAUSKAS, M. Simulation and Application of the Behaviour of a Textile Fabric while Pulling it Through a Round Hole. 2002.
26. TRUNCYTĖ, D., PAPRACKIENĖ, L., GUTAUSKAS, M. Behaviour of Textile Membranes while Being Pulling Through a Hole by the Constrained Method. 2007.
27. PRIYALATHA S., RAJA D. Investigation on wicking behavior of the knitted fabrics under different deformation state. *The Journal of The Textile Institute*, 03 July 2017, Vol.108(7), p.1112-1121
28. ABGHARY M. J., HASANI H., NEDDOUSHAN J. Prediction of deformation behavior of interlock knitted fabrics in different directions using FEM method. *The Journal of The Textile Institute*, January 2018, Vol.109(1), p.1-7.
29. DEGIRMENCI Z., CORUH E., The Influences of Loop Length and Raw Material on Bursting Strength Air Permeability and Physical Characteristics of Single Jersey Knitted Fabrics. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, March 2017, Vol.12(1).
30. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. [LST EN ISO 5084]. Textiles. Determination of thickness of textiles and textile products. Available at: www.lsd.lt, 2000.
31. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. [LST EN 12127]. Textiles. Fabrics. Determination of mass per unit area using small samples. Available at: www.lsd.lt, 1999.
32. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. [LST EN 14971]. Textiles. Knitted fabrics. Determination of number of stitches per unit length and unit area. Available at: www.lsd.lt, 2006.
33. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. [LST ISO 4915]. Textiles. Stitch types. Classification and terminology (identical ISO 4915:1991). Available at: www.lsd.lt, 1991.
34. EL SHAKANKERY, M. H., KASEM, M. H., AL-EBIARY, M. E. Predicting Air Permeability of Nylon Parachute Fabrics. *International Design Journal*, 7, 235 (2006).
35. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. [LST EN ISO 9237]. Textiles. Determination of permeability of fabrics to air. Available at: www.lsd.lt, 1997.
36. DOMSKIENĖ J., DAUKANTIENĖ V. *Aprangos medžiagų ir gaminių tyrimai ir analizė*. KTU leidykla „Technologija“. 23, 62 (2018).
37. BENLTOUFA, F., FAYALA, M., CHEIKHROUHOU, S., NASRALLAH, S. B. *Autex Res. J.*, 7, p. 63 (2007).
38. SIROFAST Fabric Assurance by Simple Testing. Available at: www.tft.csiro.au, 1994.

39. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. [LST ISO 13934-1]. Textiles. Tensile properties of fabrics. Part 1: Determination of maximum force and elongation at maximum force using the strip method. Available at: www.lsd.lt, 2013..
40. MIKALAUŠKAITĖ G., DAUKANTIENĖ V. in “AUTEX 2016: 16th World Textile Conference, 8-10 June 2016, Ljubljana, Slovenia: book of abstracts”, University of Ljubljana, 2016, pp. 218-220.
41. MIKALAUŠKAITĖ G., DAUKANTIENĖ V. in “Chemistry and chemical technology 2017: proceedings of the International Conference”, Kaunas University of Technology, Kaunas, 2017, p. 48.
42. JAKUBČIONIENĖ, Ž., MASTEIKAITĖ, V. Investigation of textile bonded seams. *Materials Science (Medžiagotyra)*, 2010, Vol. 16, No. 1. p. 76-79.
43. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. [LST EN ISO 139]: Textiles. Standard atmospheres for conditioning and testing. Available at: www.lsd.lt, 2006.
44. RAHMAN S., SMRITI, S. A, SIDDIQA, M. S. F., Investigate the Relation among Thickness, Relative Porosity and Air Permeability of different types of Knitted Fabrics. *IJCET.*, 5, p. 3907 (2015).
45. DELKUMBUREWATTER, G. B., DIAS, T. *Fiber. Polym.*, 10, 226 (2008).
46. ZHENG J., KOMATSU T., TAKATERA M., INUI, S., BAO L., SHIMIZU Y. Relationship Between Uniaxial and Strip Biaxial Tensile Properties of Fabrics. *Textile Research Journal*, March 2008, Vol.78(3), pp.224-231.
47. SEWFREE® PRODUCTS. BEMIS. Prieiga per internetą < <https://www.bemisworldwide.com/products/sewfree> >.
48. SEAMSOFT. COATS. Prieiga per internetą < <https://www.coats.com/Products/Threads-and-Yarns/Seamsoft/Seamsoft> >.
49. FOR SOFT SEAMS. GUTERMANN. Prieiga per internetą < <https://industry.guetermann.com/en/products/piuma> >.

PRIEDAI

1 priedas. Giedrės Vadeikės tyrimo rezultatų publikacijų sąrašas.

STRAIPSNIAI RECENZUOJAMUOSE MOKSLO LEIDINIUOSE

Web of Science duomenų bazėje indeksuotuose leidiniuose su cituojamumo rodikliu

Tarptautinėse leidyklose

1. Daukantienė, Virginija; **Vadeikė, Giedrė**. Evaluation of the air permeability of elastic knitted fabrics and their assemblies // International journal of clothing science and technology. Bingley: Emerald. ISSN 0955-6222. eISSN 1758-5953. 2018, vol. 30, iss. 6, p. 839-853.

STRAIPSNIS RECENZUOJAMOJE UŽSIENIO TARPTAUTINĖS KONFERENCIJOS MEDŽIAGOJE

1. Mikalauskaitė, Gerda; Daukantienė, Virginija; **Vadeikė, Giedrė**. Experimental study of the comfort properties of knitted fabrics and their joined elements // Key engineering materials. Trans Tech Publications ISSN 1013-9826, eISSN 1662-9795. 2019, vol. 800, p. 315-319.

STRAIPSNIS RECENZUOJAMOJE TARPTAUTINIŲ KONFERENCIJŲ PRANEŠIMŲ MEDŽIAGOJE

Nacionalinėse leidyklose

1. Mikalauskaitė, Gerda; **Vadeikė, Giedrė**; Daukantienė, Virginija. Investigation of the behaviour of fibrous materials' adhesive bonds // CYSENI 2018 [elektroninis išteklius]: 15th international conference of young scientists on energy issues, 23-25 May 2018, Kaunas, Lithuania. Kaunas: Lithuanian Energy Institute. eISSN 1822-7554. 2018, p. 392-398. [M.kr.: T008] [Indėlis: 0,333]

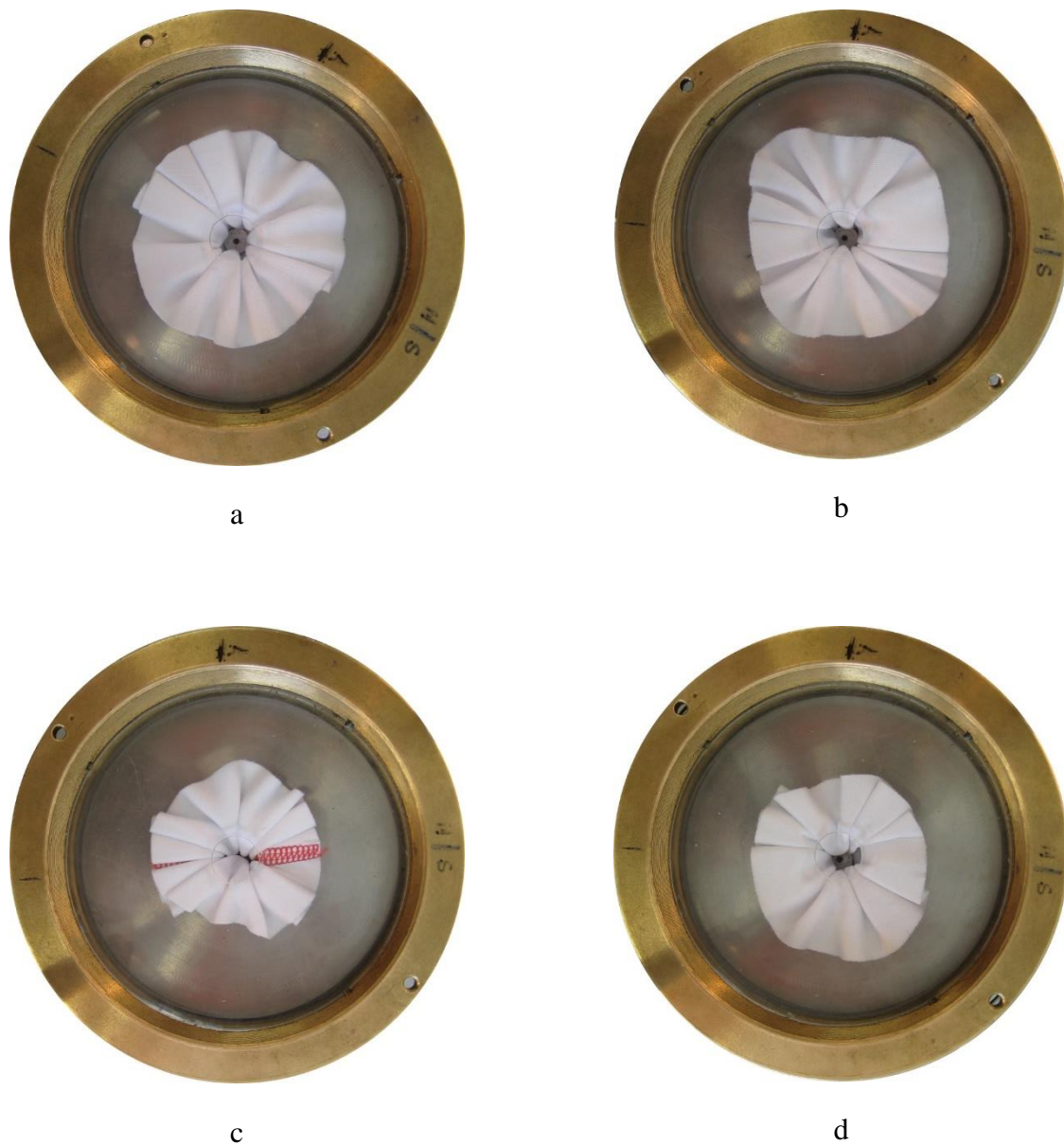
2 priedas. Megztinių medžiagų ir jų junginių laidumo orui tyrimo rezultatai

