



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Klijavimo technologijos kintančios kompresijos sporto ir aktyvaus laisvalaikio aprangoje

Baigiamasis magistro projektas

Asta Juškevičiūtė
Projekto autorė

Doc. dr. Kristina Ancutienė
Vadovė

Kaunas, 2019



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Klijavimo technologijos kintančios kompresijos sporto ir aktyvaus laisvalaikio aprangoje

Baigiamasis magistro projektas

Aprangos mados inžinerija (6211FX005)

Asta Juškevičiūtė

Projekto autorė

Doc. dr. Kristina Ancutienė

Vadovė

Doc. dr. Jurgita Domskienė

Recenzentė

Kaunas, 2019



Kauno technologijos universitetas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas
Asta Juškevičiūtė

Klijavimo technologijos kintančios kompresijos sporto ir aktyvaus laisvalaikio aprangoje

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, **Astos Juškevičiūtės**, baigiamasis projektas tema „**Klijavimo technologijos kintančios kompresijos sporto ir aktyvaus laisvalaikio aprangoje**“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

Studijų programa: 6211FX005 Aprangos mados inžinerija

MAGISTRO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Studentui (-ei)

Astai Juškevičiūtei

(Vardas, Pavardė)

1. Baigiamojo Projekto tema –

Klijavimo technologijų taikymas kintančio slėgio aprangos gaminiams

(Lietuvių kalba)

Adhesive technologies in graduated compression garments

(Anglų kalba)

2. Darbo tikslas ir uždaviniai –

Išanalizuoti megztinių medžiagų ir klijuotinių sistemų deformacines savybes, nustatyti klijuotinių sistemų įtaką sukeliama slėgiui bei pasiūlyti alternatyvų kintančio slėgio aprangos gaminių

- 1) Ištirti megztinių medžiagų deformacines savybes daugiacykliu tempimo metodu;
- 2) Nustatyti klijuotinių sistemų deformacines savybes tempimo metu ir įtaką kompresinėms vertėms;
- 3) Palyginti slėgio vertes erdviniam realiam ir virtualiam kintančio slėgio klijuotinės sistemos bandinyje;
- 4) Pasiūlyti ir suprojektuoti originalų kintančio slėgio aprangos gaminį, kurio slėgio kitimas paremtas klijuotinėmis technologijomis.

3. Pradiniai baigiamojo projekto duomenys –

12-ka skirtingų megztinių medžiagų, plėvelės klijuotinėms sistemoms sudaryti

4. Pagrindiniai reikalavimai ir sąlygos –

Originalumas, darbas atliktas pagal magistrantūros studijų baigiamiesiems projektams keliamus reikalavimus

Studentas	Asta Juškevičiūtė		
	<i>(Vardas, Pavardė)</i>	<i>(Parašas)</i>	<i>(Data)</i>
Baigiamojo projekto vadovas	doc. dr. Kristina Ancutienė		
	<i>(Vardas, Pavardė)</i>	<i>(Parašas)</i>	<i>(Data)</i>
Krypties studijų programos vadovas	doc. dr. Jurgita Domskienė		
	<i>(Vardas, Pavardė)</i>	<i>(Parašas)</i>	<i>(Data)</i>

Juškevičiūtė, Asta. Kljavimo technologijos kintančios kompresijos sporto ir aktyvaus laisvalaikio aprangoje. Magistro baigiamasis projektas / vadovė doc. dr. Kristina Ancutienė; Kauno technologijos universitetas, Mechnaikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Technologijų mokslai (F), Polimerų ir tekstilės technologija (F02).

Reikšminiai žodžiai: kljavimo technologijos, kintanti kompresija, kljuotinės sistemos, kompresinė apranga, sporto apranga.

Kaunas, 2019. 65p.

Santrauka

Magistro baigiamajame projekte tirta 12-ka megztinių medžiagų naudojamų sporto ir aktyvaus laisvalaikio aprangos gamyboje ir 4 kljuotinės PU juosteles. Remiantis standartu (LST EN 14704-1) atliekamas 5 ciklų tempimas iki 10N jėgos, siekiant nustatyti megztinių medžiagų tempumo savybes: tempimo rodiklius ir jų pokyčius po ciklinio tempimo. Kompresija nustatyta remiantis Laplaso formulėmis, esant 10 % ir 20 % deformacijoms. Tyrimų rezultatai parodė, kad ne visos megztinės medžiagos tinkamos sporto ir aktyvaus laisvalaikio aprangos gamybai, nes nepasiekia 1-osios kompresinės klasės ribos (<13,30 hPa), esant 10 % ir 20 % deformacijoms nurodytoms kompresinių klasių standartuose bei pasižymi didelėmis liekamosiomis deformacijomis (31,43-38,61 %). Išskirtos trys medžiagos (M12, M7 ir M11), kurios pasižymi geriausiomis kompresinėmis savybėmis bei mažiausiomis liekamosiomis deformacijomis. Tolimesniems tyrimams atrinkta medžiaga – M12, kurios kompresija didžiausia esant 10 % (41,03 hPa) ir 20 % (64,27 hPa) deformacijoms.

Siekiant sudaryti kintančio slėgio kompresiją, sudaromos kljuotinės sistemos, kljuojant 14 mm pločio juosteles ant M12 medžiagos išilgai ir 45° laipsnių kryptimi. Nustatytos tiriamųjų kljuotinių sistemų kompresinės savybės ir pasirinkta geriausia kompresiją užtikrinanti ir mažiausiomis liekamosiomis deformacijomis pasižyminti kljuotinė sistema. Tyrimų rezultatai parodė, kad kljuotinės juostelės turi įtaką pagrindo medžiagos tempimo rodikliams ir kompresijos rezultatams: sumažina tempimo ir liekamąją deformaciją, o kompresiją padidina. Taip pat nustatyta, kad išilgai bandinio kljuotos juostelės sukelia didesnę kompresiją (96,34-126,86 hPa) nei orientuotos įstrižai (57,78-62,17 hPa), esant 10 % deformacijai. Išilgai kljuojant juosteles smarkiai viršijama 4 kompresinės klasės ribos, todėl sporto ir aktyvaus laisvalaikio aprangos kompresiniams gaminiams rekomenduojama naudoti įstrižai kljuojamą plėvelę. Tyrimai parodė, jog iš tirtųjų plėvelių 5500 Dream tinkama geriausiai, nes įstriža kryptimi kljuojant, užtikrina mažiausias liekamąsias deformacijas (po 1-ojo ciklo 3,13 %, po 5-ojo – 4,38 %) ir gerą kompresiją (59,41 hPa).

Pavienės medžiagos M12 ir kljuotinės sistemos M12+5500 Dream kompresija analizuojama Modaris 3D programoje atlikus erdvinę movos vizualizaciją ant 3Ds Max programoje sukurto cilindro. Šio metodo tikslumas tikrinamas eksperimentiniu būdu, nustatant kompresijos pokyčius FlexiForce jutikliais tiriamuosiuose taškuose realiame movos bandinyje. Šiais tyrimais siekta nustatyti kljuotinių juostelių įtaką kompresijos pokyčiams pagrindo medžiagoje ir kljuotinės juostelės vietoje bei užtvirtinti kljuotinių sistemų panaudojimą, projektuojant kintančios kompresijos sporto ir aktyvaus laisvalaikio aprangos gaminius. Nustayta, kad kljuotinės sistemos kompresija virtualioje movos vizualizacijoje ir pavienėje medžiagoje, ir kljuotinėje sistemoje sutampa su realioje movoje išmatuotomis kompresijos vertėmis, nesutapimas gautas 1,6-9,2 %.

Tyrimų rezultatai parodė, kad kljuotinė juostelė 5500 Dream padidino kompresijos vertes ne tik kljuotinės sistemos vietoje, bet ir pagrindo medžiagoje. Atsižvelgiant į rezultatą baigiamajame projekte pasiūlyti kintančios kompresijos sporto ir aktyvaus laisvalaikio gaminiai, paremti kljavimo technologijomis – kompresinės tampinės bei blaudzinės.

Juškevičiūtė, Asta. Adhesive Technologies for Sports and Active Leisure Graduated Compression Clothing. Master's Final Degree Project / supervisor assoc. prof. Kristina Acutienė; Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Technological Science (F), Polymer and Textile Technology (F02).

Keywords: adhesive technologies, graduated compression, compression garments, adhesive film, lower limb, sports wear.

Kaunas, 2019. 65 pages.

Summary

The Master's final project includes the investigation of 12 knitted fabrics used in the production of sports and active leisure time clothing and 4 adhesive PU films. Based on the standard (LST EN 14704-1), 5 cycles of stretching up to 10N force were performed to determine the tensile properties of the knitted fabrics: tensile indexes of their changes after cyclic stretching. The compression was determined by Laplace formulas at 10% and 20% deformation. The research results showed that not all knitted fabrics are suitable for the sports and active leisure time clothing production because they fail to cross the 1st compression class limit (<13,30 hPa) at 10% and 20% deformations in compression class standards and have high residual deformations (31,43-38,61%). The 3 fabrics (M12, M7 and M11), which had the best properties and the lowest residual deformation, were distinguished during the research. The fabric – M12 with a highest compression of 10% (41,03 hPa) and 20 % (64,27 hPa) was selected for the further research.

In order to produce graduated compression pressure, adhesive systems are formed by gluing 14 mm wide films on M12 fabric along the length and on the direction of 45° degree. The compression properties of investigated adhesive systems were determined and adhesive system ensuring the best compression and the lowest residual deformation was selected. The results of the research showed that the adhesive films have an impact on the tensile strength indexes of the fabric and the results of the compression: it reduces tensile and residual deformation and increases compression. It was also found that the films which were glued along the specimen cause the greater compression (96,34-126,86 hPa) than those oriented diagonally (57,78-62,17 hPa). The research showed that 5500 Dream is the most suitable among all investigated films because the diagonal gluing ensures the lowest residual deformation (3.13% after the 1st cycle, 4.38% after 5th and the good compression (59,41 hPa). The compression of the single fabric M12 and the adhesive system M12+5500 Dream was analyzed using the Modaris 3D program by conducting special visualization of the sleeve on a cylinder created in 3Ds MAX program. The accuracy of this method was checked experimentally by determining compression changes with FlexitForce sensors at the testing points of the actual sleeve specimen.

The aim of these studies was to determine the impact of glued films on the compression changes in the base fabric and in the place of the glued film, and to ensure the use of the adhesive systems in designing the graduated compression sports and active leisure clothing products. It was estimated that the compression of the adhesive system in virtual sleeve's visualization, both in the single fabric and in the gluing system coincides with the compression values measured on the actual sleeve, the mismatch was 1,6-9,2%.