P1 lentelė. Laidumo orui tyrimo pradiniai ir statistinio apdorojimo rezultatai

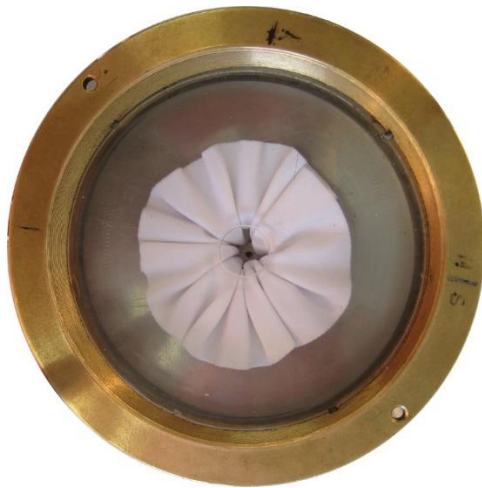
Medžiaga	Gamintojo artikulas	Bandinio kodas	Dengiamųjų grandininių dygsnių (607) siūlinis junginys	Grandininių susiuvimo- apsiūlėjimo dygsnių(512) siūlinis junginys	Bandinys be junginių	Klijuotinis junginys
	P5 THT 951	K1	38	45	52	23
			37	48	52	22
			37	47	55	23
			36	45	55	22
			37	46	52	23
			±1 (3,5%)	±2 (2,4%)	±3 (3,8%)	±1 (3,0%)
	mq	251,6	37,0	46,2	53	23
K1	$R = (q_v / A) * 167, \text{ mm/s};$		309,0	385,8	444,2	188,7
	NANDO	K2	25	27	34	20
			22	29	35	19
			22	30	37	22
			22	28	35	19
			25	28	36	20
			± 2(8,8%)	± 2(2,3%)	±1 (4,0%)	±2 (7,6%)
	mq	218,8	23	28	35	20
K2	$R = (q_v / A) * 167, \text{ mm/s};$		193,7	237,1	295,6	167,0
	5723 PAKAITA	K3	34	40	37	20
			30	39	37	18
			30	38	40	17
			31	36	40	19
			34	38	37	19
			± 3 (8,0%)	±2 (4,8%)	±2 (5,3%)	±1 (7,6%)
	mq	235,5	32	38	38	19
K3	$R = (q_v / A) * 167, \text{ mm/s};$		265,5	319,0	319,0	155,3
	ATLANTA	K4	46	55	51	29
			45	53	53	27
			43	52	55	28
			45	54	53	29
			46	53	53	29
			±2 (3,8%)	±1 (2,7%)	±2 (3,3%)	±1 (3,9%)
	mq	254	45	53	53	28

K4	R = (qv / A)*167, mm/s;		375,8	445,9	442,6	237,1		
	TAVO LARA	K5	85,0	82	85	55		
			85,0	82	85	52		
			90,0	81	85	52		
			90,0	84	85	50		
			80,0	86	90	52		
			85,0	84	90			
					±4 (4,6%)	±2 (2,3%)	±3 (4,7%)	±2 (4,3%)
	m _q	218	86	83	87	52		
K5	R = (qv / A)*167, mm/s;		716,7	694,4	723,7	435,9		
	COLORADO	K6	63,0	64,0	66	55		
			65,0	63,0	66	51		
			66,0	65,0	67	54		
			66,0	66,0	64	52		
			65,0	65,0	64	50		
					± 2(2,3%)	±1 (2,2%)	±2 (2,5%)	±3 (4,9%)
			m _q	207,1	65	65	65	52
K6	R = (qv / A)*167, mm/s;		542,8	539,4	546,1	437,5		
	MITI LYCRA	K7	27,0	28,0	27	15		
			28,0	28,0	28	15		
			27,0	29,0	28	14		
			24,0	27,0	28	15		
			27,0	29,0	30	14		
					±2 (7,1%)	±1 (3,7%)	±1 (4,8%)	±1 (4,7%)
			m _q	262,3	27	28	28	15
K7	R = (qv / A)*167, mm/s;		222,1	235,5	235,5	121,9		
	384 MALAGA	K8	30,0	32,0	46	19		
			28,0	33,0	45	18		
			31,0	34,0	46	18		
			29,0	35,0	44	17		
			31,0	35,0	44	18		
					± 2(5,4 %)	±2 (4,8%)	±1 (2,8%)	±1 (4,9%)
			m _q	195	30	34	45	18
K8	R = (qv / A)*167, mm/s;		248,8	282,2	375,8	150,3		

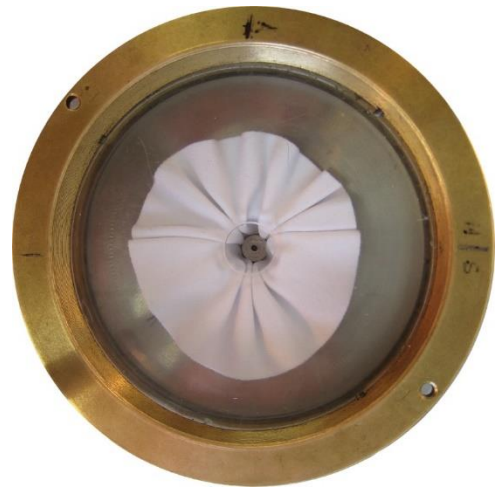
3 priedas, Tipiniai megztinių medžiagų bandinių vaizdai, analizuoti deformacijos anizotropijos tyrime



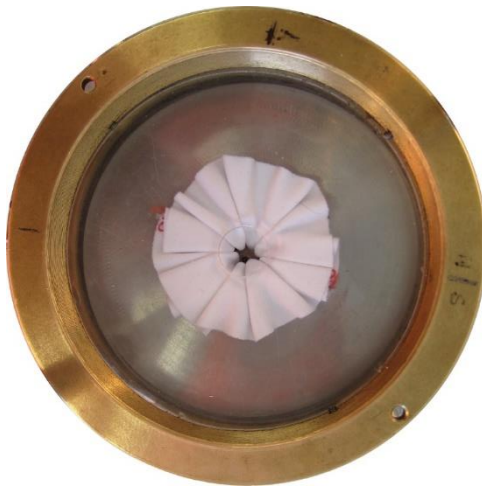
P1 pav. K1 megztinės medžiagos bandinių vaizdai: a – be junginio; b – su (512) grandininio susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių siūliniu junginiu; c – su (607) grandininio susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių siūliniu junginiu; d – su klijuotiniu junginiu