The results of the research showed that glued films 5500 Dream increased the compression values not only in the adhesive system area, but also in the base fabric areas. Based on the results, there were the graduated compression sports and active leisure products - compression leggings and calf sleeves, offered in the final project, which were based on adhesive technologies.

Turinys

Lentelių sąrašas	9
Paveikslų sąrašas	10
Įvadas.....	13
1. Literatūros apžvalga	14
1.1. Klijavimo technologijos aprangos gamyboje	14
1.2. Kintančios kompresijos aprangos gaminių analogų ir patentų apžvalga.....	16
1.3. Kompresijos nustatymas skaitiniais ir eksperimentiniais metodais	19
1.3.1. Skaitiniai kompresijos nustatymo metodai.....	20
1.3.2. Eksperimentiniai kompresijos nustatymo metodai.....	23
1.4. Literatūros apžvalgos apibendrinimas	24
2. Tyrimų metodika	25
2.1. Tyrimų objektai	25
2.2. Lenkiamojo standumo nustatymo metodika.....	27
2.3. Daugiaciklio tempimo metodika	27
2.4. Kompresijos tyrimo metodika	29
2.4.1. Kompresijos skaičiavimo metodika	29
2.4.2. Slėgio vizualizavimo virtualiomis technologijomis metodika	29
2.4.3. Slėgio nustatymo jutikliais metodika	33
3. Eksperimentinių tyrimų rezultatai	35
3.1. Klijavimo technologijų įtaka ciklinio tempimo ir kompresijos rodikliams.....	35
3.1.1. Tiriamųjų medžiagų ciklinio tempimo rodiklių palyginamoji analizė	35
3.1.2. Tiriamųjų medžiagų kompresinių savybių rezultatai ir analizė	38
3.1.3. Klijuotinių sistemų ciklinio tempimo rodiklių analizė.....	44
3.1.4. Klijuotinių elementų įtaka sistemos kompresijos vertėms	47
3.1.5. Pavienės medžiagos ir klijuotinės sistemos virtuali erdvinė vizualizacija ant cilindro.....	49
4. Klijavimo technologijos kintančios kompresijos sportinėje ir aktyvaus laisvalaikio aprangoje dizaino sprendimai	58
Literatūros sąrašas	62
Priedai.....	66
1 Priedas. Tiriamųjų megztinių medžiagų M1-M12 tempimo iki 10 N kreivės	66
2 Priedas. Klijuotinių sistemų tempimo kreivės iki 10 N jėgos	68
3 Priedas. Klijavimo technologijų dizaino sprendimai kintančios kompresijos sporto ir aktyvaus laisvalaikio blaudzinėse	69
4 Priedas. Klijavimo technologijų dizaino sprendimai kintančios kompresijos sporto ir aktyvaus laisvalaikio tamprėse	70

Lentelių sąrašas

1.1 lentelė. Kintančios kompresijos sporto ir aktyvaus laisvalaikio aprangos patentų ir analogų analizė.....	17
1.2 lentelė. Plačiausiai naudojami kompresinių gaminių standartai ir kompresijos klasės (mmHg).....	20
2.1 lentelė. Tiriamųjų megztinių medžiagų pagrindinės charakteristikos.....	25
2.2 lentelė. Polimerinės klijuotinės plėvelės/juostelės.....	26
2.3 lentelė. STIROVAP MP 98 klijavimo preso specifikacijos.....	27
2.4 lentelė. Cilindro parametrai.....	30
3.1 lentelė. Tiriamųjų medžiagų M1-M12 elastingumo laipsnio reitingavimas nuo mažiausio iki didžiausio.....	38
3.2 lentelė. Tiriamųjų medžiagų kompresijos vertės, esant 10 % deformacijai (hPa).....	38
3.3 lentelė. Tiriamųjų medžiagų kompresijos vertės esant 20 % deformacijai (hPa).....	39
3.4 lentelė. Plačiausiai naudojami kompresinių gaminių standartai ir kompresijos klasės (hPa).....	40
3.5 lentelė. Apibendrinti klijuotinių juostelių ant medžiagos M12 ciklinio tempimo rodiklių rezultatai	46
3.6 lentelė. M12 klijuotinių sistemų kompresijos dydis (hPa), esant 10 % deformacijai	47
3.7 lentelė. Apskaičiuotos slėgio vertės medžiagos M12 taškuose C, K, D ir S, neįvertinant siūlės mechaninių savybių	49
3.8 lentelė. Apskaičiuotos slėgio vertės medžiagos M12 taškuose C, K, D ir S, esant elastingai siūlei	50
3.9 lentelė. Apskaičiuotos slėgio vertės medžiagos M12 taškuose C, K, D ir S, esant standžiai siūlei	51
3.10 lentelė. Apskaičiuotos slėgio vertės klijuotinės sistemos taškuose C, K, D ir S, neįvertinant siūlės mechaninių savybių	53
3.11 lentelė. Apskaičiuotos kompresijos vertės klijuotinės sistemos taškuose C, K, D ir S, esant elastingai siūlei	54
3.12 lentelė. Apskaičiuotos slėgio vertės klijuotinės sistemos taškuose C, K, D ir S, esant standžiai siūlei	55
3.13 lentelė. M12 ir M12+5500 Dream realių movų sukiamas slėgis taškuose C, K ir D, hPa (mmHg)	56
4.1 lentelė. Sporto ir aktyvaus laisvalaikio gaminių kintančios kompresijos vertės.....	58
4.2 lentelė. Kintančios kompresijos blauzdinių ir tamprių klijuotinių elementų dizaino sprendimai <i>FLESH</i>	59
4.3 lentelė. Kintančios kompresijos blauzdinių ir tamprių klijuotinių elementų dizaino sprendimai <i>LOTUS</i>	59
4.4 lentelė. Kintančios kompresijos blauzdinių ir tamprių klijuotinių elementų dizaino sprendimai <i>BINDWEED</i>	60

Paveikslų sąrašas

1.1 pav. Klijuotinių sistemų panaudojimo pavyzdžiai	14
1.2 pav. Siūlių sandarinimo mazgų pavyzdžiai: 1 – kišenės mezgo tvirtinamo prie pagrindo medžiagos dviadate siuvimo mašina klijavimas; 2 – užsago užtrauktuko siūlių klijavimas; 3 – išorėje esančių siuvimo užlaidų klijavimas; 4 – pagrindinių detalių jungiamojo mazgo klijavimas; 5 – plokščiasiūle apdoroto mazgo klijavimas.....	15
1.3 pav. Detalių jungimo mazgų pavyzdžiai: 1 – uždaro kontūro detalės jungimas klijų plėvele; 2 – dviejų detalių jungimas užkeistine klijuotine siūle; 3 – trijų detalių jungimas klijų plėvele, įterpiant detalę; 4 – vidinių užlaidų klijavimas.....	15
1.4 pav. Klijuotinių sistemų mazgų pavyzdžiai išskirtiniam dizainui sukurti: 1 – klijuotinės plėvelės klijavimas ant užtrauktuko; 2 – klijuotinio elemento tiesioginis klijavimas ant pagrindo medžiagos; 3 – klijuotinio elemento klijavimas ant pagrindo medžiagos krašto, jungimas su kitu pagrindo medžiagos sluoksniu ir susiuvimas plokščiasiūle siuvimo mašina	15
1.5 pav. Klijavimo technologijų panaudojimo pjūvio pavyzdžiai gaminio pozicijos išlaikymui: 1 – orui laidus dengimas silikono elementais; 2 - vientisas silikono elementas (prastas pralaidumas orui)	16
1.6 pav. Kirptinių kraštų apdorojimo mazgų pavyzdžiai: 1 – dviejų kirptinių kraštų apdirbimas sujungiant klijuotine plėvele; 2 – lazeriu pjauto krašto palankos sudarymas klijuotine plėvele; 3 – kirptinio krašto dvigubos palankos sudarymas ir klijavimas	16
1.7 pav. Kūno galūnės skerspjūvis: a – homogeniškas slėgis sukeliamas kompresinio drabužio į vieno spindulio skerspjūvį; b – kulkšnies skerspjūvis; c – heterogeninis slėgis sukeliamas į konkretų kulkšnies skerspjūvį, turintį kelis skirtingus kreivumo spindulius; d – heterogeninis slėgio pasiskirstymas, skerspjūviuose išilgai kojos: šlaunyje, kelyje, blauzdoje ir kulkšnyje.....	21
1.8 pav. TC2 skeneriu gauti kūno skerspjūviai: a - rankų, viršutinės kūno dalies ir šlaunų; b – apatinių kūno galūnių	22
1.9 pav. 3D CAD programos spalviniai žemėlapiai: a – įtempčių; b – ištįsos; c – slėgio	22
1.10 pav. Slėgio jutikliai: 1 – Peratech QTC™; 2 – Interlink FSR®; 3 – Sensitronics® FSR; 4 – Tactilus® Sensor; 5 – Tekscan Flex	23
1.11 pav. Kompresijos matavimo sistemos: a - statinės kompresijos sukeltos į cilindrinį kūną sistema; b – dinaminės kompresijos pokyčius pusrutulio paviršiuje fiksuojantis prietaisas; c – pusrutulio paviršiuje išdėstyti jutikliai, registruojantys kompresijos ir deformacijų parodymus laike	24
2.1 pav. Klijavimo preso STIROVAP MP 98 schema: 1 – rankena, viršutiniai preso plokštumai pakelti; 2 – rankena, fiksuojanti viršutinį preso plokštumą, presavimo metu; 3 – viršutinioji preso plokštuma; 4 – apatinioji preso plokštuma; 5 – termostato ir laikmačio rodmenų ekranėlis su reguliatoriumi; 6 – viršutiniosios preso plokštumos pakėlimo svirtis po klijavimo proceso; 7 – bandinio suspaudimo reguliatorius; 8 – įjungimo ir išjungimo mygtukas	26
2.2 pav. FAST sistemos matuoklis lenkiamajam standumui matuoti (1 – horizontali plokštuma; 2 – slankiojanti matavimo plokštelė; 3 – bandinys; 4 – pasviroji plokštuma)	27
2.3 pav. Zwick/Z005 (Vokietija) tempimo mašinos elementai: 1 – viršutinis spraustuvas, 2 – apatinis spraustuvas, 3 – bandinys, 4 – jėgos jutiklis, 5 – valdymo pultas	28
2.4 pav. Tempimo bandiniai: a – bandinio matmenys (A – viršutiniame spraustuve tvirtinama bandinio dalis, B – apatiniame spraustuve tvirtinama bandinio dalis); b – pavienių bandinių kryptis; c – klijuotinių sistemų bandinių ir juostelių kryptys	28