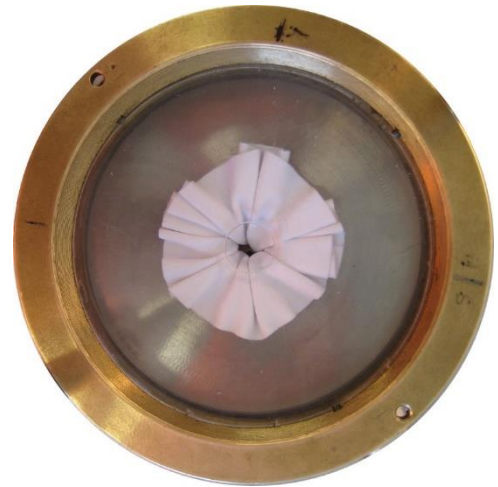
a



b

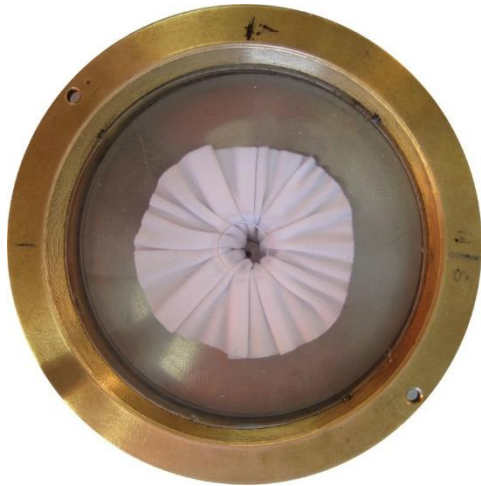


c

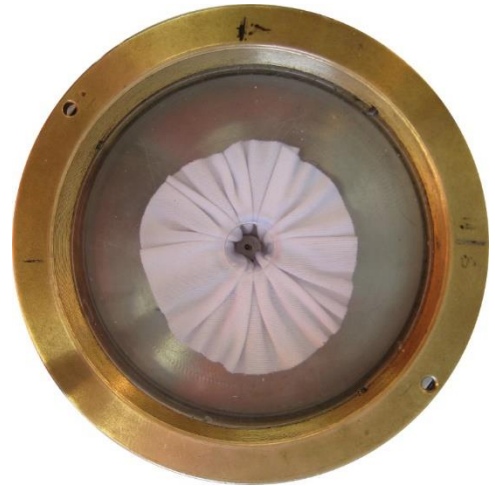


d

P2 pav. K2 megztinės medžiagos bandinių vaizdai: a – be junginio; b – su (512) grandininio susiuvimo-apsiulėjimo dygsnių siūliniu junginiu; c – su (607) grandininio susiuvimo-apsiulėjimo dygsnių siūliniu junginiu; d – su klijuotiniu junginiu



a



b



c



d

P3 pav. K3 megztinės medžiagos bandinių vaizdai: a – be junginio; b – su (512) grandininio susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių siūliniu junginiu; c – su (607) grandininio susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių siūliniu junginiu; d – su klijuotiniu junginiu



a



b



c

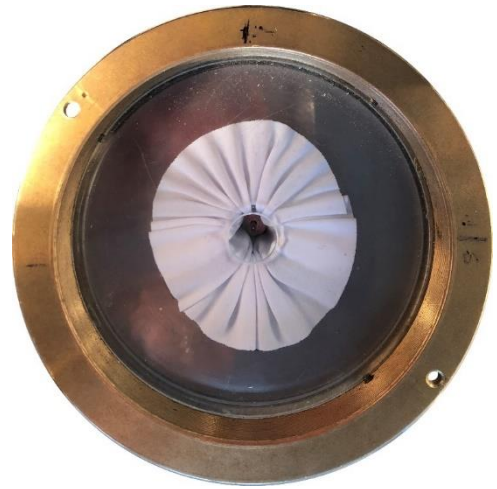


d

P4 pav. K4 megztinės medžiagos bandinių vaizdai: a – be junginio; b – su (512) grandininio susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių siūliniu junginiu; c – su (607) grandininio susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių siūliniu junginiu; d – su klijuotiniu junginiu



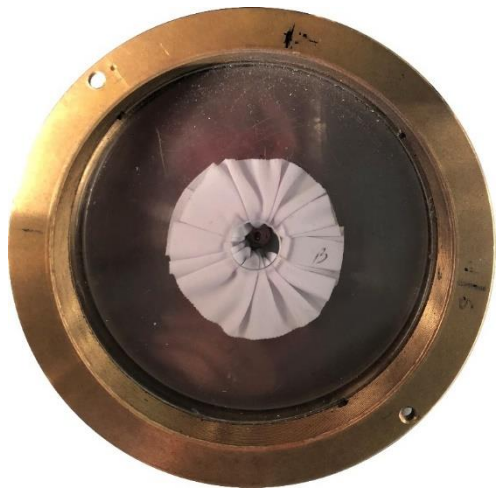
a



b

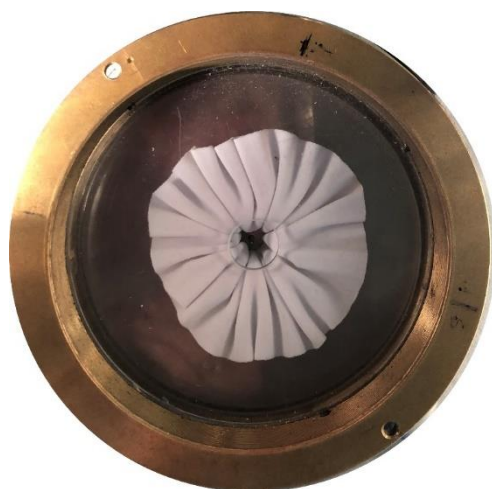


c



d

P5 pav. K5 megztinės medžiagos bandinių vaizdai: a – be junginio; b – su (512) grandininio susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių siūliniu junginiu; c – su (607) grandininio susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių siūliniu junginiu; d – su klijuotiniu junginiu



a



b



c



d

P6 pav. K6 megztinės medžiagos bandinių vaizdai: a – be junginio; b – su (512) grandininio susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių siūliniu junginiu; c – su (607) grandininio susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių siūliniu junginiu; d – su klijuotiniu junginiu



a



b



c

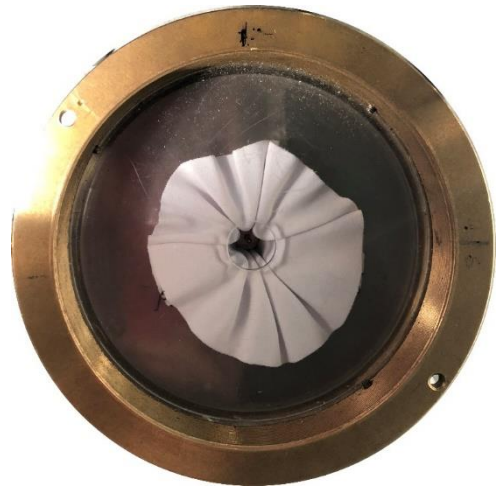


d

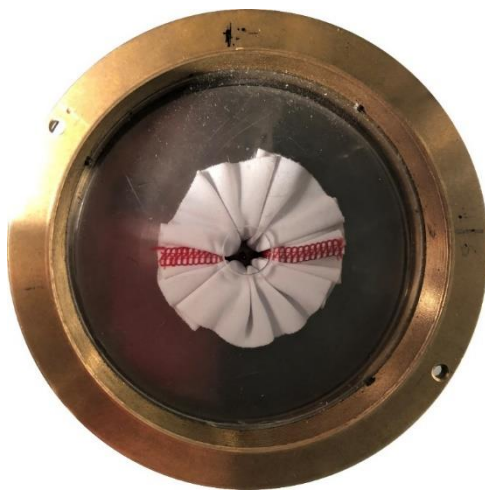
P7 pav. K7 megztinės medžiagos bandinių vaizdai: a – be junginio; b – su (512) grandininio susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių siūliniu junginiu; c – su (607) grandininio susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių siūliniu junginiu; d – su klijuotiniu junginiu