2.5 pav. Ciklinio tempimo (a) ir jo 1-ojo ciklo (b) tempimo grafikas: 1 – tempimo deformacija, 2 – grįžtamoji deformacija.....	28
2.6 pav. Bandinio pirmojo ciklo tempimo kreivė (vertės, nustatomos iš grafiko esant 10 % ir 20 % tempimo deformacijos vertėms)	29
2.7 pav. Virtualaus cilindro matmenys	30
2.8 pav. Pavienės medžiagos bei klijuotinės sistemos bandinio matmenys ir klijuotinių elementų išdėstymas.....	30
2.9 pav. Tiriamosios medžiagos kreivė: Y – pagal Laplaso formulę gauta tempimo apkrovos vertė, X % – lekalo sumažinimo vertė prie nustatytos apkrovos	30
2.10 pav. Movos lekalo kūrimo etapai	31
2.11 pav. Medžiagos savybių suvedimas į programą: a – piktogramų pasirinkimo seka; b – lekalo spalva pasirinkus medžiagos kodą – 1; c – medžiagos mechaninių savybių suvedimo lentelė (1 – paviršinis tankis, g/m ² ; 2 – storis, mm; 3 – lenkiamasis standumas, 1e ⁻⁶ Nm; 4 – medžiagos ištįsa esant 0,245 N/5 cm; 5 – medžiagos ištįsa esant 0,98 N/5 cm; 6 – medžiagos ištįsa esant 4,905 N/5 cm; 7 – šlyties standumas, N/m (nustatomas tempiant 45° kampu kirptą bandinį iki 0,245 N/5 cm).....	31
2.12 pav. Modeliavimo parametrai: a – lekalo priglundimo prie cilindro nustatymai; b – medžiagos tekstūros raiškos tikslumas	32
2.13 pav. Programinio tinklelio dydžio pasirinkimas: a – tinklelio piktogramos programiniame lange; b – pradinio tinklelio nustatymas; c – galutinio tinklelio nustatymas	32
2.14 pav. Movos vizualizacija ant cilindro: a – movos vizualizacija programiniame lange; b – cilindro ir movos apatinis sutaikymo taškas; c – cilindro ir movos viršutinis sutaikymo taškas	33
2.15 pav. Virtualios movos deformacijų tinklelis: a – programiniame lange modeliuojamos movos tinklelis ant cilindro; b – tempimo deformacija skersine medžiagos kryptimi lokaliame taške (%). 33	33
2.16 pav. Kompresinės movos siuvimo užlaidos pozicija išmatuojant slėgi jutikliais	34
2.17 pav. FlexiForce™ (Standart Model A201) lankstus jutiklis	34
3.1 pav. M1-M12 tiriamųjų medžiagų tempimo deformacija esant 10N/5cm tempimo jėgai	36
3.2 pav. M1-M12 tiriamųjų medžiagų liekamoji deformacija	37
3.3 pav. Liekamųjų deformacijų skirtumas tarp 1-ojo ir 5-ojo ciklo	37
3.4 pav. M1-M12 tiriamųjų medžiagų elastingumo laipsnis	38
3.5 pav. Kompresijos verčių pokyčiai deformacijos egoje nuo 10% iki 20%	39
3.6 pav. Tiriamųjų medžiagų skirstymas į kompresines klases esant 10 % (a) ir 20 % (b) tempimo deformacijoms pagal Britų standartą	40
3.7 pav. Tiriamųjų medžiagų skirstymas į kompresines klases esant 10 % (a) ir 20 % (b) tempimo deformacijoms pagal Vokiečių standartą	41
3.8 pav. Tiriamųjų medžiagų skirstymas į kompresijines klases esant 10 % (a) ir 20 % (b) tempimo deformacijoms pagal Prancūzų standartą	41
3.9 pav. Tiriamųjų medžiagų skirstymas į kompresines klases esant 10 % (a) ir 20 % (b) tempimo deformacijoms pagal eksperimentinį Europos standartą	42
3.10 pav. Tiriamųjų medžiagų skirstymas į kompresijines klases esant 10 % (a) ir 20 % (b) tempimo deformacijoms pagal JAV standartą.....	42
3.11 pav. Tiriamųjų medžiagų klasifikacija pagal suspaudimo dydį	43
3.12 pav. Tiriamųjų klijuotinių sistemų tempimo deformacijos vertės su išilgine juostele (a) ir su įstrižai orientuota (b)	44
3.13 pav. Tiriamųjų klijuotinių sistemų liekamosios deformacijos vertės su išilgai (a) ir įstrižai klijuota juostele (b).....	45

3.14 pav. Tiriamųjų klijuotinių sistemų elastingumo laipsnis su išilgai (a) ir įstrižai (b) bandinio klijuotomis juostelėmis.....	46
3.15 pav. M12 klijuotinių sistemų kompresijos dydis esant 10 % deformacijai (pagal Europos standartą)	48
3.16 pav. Tempimo deformacijos skersine bandinio kryptimi, nustatytos lokaliuose taškuose C, K, D ir S, neįvertinant siūlės mechaninių savybių	49
3.17 pav. Tempimo deformacijos skersine bandinio kryptimi, nustatytos lokaliuose taškuose C, K, D ir S, esant siuvimo siūlei elastingai	50
3.18 pav. Tempimo deformacijos skersine bandinio kryptimi, nustatytos lokaliuose taškuose C, K, D ir S, esant standžiai siuvimo siūlei.....	51
3.19 pav. Klijuotinės sistemos M12+5500 Dream bandinys modelinėje erdvėje: a – vaizdas iš priekio, b – vaizdas iš kairės, c – vaizdas iš dešinės, d – vaizdas iš virtualaus lekalo sujungimo pusės.....	52
3.20 pav. Tempimo deformacijos klijuotinės sistemos M12+5500 bandinyje, nustatytos lokaliuose taškuose C, K, D ir S siūlės mechaninių savybių	52
3.21 pav. Tempimo deformacijos klijuotinės sistemos M12+5500 bandinyje, nustatytos lokaliuose taškuose C, K, D ir S, esant elastingai siūlei	54
3.22 pav. Deformacijos nustatytos klijuotinės sistemos M12+5500 Dream movoje, taškuose C, K, D ir S, esant standžiai siūlei	55
3.23 pav. Slėgio kitimas lokaliuose klijuotinės sistemos M12+5500 Dream taškuose, priklausomai nuo siūlės tipo.....	55
3.24 pav. Slėgio rezultatų palyginimas virtualioje ir realioje movoje: a – M12 be klijuotinių elementų; b – klijuotinė sistema M12+5500 Dream	57

Įvadas

Populiarėjantis sveikas gyvenimo būdas skatina žmones ne tik sveikai maitintis, bet ir aktyviai leisti laisvalaikį, mankštintis, sportuoti užsiimti intensyvia fizine veikla. Prieš pradėdant sveikesnį gyvenimo etapą, svarbu tinkamai pasirinkti aprangą. Žmonės, užsiimantys sportu ar aktyviai leidžiantys laisvalaikį, renkasi sporto ir aktyvaus laisvalaikio aprangą atsakingai. Tokia apranga ypač populiari, nes yra funkcionali: gerina kraujotaką, padeda greičiau sustiprėti po fiziškai įtemptų treniruočių, sustiprina raumenis, mažina galūnių tinimą ir leidžia dėvėtojiui jausti komfortą, sportuojant ar aktyviai leidžiant laiką. Išvardintomis funkcijomis pasižymintys aprangos gaminiai vadinami kompresiniais.

Kompresiniai gaminiai pasižymi išskirtine savybe – yra mažesnio dydžio nei kita sporto apranga. Kompresinio drabužio apimčiai esant mažesnei nei dėvėtojo, kūnas – spaudžiamas. Kompresiniai drabužiai pasižymi skirtingomis kompresinėmis savybėmis, skirtingose kūno vietose. Pavyzdžiui, blauzdinės tamprės bei sportinės rankovės sukelia didesnę kompresiją distalinėse kūno galūnėse, o mažesnę proksimalinėse. Kompresijos dydis priklauso nuo kompresinės aprangos projektavimo technologijos, medžiagos žaliavinės sudėties, pynimo, deformacinių savybių bei žmogaus kūno kreivumo.

Kompresinėmis savybėmis pasižyminti sporto ir aktyvaus laisvalaikio apranga dažniausiai gaminama iš megztinių medžiagų. Tokios medžiagos pasižymi geromis tamprumo savybėmis, nes savo sudėtyje turi daug elastano, dėl kurio padidėja gaminio dėvėjimo ciklą skaičius.

Kompresiniai sporto ir aktyvaus laisvalaikio gaminiai gali būti siūtiniai ir besiūliai (išmegzti), tačiau užtikrinti toki patį funkcionalumą. Siekiant padidinti kompresiją norimoje gaminio vietoje, besiūliuose gaminiuose keičiamos medžiagos struktūros elementų savybės, o siūtinuose sujungiamos skirtingų mechaninių savybių medžiagos arba medžiagos klijuojamos ant viršaus panaudojant klijavimo technologijas.

Pastebėta, kad sporto ir aktyvaus laisvalaikio kintančios kompresijos aprangos gaminiai gali būti projektuojami remiantis įvairiomis technologijomis, klijavimo technologijos vienas iš būdų kintančios kompresijos gaminiams sukurti, tačiau ši technologija nėra detalčiai ištirta. Dėl šios priežasties projekte iškeliamas tikslas ir jam įgyvendinti darbo uždaviniai.

Darbo tikslas – nustatyti klijuotinių sistemų įtaką sukeliama kompresijai ir pasiūlyti kintančios kompresijos sporto ir aktyvaus laisvalaikio aprangos gaminio dizainą.

Darbo uždaviniai:

1. Nustatyti megztinių medžiagų tempimo deformacijas, remiantis daugiacykliu tempimo metodu;
2. Ištirti klijuotinių sistemų deformacinės savybės ir įtaką sukeliama kompresijai;
3. Palyginti kompresinio bandinio sukeliama slėgio vertes erdviame realiame ir virtualiame klijuotinės sistemos bandinyje;
4. Pasiūlyti kintančios kompresijos sporto ir aktyvaus laisvalaikio aprangos gaminio dizainą paremtą klijuotinėmis technologijomis.

1. Literatūros apžvalga

Kasdien vis daugiau žmonių domisi sveikatos gerinimo prevencija ir sportu, laisvalaikį leisdami vis efektyviau sugalvodami pačių įvairiausių veiklų, nuo kasdieninio įpročio lankytis sporto salėje, profesionalaus sporto iki išskylavimo kalnuose ar plaukiojimo. Kiekviena aktyvi laisvalaikio veikla ar sportas, gali būti atliekama uždaroje bei atviroje patalpoje. Siekiant užtikrinti komfortą aktyvaus laisvalaikio ar sporto metu, žmonės atidžiai renkasi aprangos gaminius, kuriuos dėvės savo atliekamos veiklos metu. Atviroje ir uždaroje patalpoje naudojami drabužiai dažniausiai skiriasi specifinėmis naudojamų tekstilės medžiagų apdailomis, pralaidumo orui savybėmis, specialiais sluoksnių jungimo metodais, papildomų funkcionalių elementų panaudojimu ir kt. Dažnai, siekiant suteikti gaminiams išskirtines savybes naudojamos, klijavimo technologijos.