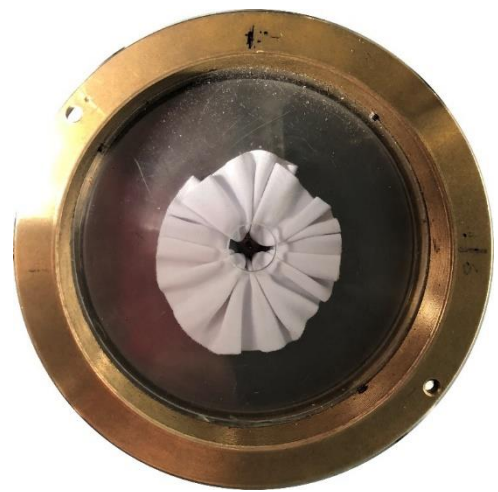
a



b



c



d

P8 pav. K8 megztinės medžiagos bandinių vaizdai: a – be junginio; b – su (512) grandininio susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių siūliniu junginiu; c – su (607) grandininio susiuvimo-apsiūlėjimo dygsnių siūliniu junginiu; d – su klijuotiniu junginiu

4 Priedas. Megztinių medžiagų ir jų junginių deformacijos anizotropijos tyrimo rezultatai
P2 lentelė, Megztinių medžiagų ir jų junginių deformacijos anizotropijos eksperimento rezultatai

	Medžiaga	Be junginių	Gradiniai susiuvimo-apsiulėjimo dygsniai (512)	Dengiamieji grandininiai dygsniai (607)	Klijuotinis junginys
	K1	0°			
1		35,19	41,40	22,77	28,98
2		31,05	39,33	-	26,91
3		37,26	35,19	22,77	31,05
4		37,26	35,19	22,77	26,91
5		39,33	37,26	24,84	26,91
Aritmetinis vidurkis (mm)		36,02	37,67	23,29	28,15
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		3,14	2,70	1,04	1,85
Dispersija		9,86	7,28	1,07	3,43
Variacijos koeficientas, %		8,72	7,16	0,04	6,58
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		3,90	3,35	1,65	2,30
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		10,82	8,89	7,07	8,17
Pasikliautinojo intervalo pradžia		32,12	34,32	21,64	25,85
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		39,92	41,03	24,93	30,45
		K1	15°		
1	35,19		39,33	28,98	26,91
2	35,19		37,26	31,05	26,91
3	37,26		35,19	33,12	31,05
4	35,19		37,26	28,98	26,91
5	41,40		41,40	26,91	-
Aritmetinis vidurkis (mm)	36,85		38,09	29,81	27,95
Vidutinis kvadratinis nuokrypis	2,70		2,36	2,36	2,07
Dispersija	7,28		5,55	5,57	4,28
Variacijos koeficientas, %	7,33		6,20	7,92	7,41
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)	3,35		2,93	2,93	3,29
Santykinė atsitiktinė paklaida, %	9,09		7,69	9,83	11,79
Pasikliautinojo intervalo pradžia	33,50		35,16	26,88	24,65
Pasikliautinojo intervalo pabaiga	40,20		41,02	32,74	31,24
	K1		30°		
1		37,26	37,26	29,98	26,91
2		37,26	35,19	31,05	26,91
3		37,26	33,12	31,05	31,05
4		39,33	41,40	29,98	26,91
5		39,33	39,33	26,91	24,84
Aritmetinis vidurkis (mm)		38,09	37,26	29,39	27,32
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		1,13	3,27	1,73	2,27
Dispersija		1,29	10,71	3,00	5,14
Variacijos koeficientas, %		2,98	8,78	5,89	8,30
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		1,41	4,06	2,15	2,82
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		3,70	10,91	7,32	10,30
Pasikliautinojo intervalo pradžia		36,68	33,20	27,24	24,51
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		39,50	41,32	31,54	30,14
		K1	45°		

1		35,19	35,19	28,98	31,05
2		37,26	35,19	33,12	28,98
3		37,26	35,19	31,05	31,05
4		39,33	41,40	28,98	31,05
5		39,33	39,33	26,91	28,98
Aritmetinis vidurkis (mm)		36,67	37,26	29,81	30,22
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		1,73	2,93	2,36	1,13
Dispersija		3,00	8,57	5,57	1,29
Variacijos koeficientas, %		4,60	7,86	7,92	3,75
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		2,15	3,62	2,93	1,41
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		5,71	9,75	9,83	4,65
Pasikliautinojo intervalo pradžia		35,52	33,63	26,88	28,81
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		39,82	40,89	32,74	31,63
		60°			
1		35,19	37,26	26,91	31,05
2		37,26	35,19	-	28,98
3		37,26	35,19	31,05	31,05
4		37,26	39,33	28,98	31,05
5		39,33	35,19	28,98	28,98
Aritmetinis vidurkis (mm)		37,26	36,43	28,98	30,22
Vidutinis kvadratinis nuokrypis	K1	1,46	1,85	1,69	1,13
Dispersija		2,14	3,43	2,86	1,29
Variacijos koeficientas, %		3,93	5,08	5,83	3,75
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		1,82	2,30	2,69	1,41
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		4,88	6,31	9,28	4,66
Pasikliautinojo intervalo pradžia		35,44	34,13	26,29	32,81
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		39,08	38,73	31,67	31,63
		75°			
1		37,26	37,26	28,98	28,98
2		35,19	35,19	33,12	31,05
3		33,12	35,19	33,12	31,05
4		35,19	35,19	33,12	31,05
5		37,26	33,12	26,91	24,84
Aritmetinis vidurkis (mm)		36,02	35,19	31,50	29,39
Vidutinis kvadratinis nuokrypis	K1	1,13	1,46	2,93	2,70
Dispersija		1,29	2,14	8,57	7,28
Variacijos koeficientas, %		3,15	4,16	9,43	9,18
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		1,41	1,82	3,63	3,35
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		3,91	5,16	11,71	11,40
Pasikliautinojo intervalo pradžia		34,61	33,37	27,42	26,04
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		37,43	37,01	34,68	32,75
		90°			
1	K1	37,26	37,26	31,05	31,05

2		37,27	33,12	31,00	31,05
3		35,19	37,26	28,98	28,98
4		35,19	33,12	31,05	33,12
5		35,19	35,19	28,98	28,98
Aritmetinis vidurkis (mm)		36,02	35,19	30,22	30,64
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		1,13	2,07	1,13	1,73
Dispersija		1,29	4,28	1,29	3,00
Variacijos koeficientas, %		3,15	5,88	3,75	5,65
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		1,41	2,57	1,41	2,15
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		3,91	7,30	4,66	7,02
Pasikliautinojo intervalo pradžia		34,61	32,62	28,81	28,49
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		37,43	37,76	31,63	32,79
		0°			
1		31,05	35,19	28,98	31,05
2		33,12	35,19	-	28,98
3		34,16	30,02	30,02	28,98
4		31,05	33,12	31,05	32,09
5		39,33	33,12	26,91	26,91
Aritmetinis vidurkis (mm)		33,74	33,33	29,24	29,60
Vidutinis kvadratinis nuokrypis	K2	3,40	2,12	1,77	2,02
Dispersija		11,57	4,50	3,12	4,07
Variacijos koeficientas, %		10,08	6,37	6,05	6,82
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		4,22	2,63	2,81	2,51
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		12,52	7,90	9,62	8,46
Pasikliautinojo intervalo pradžia		29,52	30,69	26,43	27,10
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		37,96	35,96	32,05	32,11
		15°			
1		29,98	31,05	26,91	31,05
2		33,12	35,19	31,05	31,05
3		33,12	31,05	28,98	31,05
4		33,12	31,05	31,05	-
5		37,26	33,12	24,84	28,98
Aritmetinis vidurkis (mm)		33,12	32,29	28,57	30,53
Vidutinis kvadratinis nuokrypis	K2	2,93	1,85	2,70	1,04
Dispersija		8,57	3,43	7,28	1,07
Variacijos koeficientas, %		8,84	5,73	9,45	3,39
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		3,63	2,30	3,35	1,65
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		10,97	7,12	11,73	5,39
Pasikliautinojo intervalo pradžia		29,49	29,99	25,22	28,89
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		36,75	34,59	31,92	32,18
		30°			
1	K2	31,05	31,05	25,88	28,98
2		33,12	31,05	30,02	31,05