Klijavimo technologijos ir sporto gaminiai tapo neatsiejami vienas nuo kito. Klijavimo technologijos dažnai naudojamos kartu su siūliniais jungimais. Pagrindinės aprangos siūlių sudarymo ir/ar apdirbimo technologijos [1]:

- Medžiagų jungimo būdas, kai suformuojamas dygsnių peltakys yra sandarinamas juostele, kurios viena pusė padengta adheziniu termoplastiniu sluoksniu. Siūlinė sistema su adheziniu termoplastiniu sluoksniu kaitinami ir slegiami, pasiekia lydymosi stadiją ir įsiskverbia į medžiagos paviršiaus struktūrą – sulimpa, sudarydami stiprų adhezinį / kohezinį ryšį;
- Medžiagų suvirinimo technologija, tai technologija kuri, kaitinimo metodu suformuoja jungiamąjį sluoksnį nenaudojant siūlės, klijų ar cheminių priemonių, tačiau taikoma gali būti tik sintetinėms medžiagoms. Pagrindiniai parametrai svarbūs suvirintos siūlės kokybei: aukšta temperatūra slėgis ir jungimo greitis;
- Medžiagų klijavimo technologija grindžiama papildomų adhezinių medžiagų naudojimu detalių jungimui, panaudojant skysto ar kieto pavidalo klijus tarp jungiamųjų medžiagų. Veikiant slėgiui ir šilumai per nustatytą laiką sudaromas klijuotinis junginys.

Klijavimo technologijos plačiai taikomos sporto ir aktyvaus laisvalaikio aprangoje, todėl paanalizuojami jų taikymo būdai aprangos gaminiuose.

1.1. Klijavimo technologijos aprangos gamyboje

Aktyvaus laisvalaikio ir sporto aprangos pagerinimui, siūlomas klijavimo technologijų panaudojimas įvairiuose gaminiuose ir įvairiose jų vietose (žr. 1.1 pav). Klijuotinės technologijos panaudojimas sporto ir aktyvaus laisvalaikio gaminiuose neišvengiamas, jos suteikia gaminiams daugiafunkciškumą. Klijuotinių technologijų aprangos gamyboje panaudojimas platus: siūlinių jungimų sandarinimui, detalių jungimui, išskirtiniam ir / ar funkcionaliam dizainui sukurti, gaminio pozicijos išlaikymui norimoje kūno veitoje (liemenėlėms be petnešėlių, blauzdinėms ir kt.) ir kirptinių kraštų apdorojimui.



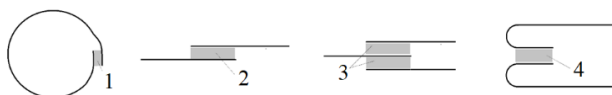
1.1 pav. Klijuotinių sistemų panaudojimo pavyzdžiai [2]

Siūlinių mazgų sandarinimui. Klijuotinės medžiagos (adhezyvu padengtos plėvelės ir juostelės) skirtos tekstilės gaminiams, naudojamos viršutinių drabužių, tokių kaip striukių, vėjapūčių ir lietpalčių jungiamuosiuose mazguose. Viena iš jų užtrauktukai [3]. Užtrauktukų srityse klijuotinių technologijų pagrindinė naudojimo priežastis – izoliacija (žr. 1.1 pav. a, d). Žinant, kad nors ir dažnai audiniams ar megztinėms medžiagoms pritaikomos specialios cheminės apdailos, kurios padeda dėvėtojuj apsisaugoti nuo lietaus, vėjo ar kitų stichijų, nepaisant to, silpniausia siūtinio gaminio grandis – siūlė. Klijuotinės sistemos padeda užkirsti kelią vandens patekimui pro sluoksnį siūliniuose jungimuose, neribojant kūno klimatinio komforto. Siūlių sandarinimo techninių mazgų pavyzdžiai pateikti 1.2 paveiksle.



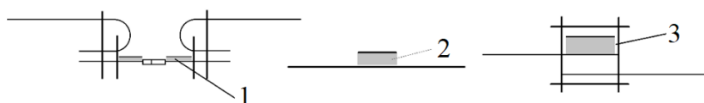
1.2 pav. Siūlių sandarinimo mazgų pavyzdžiai: 1 – kišenės mezgo tvirtinamo prie pagrindo medžiagos dviadate siuvimo mašina kljavimas; 2 – užsago užtrauktuko siūlių kljavimas; 3 – išorėje esančių siuvimo užlaidų kljavimas; 4 – pagrindinių detalių jungiamojo mazgo kljavimas; 5 – plokščiasiūle apdoroto mazgo kljavimas

Detalių jungimui. Sporto ir aktyvaus laisvalaikio aprangoje pasitaiko atvejų, kai gaminyje nėra siūlių, tokia technologija vadinama „besiūle“ (*angl.* „sewfree“), tokiais atvejais sudaromos klijuotinės siūlės panaudojant kljus [4] ar suvirinimo technologija panaudojant dvi sintetines medžiagas [1]. Detalių jungimo technologija kljais konkuruoja su siuvimo technologija, kadangi toks jungimo būdas leidžia sutaupyti energiją ir atlikti detalių jungimo procesą greitai [5]. Detalių jungimo kljais pavyzdžiai pateikti 1.3 paveiksle.