3		33,12	33,12	26,91	28,98	
4		35,19	35,19	31,05	35,19	
5		33,12	34,16	25,88	31,05	
Aritmetinis vidurkis (mm)		33,12	32,91	27,95	31,05	
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		1,46	1,85	2,43	2,54	
Dispersija		2,14	3,43	5,89	6,43	
Variacijos koeficientas, %		4,42	5,63	8,69	8,17	
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		1,82	2,30	3,01	3,15	
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		5,49	6,98	10,78	10,14	
Pasikliautinojo intervalo pradžia		31,30	30,61	24,93	27,90	
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		34,94	35,21	30,96	34,20	
		45°				
1		33,12	28,98	28,98	28,98	
2		33,12	31,05	31,05	28,98	
3		37,26	31,05	26,91	24,84	
4		35,19	35,19	28,98	26,91	
5		33,12	34,16	30,02	28,98	
Aritmetinis vidurkis (mm)	K2	34,36	32,09	29,19	27,74	
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		1,85	2,54	1,54	1,85	
Dispersija		3,43	6,43	2,36	3,43	
Variacijos koeficientas, %		5,39	7,90	5,26	6,68	
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		2,30	3,15	1,91	2,30	
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		6,69	9,81	6,53	8,29	
Pasikliautinojo intervalo pradžia		32,06	28,94	27,28	25,44	
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		36,66	35,23	31,09	30,04	
			60°			
1			35,19	35,19	26,91	28,98
2			35,19	33,12	31,05	24,84
3			37,26	31,05	28,98	26,91
4			35,19	35,19	30,02	27,95
5		35,19	33,12	26,91	30,02	
Aritmetinis vidurkis (mm)	K2	35,60	33,53	28,77	27,74	
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		0,93	1,73	1,85	1,99	
Dispersija		0,86	3,00	3,43	3,96	
Variacijos koeficientas, %		2,60	5,17	6,44	7,18	
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		1,15	2,15	2,30	2,47	
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		3,23	6,41	7,99	8,91	
Pasikliautinojo intervalo pradžia		34,46	31,38	26,47	25,27	
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		36,75	35,68	31,07	30,21	
		75°				
1	K2	35,19	35,19	31,05	-	
2		37,26	35,19	35,19	28,98	
3		39,33	35,19	32,09	30,02	

4		37,26	34,16	32,09	31,05
5		35,19	36,23	28,98	26,91
Aritmetinis vidurkis (mm)		36,85	35,19	31,88	29,24
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		1,73	0,73	2,24	1,77
Dispersija		3,00	0,54	5,03	3,12
Variacijos koeficientas, %		4,70	2,08	7,04	6,05
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		2,15	0,91	2,79	2,81
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		5,84	2,58	8,74	9,62
Pasikliautinojo intervalo pradžia		34,70	34,28	29,09	26,43
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		39,00	36,10	34,66	32,05
		90°			
1		37,26	33,12	31,05	35,19
2		35,19	35,19	33,12	31,05
3		41,40	37,26	28,98	31,05
4		41,40	35,19	30,02	31,05
5		33,12	37,26	30,02	26,91
Aritmetinis vidurkis (mm)	K2	37,67	35,60	30,64	31,05
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		3,70	1,73	1,57	2,93
Dispersija		13,71	3,00	2,46	8,57
Variacijos koeficientas, %		9,83	4,86	5,12	9,43
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		4,60	2,15	1,95	3,63
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		12,20	6,04	6,36	11,71
Pasikliautinojo intervalo pradžia		33,08	33,45	28,69	27,42
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		42,27	37,75	32,59	34,68
		0°			
1		36,23	34,16	30,02	26,91
2		33,12	32,09	-	26,91
3		39,33	31,05	32,09	27,95
4		32,09	31,05	26,91	26,91
5		33,12	35,19	31,05	28,98
Aritmetinis vidurkis (mm)	K3	34,78	32,71	30,02	27,53
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		2,98	1,88	2,24	0,93
Dispersija		8,89	3,54	4,99	0,86
Variacijos koeficientas, %		8,57	5,75	7,45	3,36
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		3,70	2,33	3,56	1,15
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		10,65	7,14	11,85	4,17
Pasikliautinojo intervalo pradžia		31,07	30,37	26,46	26,38
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		38,48	35,04	33,57	28,68
		15°			
1		37,26	33,12	31,05	27,68
2	K3	33,12	35,19	35,19	26,65
3		39,33	31,05	31,05	28,71
4		34,16	31,05	37,26	27,68

5		34,16	35,19	31,05	28,70	
Aritmetinis vidurkis (mm)		35,60	33,12	33,12	27,88	
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		2,60	2,07	9,93	0,86	
Dispersija		6,75	4,28	8,57	0,74	
Variacijos koeficientas, %		7,30	6,25	8,84	3,08	
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		3,23	2,57	3,63	1,07	
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		9,06	7,76	10,97	3,82	
Pasikliautinojo intervalo pradžia		32,38	30,55	29,49	26,82	
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		38,83	35,69	36,75	28,95	
		30°				
1		37,26	33,12	31,05	32,80	
2		37,26	35,19	35,19	28,70	
3		41,40	33,12	31,05	29,73	
4		35,19	28,98	28,98	30,75	
5		36,23	33,12	31,05	29,73	
Aritmetinis vidurkis (mm)	K3	37,47	32,71	31,46	30,34	
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		2,36	2,27	2,27	1,55	
Dispersija		5,57	5,14	5,14	2,41	
Variacijos koeficientas, %		6,30	6,93	7,21	5,12	
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		2,93	2,82	2,82	1,93	
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		7,82	8,61	8,95	6,36	
Pasikliautinojo intervalo pradžia		34,54	29,89	28,65	28,41	
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		40,40	35,52	34,28	32,27	
			45°			
1			38,30	31,05	31,05	33,83
2			38,30	36,23	33,12	30,75
3			40,37	33,12	31,05	30,75
4			34,16	28,98	28,98	29,73
5			36,23	34,16	31,05	29,73
Aritmetinis vidurkis (mm)	K3	37,47	32,71	31,05	30,96	
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		2,36	2,80	1,46	1,68	
Dispersija		5,57	7,82	2,14	2,83	
Variacijos koeficientas, %		6,30	8,55	4,71	5,44	
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		2,93	3,47	1,82	2,09	
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		7,82	10,62	5,85	6,75	
Pasikliautinojo intervalo pradžia		34,54	29,23	29,23	28,87	
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		40,40	26,18	32,87	33,05	
			60°			
1			38,30	31,05	33,12	33,83
2		37,26	36,23	35,19	30,75	
3		38,30	34,16	31,05	30,75	
4		35,19	-	28,98	30,75	
5		37,26	33,12	28,98	30,75	

Aritmetinis vidurkis (mm)		37,26	33,64	31,46	31,37	
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		1,27	2,15	2,70	1,37	
Dispersija		1,61	4,64	7,28	1,89	
Variacijos koeficientas, %		3,40	6,41	8,58	4,38	
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		1,57	3,43	3,35	1,71	
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		4,22	10,19	10,65	5,44	
Pasikliautinojo intervalo pradžia		35,69	30,21	28,11	29,66	
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		38,83	37,07	34,82	33,07	
		75°				
1		37,26	32,09	31,05	33,83	
2		36,23	35,19	33,12	30,75	
3		37,26	34,16	33,12	28,70	
4		36,23	28,98	31,05	30,75	
5		35,19	35,19	31,05	30,75	
Aritmetinis vidurkis (mm)	K3	36,43	33,12	31,88	30,96	
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		0,87	2,64	1,13	1,83	
Dispersija		0,75	6,96	1,29	3,36	
Variacijos koeficientas, %		2,38	7,97	3,56	5,92	
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		1,08	3,28	1,41	2,28	
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		2,95	9,89	4,42	7,35	
Pasikliautinojo intervalo pradžia		35,36	29,84	30,47	28,68	
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		37,51	36,40	33,29	33,23	
			90°			
1			36,23	33,12	32,09	33,83
2			37,26	36,23	33,12	31,78
3			36,23	33,12	34,16	28,70
4			37,26	31,05	33,12	28,70
5			35,19	33,12	32,09	32,80
Aritmetinis vidurkis (mm)	K3	36,43	33,33	32,91	31,16	
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		0,87	1,85	0,87	2,36	
Dispersija		0,75	3,43	0,75	5,57	
Variacijos koeficientas, %		0,02	5,56	2,63	7,57	
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		1,07	2,30	1,08	2,93	
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		2,95	6,90	3,27	9,40	
Pasikliautinojo intervalo pradžia		35,36	31,03	31,84	28,23	
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		37,51	35,63	33,99	34,09	
			0°			
1			41,65	39,10	35,70	32,30
2		36,55	40,80	33,15	31,45	
3		40,80	40,80	35,70	33,15	
4		41,65	39,10	34,00	32,30	
5		42,50	39,10	35,70	30,60	
Aritmetinis vidurkis (mm)	K4	40,63	39,78	34,85	31,96	

Vidutinis kvadratinis nuokrypis		2,36	0,93	1,20	0,97
Dispersija		5,56	0,87	1,45	0,94
Variacijos koeficientas, %		5,81	2,34	3,45	3,03
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		2,93	1,16	1,49	1,20
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		7,21	2,91	4,28	3,77
Pasikliautinojo intervalo pradžia		37,70	38,62	33,36	30,76
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		43,56	40,94	36,34	33,16
		15°			
1		40,80	39,10	37,40	30,60
2		38,25	40,80	36,55	33,15
3		39,10	41,65	36,55	34,00
4		42,50	37,40	35,70	31,45
5		43,35	39,10	35,70	31,45
Aritmetinis vidurkis (mm)		40,80	39,61	36,38	32,13
Vidutinis kvadratinis nuokrypis	K4	2,17	1,66	0,71	1,40
Dispersija		4,70	2,75	0,51	1,95
Variacijos koeficientas, %		5,31	4,18	1,96	4,35
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		2,69	2,06	0,88	1,73
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		6,59	5,19	2,43	5,40
Pasikliautinojo intervalo pradžia		38,11	37,55	35,50	30,40
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		43,49	41,67	37,26	33,86
		30°			
1		42,50	37,40	35,70	32,30
2		39,10	40,80	35,70	34,00
3		38,25	41,65	36,55	34,00
4		43,35	36,55	35,70	34,00
5		42,50	38,25	35,70	30,60
Aritmetinis vidurkis (mm)		41,14	38,93	35,89	32,98
Vidutinis kvadratinis nuokrypis	K4	2,30	2,20	0,38	1,52
Dispersija		5,27	4,84	0,14	2,31
Variacijos koeficientas, %		5,58	5,65	1,06	4,61
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		2,85	2,73	0,47	1,89
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		6,93	7,02	1,32	5,72
Pasikliautinojo intervalo pradžia		38,29	36,20	35,40	31,09
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		43,99	41,66	36,34	34,87
		45°			
1		40,80	37,40	34,00	28,90
2		39,10	43,35	33,15	33,15
3		40,80	42,50	35,70	32,30
4	K4	43,35	38,25	34,00	32,30
5		42,50	39,10	35,70	33,15
Aritmetinis vidurkis (mm)		41,31	40,12	34,51	31,96
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		1,66	2,65	1,14	1,76

Dispersija		2,75	7,01	1,30	3,11
Variacijos koeficientas, %		4,01	6,60	3,31	5,52
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		2,06	3,29	1,42	2,19
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		4,98	8,19	4,10	6,85
Pasikliautinojo intervalo pradžia		39,25	36,83	33,09	29,77
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		43,37	43,41	35,93	34,15
		60°			
1		40,80	39,10	34,85	28,90
2		39,10	45,05	32,30	32,30
3		40,80	42,50	32,30	33,15
4		41,65	39,95	32,30	30,60
5		40,80	40,80	37,40	32,30
Aritmetinis vidurkis (mm)		40,63	41,48	33,83	31,45
Vidutinis kvadratinis nuokrypis	K4	0,93	2,36	2,28	1,70
Dispersija		0,87	5,56	5,20	2,89
Variacijos koeficientas, %		2,29	5,69	6,74	5,41
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		1,16	2,93	2,83	2,11
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		2,85	7,06	8,37	6,71
Pasikliautinojo intervalo pradžia		39,47	38,55	31,00	29,34
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		41,79	44,41	36,66	33,56
		75°			
1		39,10	41,65	34,85	30,60
2		39,10	47,60	32,30	31,45
3		39,10	43,35	35,70	32,30
4		41,65	42,50	30,60	30,60
5		39,95	39,10	37,40	31,45
Aritmetinis vidurkis (mm)		39,78	42,84	34,17	31,28
Vidutinis kvadratinis nuokrypis	K4	1,11	3,10	2,72	0,71
Dispersija		1,23	9,61	7,37	0,51
Variacijos koeficientas, %		2,79	7,24	7,95	2,27
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		1,38	3,85	3,37	0,88
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		3,46	8,98	9,86	2,82
Pasikliautinojo intervalo pradžia		38,40	38,99	30,80	30,40
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		41,16	46,69	37,50	32,16
		90°			
1		39,10	42,50	32,30	30,60
2		38,25	47,60	34,00	25,70
3		38,25	45,05	34,00	34,00
4		42,50	42,50	30,60	28,90
5		40,80	39,10	30,40	31,45
Aritmetinis vidurkis (mm)		39,78	43,35	32,26	32,13
Vidutinis kvadratinis nuokrypis	K4	1,84	3,18	1,75	2,72
Dispersija		3,40	10,12	3,07	7,37

Variacijos koeficientas, %		4,63	7,34	5,43	8,45
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		2,29	3,95	2,17	3,37
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		5,75	9,11	6,74	10,49
Pasikliautinojo intervalo pradžia		37,49	39,40	30,09	28,76
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		42,07	47,30	34,43	35,50
		0°			
1		38,00	30,40	25,65	26,60
2		34,20	31,35	26,60	27,55
3		36,10	28,50	26,60	24,70
4		35,15	31,35	25,65	26,60
5		37,05	30,40	31,35	25,65
Aritmetinis vidurkis (mm)		36,10	30,40	27,17	26,22
Vidutinis kvadratinis nuokrypis	K5	1,50	1,16	2,38	1,08
Dispersija		2,26	1,35	5,69	1,17
Variacijos koeficientas, %		4,16	3,83	8,78	4,13
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		1,87	1,44	2,96	1,35
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		5,17	4,75	10,90	5,13
Pasikliautinojo intervalo pradžia		34,24	28,96	24,21	24,88
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		37,97	31,84	30,13	27,57
		15°			
1		37,05	30,40	26,60	24,70
2		36,10	28,50	25,65	26,60
3		36,10	31,35	24,70	23,75
4		34,20	30,40	27,55	25,65
5		37,05	26,60	-	23,75
Aritmetinis vidurkis (mm)		36,10	29,45	26,13	24,89
Vidutinis kvadratinis nuokrypis	K5	1,16	1,90	1,23	1,24
Dispersija		1,35	3,61	1,50	1,53
Variacijos koeficientas, %		3,22	6,45	4,70	4,98
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		1,44	2,36	1,95	1,54
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		4,00	8,01	7,47	6,18
Pasikliautinojo intervalo pradžia		34,66	27,09	24,17	23,35
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		37,54	31,81	28,08	26,43
		30°			
1		38,00	28,50	28,50	22,80
2		36,10	32,30	26,60	26,60
3		37,05	29,45	25,65	25,65
4		36,10	30,40	28,50	27,55
5		38,00	27,55	31,35	22,80
Aritmetinis vidurkis (mm)		37,05	29,64	28,12	25,08
Vidutinis kvadratinis nuokrypis	K5	0,95	1,83	2,19	2,19
Dispersija		0,90	3,34	4,78	4,78
Variacijos koeficientas, %		2,56	6,17	7,78	8,72

Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		1,18	2,27	2,72	2,72
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		3,18	7,65	9,66	10,83
Pasikliautinojo intervalo pradžia		35,87	27,37	25,41	22,37
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		38,23	31,91	30,84	27,80
		45°			
1	K5	38,00	26,60	27,55	28,50
2		38,00	32,30	26,60	28,50
3		37,05	28,50	26,60	26,60
4		33,25	30,40	29,45	28,50
5		37,05	26,60	30,40	26,60
Aritmetinis vidurkis (mm)		36,67	28,88	28,12	27,74
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		1,97	2,48	1,73	1,04
Dispersija		3,88	6,14	2,98	1,08
Variacijos koeficientas, %		5,37	8,58	6,14	3,75
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		2,45	3,08	2,14	1,29
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		6,67	10,65	7,62	4,66
Pasikliautinojo intervalo pradžia		34,22	25,81	25,98	26,45
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		39,12	31,96	30,26	29,03
			60°		
1	K5	36,10	30,40	26,60	28,50
2		35,15	34,20	26,60	31,35
3		38,00	30,40	27,55	25,65
4		34,20	32,30	28,50	28,50
5		36,10	28,50	29,45	27,55
Aritmetinis vidurkis (mm)		35,91	31,16	27,74	28,31
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		1,41	2,17	1,24	2,06
Dispersija		1,99	4,69	1,53	4,24
Variacijos koeficientas, %		3,92	6,95	4,47	7,28
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		1,75	2,69	1,54	2,56
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		4,87	8,63	5,54	9,03
Pasikliautinojo intervalo pradžia		34,16	28,47	26,20	25,75
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		37,66	33,85	29,28	30,87
			75°		
1	K5	34,20	31,35	26,60	23,75
2		32,30	34,20	28,50	30,40
3		34,20	30,40	27,55	26,60
4		33,25	32,30	28,50	28,50
5		34,20	30,40	28,50	26,60
Aritmetinis vidurkis (mm)		33,63	31,73	27,93	27,17
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		0,85	1,59	0,85	2,48
Dispersija		0,72	2,53	0,72	6,14
Variacijos koeficientas, %		2,53	5,01	3,04	9,12

Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		1,06	1,97	1,06	3,08
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		3,14	6,22	3,78	11,32
Pasikliautinojo intervalo pradžia		32,58	29,76	26,88	24,10
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		34,69	33,70	28,99	30,25
		90°			
1		34,20	32,30	28,50	22,80
2		32,30	32,30	29,45	28,50
3		32,30	31,35	27,55	25,65
4		31,35	32,30	28,50	28,50
5		32,30	31,35	30,40	23,75
Aritmetinis vidurkis (mm)		32,49	31,92	28,88	25,84
Vidutinis kvadratinis nuokrypis	K5	1,04	0,52	1,08	2,64
Dispersija		1,08	0,27	1,17	6,95
Variacijos koeficientas, %		3,20	1,63	3,75	10,20
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		1,29	0,65	1,35	3,27
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		3,98	2,02	4,66	12,67
Pasikliautinojo intervalo pradžia		31,20	31,27	27,54	22,57
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		33,78	32,57	30,23	29,11
		0°			
1		28,70	28,70	28,70	29,73
2		29,73	34,85	29,73	28,70
3		32,80	32,80	29,73	28,70
4		34,85	28,70	29,73	29,73
5		35,88	30,75	26,65	28,70
Aritmetinis vidurkis (mm)		32,39	31,16	28,91	29,11
Vidutinis kvadratinis nuokrypis	K6	3,13	2,67	1,34	0,56
Dispersija		9,77	7,14	1,79	0,32
Variacijos koeficientas, %		9,65	8,58	4,62	1,93
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		3,88	3,32	1,66	0,70
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		11,98	10,65	5,74	2,39
Pasikliautinojo intervalo pradžia		28,51	27,84	27,25	28,41
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		36,27	34,48	30,56	29,81
		15°			
1		30,75	27,68	26,65	22,55
2		31,78	34,85	28,70	22,55
3		32,80	30,75	28,70	24,60
4		36,90	30,75	30,75	25,63
5		36,90	29,73	26,65	24,60
Aritmetinis vidurkis (mm)	K6	33,83	30,75	28,29	23,99
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		2,90	2,61	1,72	1,38
Dispersija		8,41	6,83	2,94	1,89
Variacijos koeficientas, %		8,57	8,50	6,06	5,73

Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		3,60	3,24	2,13	1,71
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		10,64	10,55	7,53	7,12
Pasikliautinojo intervalo pradžia		30,23	27,51	26,16	22,28
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		37,42	33,99	30,42	25,69
		30°			
1		29,73	28,70	26,65	21,53
2		31,78	32,80	26,65	22,55
3		32,80	28,70	28,70	24,60
4		34,85	32,80	28,70	24,60
5		-	29,73	22,55	23,58
Aritmetinis vidurkis (mm)		32,29	30,55	26,65	23,37
Vidutinis kvadratinis nuokrypis	K6	2,13	2,10	2,51	1,34
Dispersija		4,55	4,41	6,30	1,79
Variacijos koeficientas, %		6,61	6,88	9,42	5,72
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		3,39	2,61	3,12	1,66
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		10,51	8,54	11,70	7,10
Pasikliautinojo intervalo pradžia		28,89	27,94	23,53	21,71
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		35,68	33,15	29,77	25,03
		45°			
1		32,80	28,70	27,68	22,55
2		30,75	31,78	27,68	22,55
3		30,75	29,73	28,70	26,65
4		34,85	32,80	24,60	24,60
5		36,90	32,80	22,55	23,58
Aritmetinis vidurkis (mm)		33,21	31,16	25,01	23,99
Vidutinis kvadratinis nuokrypis	K6	2,67	1,86	1,72	1,72
Dispersija		7,14	3,47	2,94	2,94
Variacijos koeficientas, %		8,05	5,98	6,86	7,15
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		3,32	2,31	2,13	2,13
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		9,99	7,42	8,51	8,88
Pasikliautinojo intervalo pradžia		29,89	28,85	22,88	21,86
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		36,53	33,47	27,14	26,11
		60°			
1		28,70	27,68	26,65	-
2		27,90	30,75	24,60	20,50
3		31,78	30,75	26,65	-
4		32,80	-	22,55	20,50
5		-	30,75	24,60	19,48
Aritmetinis vidurkis (mm)		30,29	29,98	25,01	20,16
Vidutinis kvadratinis nuokrypis	K6	2,36	1,54	1,72	0,59
Dispersija		5,58	2,36	2,94	0,35
Variacijos koeficientas, %		7,80	5,13	6,86	2,94

Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		3,76	2,45	2,13	1,47
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		12,41	8,16	8,51	7,73
Pasikliautinojo intervalo pradžia		26,53	27,54	22,88	18,69
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		34,05	32,43	27,14	21,63
		75°			
1		30,75	28,70	28,70	20,50
2		29,73	30,75	25,63	20,50
3		31,78	30,75	26,65	-
4		30,75	-	25,63	-
5		36,90	-	26,65	19,48
Aritmetinis vidurkis (mm)		31,98	30,07	26,65	20,16
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		2,84	1,18	1,26	0,59
Dispersija		8,09	1,40	1,58	0,35
Variacijos koeficientas, %		8,89	3,94	4,71	2,94
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		3,53	2,94	1,56	1,47
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		11,04	9,78	5,85	7,29
Pasikliautinojo intervalo pradžia		28,45	27,13	25,09	18,69
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		35,51	33,01	28,21	21,63
		90°			
1		32,80	28,70	28,70	19,48
2		30,75	-	28,70	19,48
3		34,85	31,78	26,65	-
4		28,70	29,73	24,60	-
5		34,85	-	26,65	20,50
Aritmetinis vidurkis (mm)		32,39	30,07	27,06	19,82
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		2,67	1,57	1,72	5,89
Dispersija		7,14	2,45	2,94	0,35
Variacijos koeficientas, %		8,25	5,21	6,34	2,97
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		3,32	3,89	2,13	1,46
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		10,25	12,94	7,87	7,38
Pasikliautinojo intervalo pradžia		29,07	26,18	24,93	18,36
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		35,71	33,96	29,19	21,28
		0°			
1		32,80	32,80	31,77	28,70
2		32,80	34,85	27,68	3,07
3		32,80	37,93	29,73	29,73
4		38,95	34,85	30,75	26,65
5		36,90	32,80	30,75	30,75
Aritmetinis vidurkis (mm)		34,85	34,65	30,14	28,09
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		2,90	2,10	1,55	2,47
Dispersija		8,41	4,41	2,42	6,09
Variacijos koeficientas, %		8,32	6,06	5,16	8,79

Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		3,60	2,61	1,93	3,07
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		10,33	7,53	6,40	10,91
Pasikliautinojo intervalo pradžia		31,25	32,04	28,21	25,02
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		38,45	37,25	32,07	31,15
		15°			
1	K7	32,80	32,80	31,77	27,68
2		32,80	34,85	27,68	28,70
3		29,73	34,85	30,75	28,70
4		36,90	32,80	31,78	26,65
5		36,90	33,83	27,68	29,73
Aritmetinis vidurkis (mm)		33,83	33,83	29,93	28,29
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		3,08	1,03	2,10	1,17
Dispersija		9,46	1,05	4,41	1,37
Variacijos koeficientas, %		9,09	3,03	7,02	4,13
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		3,82	1,27	2,61	1,45
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		11,29	3,76	8,71	5,13
Pasikliautinojo intervalo pradžia		30,01	32,55	27,32	26,84
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		37,64	35,10	32,54	29,74
			30°		
1	K7	37,93	32,80	30,75	27,68
2		32,80	32,80	26,65	26,65
3		30,75	34,85	28,70	26,65
4		34,85	30,75	30,75	24,60
5		36,90	30,75	28,70	26,65
Aritmetinis vidurkis (mm)		34,65	32,39	29,11	26,45
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		2,94	1,72	1,72	1,12
Dispersija		8,62	2,94	2,94	1,26
Variacijos koeficientas, %		8,47	5,30	5,89	4,25
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		3,64	2,13	2,13	1,39
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		10,52	6,57	7,32	5,27
Pasikliautinojo intervalo pradžia		31,00	30,26	26,98	25,05
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		38,29	34,52	31,24	27,84
			45°		
1	K7	36,90	33,83	30,75	30,75
2		32,80	28,70	30,75	26,65
3		32,80	31,78	29,73	30,75
4		34,85	30,75	27,68	26,65
5		37,93	31,78	30,75	24,60
Aritmetinis vidurkis (mm)		35,06	31,37	29,93	27,88
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		2,34	1,86	1,34	2,75
Dispersija		5,46	3,47	1,79	7,56
Variacijos koeficientas, %		6,67	5,94	4,47	9,87

Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		2,90	2,31	1,66	3,41
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		8,28	7,37	5,54	12,25
Pasikliautinojo intervalo pradžia		32,15	29,05	28,27	24,47
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		37,96	33,68	31,59	31,29
		60°			
1		34,85	32,83	27,68	32,80
2		36,90	28,70	30,75	27,68
3		32,80	28,70	30,75	31,78
4		32,80	31,78	27,68	27,68
5		36,90	-	32,80	28,70
Aritmetinis vidurkis (mm)		34,85	30,50	29,93	29,73
Vidutinis kvadratinis nuokrypis	K7	2,05	2,12	2,22	2,40
Dispersija		4,20	4,50	4,94	5,78
Variacijos koeficientas, %		5,88	6,96	7,42	8,09
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		2,55	3,38	2,76	2,98
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		7,30	11,07	9,22	10,04
Pasikliautinojo intervalo pradžia		32,31	27,12	27,17	26,74
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		37,40	33,88	32,69	32,71
		75°			
1		35,88	31,80	29,73	29,73
2		37,93	28,70	29,73	26,65
3		32,80	28,70	31,78	30,75
4		31,77	31,50	26,60	28,70
5		36,90	-	30,75	26,65
Aritmetinis vidurkis (mm)		35,06	30,18	29,73	28,50
Vidutinis kvadratinis nuokrypis	K7	2,65	1,71	1,92	1,83
Dispersija		7,04	2,92	3,68	3,36
Variacijos koeficientas, %		7,57	0,06	6,45	6,44
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		3,29	2,72	2,38	2,28
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		9,40	9,00	8,01	7,99
Pasikliautinojo intervalo pradžia		31,76	27,46	27,34	26,22
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		38,35	32,89	32,11	30,77
		90°			
1		36,90	33,83	29,73	28,70
2		35,88	30,75	29,72	28,70
3		32,80	31,78	30,75	28,70
4		30,75	32,80	24,60	29,73
5		35,88	-	32,80	24,60
Aritmetinis vidurkis (mm)		34,44	32,29	29,52	28,09
Vidutinis kvadratinis nuokrypis	K7	2,57	1,32	3,02	2,00
Dispersija		6,62	1,75	9,14	3,99
Variacijos koeficientas, %		7,47	4,10	10,24	7,11

Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		3,19	2,11	3,75	2,48
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		9,27	6,52	12,72	8,83
Pasikliautinojo intervalo pradžia		31,25	30,18	25,77	25,60
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		37,63	34,39	33,27	30,57
		0°			
1	K8	34,85	35,88	31,78	28,70
2		32,80	34,85	28,70	28,70
3		35,88	30,75	28,70	28,70
4		36,90	32,80	29,73	29,73
5		34,85	32,80	30,75	27,68
Aritmetinis vidurkis (mm)		35,06	33,42	29,93	28,70
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		1,52	2,00	1,34	0,73
Dispersija		2,31	3,99	1,79	0,53
Variacijos koeficientas, %		4,34	5,98	4,47	2,53
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		1,89	2,48	1,66	0,90
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		5,38	7,42	5,54	3,14
Pasikliautinojo intervalo pradžia		33,17	30,93	28,27	27,80
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		36,94	35,90	31,59	29,60
			15°		
1	K8	31,78	36,90	31,78	28,70
2		30,75	35,88	28,70	28,70
3		34,85	29,73	28,70	29,73
4		36,90	32,80	30,75	27,68
5		35,88	29,73	28,70	28,70
Aritmetinis vidurkis (mm)		34,03	33,01	29,73	29,11
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		2,65	3,35	1,45	0,56
Dispersija		7,04	11,24	2,10	0,32
Variacijos koeficientas, %		7,80	10,16	4,88	1,93
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		3,29	4,16	1,80	0,70
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		9,68	12,61	6,05	2,39
Pasikliautinojo intervalo pradžia		30,74	28,84	27,63	28,41
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		37,32	37,17	31,53	29,81
			30°		
1	K8	-	30,75	32,80	28,70
2		-	33,83	28,70	26,65
3		34,85	31,78	30,75	27,68
4		35,88	32,80	31,78	28,70
5		35,88	29,73	28,70	28,70
Aritmetinis vidurkis (mm)		35,53	31,78	30,55	28,09
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		0,59	1,62	1,83	0,92
Dispersija		0,35	2,63	3,36	0,84
Variacijos koeficientas, %		1,67	5,10	6,00	3,26

Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		1,47	2,01	2,28	1,14
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		4,14	6,33	7,45	4,05
Pasikliautinojo intervalo pradžia		34,06	29,76	28,27	26,95
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		37,00	33,79	32,82	29,22
		45°			
1	K8	26,65	30,75	30,75	26,65
2		30,75	29,73	28,70	26,65
3		32,80	32,80	28,70	25,63
4		33,83	31,78	30,75	29,73
5		34,85	32,80	28,70	30,75
Aritmetinis vidurkis (mm)		31,78	31,57	29,52	27,88
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		3,24	1,34	1,12	2,22
Dispersija		10,51	1,79	1,26	4,94
Variacijos koeficientas, %		10,20	4,23	3,80	7,97
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		4,02	1,66	1,39	2,76
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		12,66	5,26	4,72	9,90
Pasikliautinojo intervalo pradžia		27,75	29,91	28,13	25,12
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		35,80	33,23	30,91	30,64
			60°		
1	K8	30,75	30,75	32,80	26,65
2		33,83	28,70	29,73	24,60
3		33,83	32,80	29,73	29,73
4		34,85	33,83	32,80	29,73
5		36,90	32,80	29,73	28,70
Aritmetinis vidurkis (mm)		34,03	31,78	30,96	27,88
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		2,22	2,05	1,68	2,22
Dispersija		4,94	4,20	2,84	4,94
Variacijos koeficientas, %		6,53	6,45	5,44	7,97
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		2,76	2,55	2,09	2,76
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		8,11	8,01	6,76	9,90
Pasikliautinojo intervalo pradžia		31,27	29,23	28,86	25,12
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		36,79	34,32	33,05	30,64
			75°		
1	K8	31,78	33,83	32,80	24,60
2		33,83	38,20	28,70	28,70
3		30,75	36,90	30,75	30,75
4		34,85	34,85	31,78	30,75
5		36,90	31,78	28,70	29,73
Aritmetinis vidurkis (mm)		33,62	35,11	30,55	28,91
Vidutinis kvadratinis nuokrypis		2,45	2,53	1,83	2,55
Dispersija		5,99	6,40	3,36	6,51
Variacijos koeficientas, %		7,28	7,20	6,00	8,83

Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		3,04	3,14	2,28	3,17
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		9,04	8,94	7,45	10,96
Pasikliautinojo intervalo pradžia		30,58	31,97	28,27	25,74
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		36,66	38,25	32,82	32,07
		90°			
1		32,30	30,75	28,70	23,58
2		31,82	30,75	25,63	28,70
3		36,80	-	30,75	30,75
4		33,83	33,83	28,70	29,73
5		30,75	28,70	30,75	30,75
Aritmetinis vidurkis (mm)		33,10	31,01	28,91	28,70
Vidutinis kvadratinis nuokrypis	K8	2,35	2,11	2,10	2,99
Dispersija		5,50	4,47	4,41	8,93
Variacijos koeficientas, %		7,09	6,82	7,27	10,41
Absoliutinė atsitiktinė paklaida (mm)		2,91	3,36	2,61	3,71
Santykinė atsitiktinė paklaida, %		8,80	10,84	9,02	12,93
Pasikliautinojo intervalo pradžia		30,19	27,64	26,30	24,99
Pasikliautinojo intervalo pabaiga		36,01	34,37	31,51	32,41