1.3 pav. Detalių jungimo mazgų pavyzdžiai: 1 – uždaro kontūro detalės jungimas kljū plėvele; 2 – dviejų detalių jungimas užkeistine klijuotine siūle; 3 – trijų detalių jungimas kljū plėvele, įterpiančią detalę; 4 – vidinių užlaidų kljavimas

Išskirtiniam ir / ar funkcionaliam dizainui. Sportinėse tamprėse, marškinėliuose ir kituose gaminiuose, skirtuose sportui bei aktyviam laisvalaikiui, klijuotinės sistemos naudojamos dėl keletos priežasčių, pagrindinė jų – išskirtinis (žr. 1.1 pav. f) ir funkcionalus dizainas (pvz.: šviesą atspindinčių elementų panaudojimas arba kintančios kompresijos gaminiai) (žr. 1.1 pav. b). Išskirtinio ir funkcionalaus dizaino mazgai, paprasčiausi iš aptartų mazgų, kadangi sistema dažniausiai sudaroma tiesiogiai ant medžiagos, neatliekant siuvimo proceso. Pavyzdžiai panaudojant klijuotines technologijas papateikti 1.4 paveiksle.



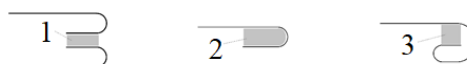
1.4 pav. Klijuotinių sistemų mazgų pavyzdžiai išskirtiniam dizainui sukurti: 1 – klijuotinės plėvelės kljavimas ant užtrauktuko; 2 – klijuotinio elemento tiesioginis kljavimas ant pagrindo medžiagos; 3 – klijuotinio elemento kljavimas ant pagrindo medžiagos krašto, jungimas su kitu pagrindo medžiagos sluoksniu ir susiuvimas plokščiasiūle siuvimo mašina

Gaminio pozicijos išlaikymui. Klijuotinių sistemų pagalba taip pat galima sukurti geresnį odos sluoksnio sukibimą su bazine medžiaga pasitelkiant 3D spausdinimą, tokios technologijos dažnai naudojamos gaminiuose, kurie tiesiogiai liečiasi su kūnu ar kitais paviršiais (ant vidinės gaminio pusės [6], padidėjus trinčiai tarp odos ir aprangos gaminio, mažėja galimybės gaminiui prarasti vietos tikslumą kūno atžvilgiu (žr. 1.1 pav. c) ar ant išorinės gaminio dalies, siekiant padidinti trintį su paviršiumi ar kūnu [7, 8]). Klijavimo technologijai įgyvendinti naudojamas odai alergijos nesukeliantis silikonas. Sistemos pjūviai pateikiamas 1.5 paveiksle.



1.5 pav. Klijavimo technologijų panaudojimo pjūvio pavyzdžiai gaminio pozicijos išlaikymui: 1 – orui laidus dengimas silikono elementais; 2 - vientisas silikono elementas (prastas pralaidumas orui)

Kirptinių kraštų apdorojimui. Klijuotinės sistemos taip pat naudojamos siekiant sukurti tvarkingą gaminio kirptinio (ar lazeriu pjauto) krašto apdorojimą (žr. 1.1 pav. e). Sudaromos viengubos ar dvigubos palankos įterpiančios klijus tarp sluoksnių, technologija analogiška detalių jungimo metodui, tik šiuo atveju klijuojamos ne pagrindinės detalių siūlės, o atliekamas gaminio apačios apdorojimas. Kirptinių kraštų apdailos mazgų pavyzdžiai panaudojant klijų plėvelę pateikti 1.6 paveiksle.



1.6 pav. Kirptinių kraštų apdorojimo mazgų pavyzdžiai: 1 – dviejų kirptinių kraštų apdirbimas sujungiant klijuotinę plėvelę; 2 – lazeriu pjauto krašto palankos sudarymas klijuotinė plėvele; 3 – kirptinio krašto dvigubos palankos sudarymas ir klijavimas

Aprangos detalių jungimui ar dekorui atlikti naudojamos termoplastinės plėvelės. Termoplastinės plėvelės gali būti iš: poliesterio, poliamido ar poliuretano. Poliuretaninės plėvelės pasižymi išskirtiniu elastingumu ir gali būti naudojamos tamprių gaminių detalių jungimui. Poliamidinės yra gan atsparios trūkimui, o poliesterinės atsparios mechaniniam poveikiui ir cheminiams reagentams [9].

Galima pastebėti, kad klijuotinės technologijos gaminiuose turi įvairias funkcijas, vienas iš atvejų, kai sudaromos klijuotinės sistemos – išskirtinio dizaino kūrimui, tačiau retais atvejais aptariama tokių klijuotinių sistemų įtaka gaminio funkcionalumui.

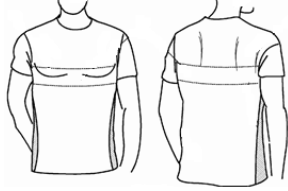


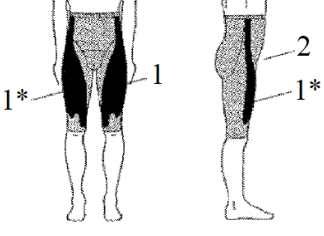
1.2. Kintančios kompresijos aprangos gaminių analogų ir patentų apžvalga

Klijuotinių technologijų panaudojimas sporto ir aktyvaus laisvalaikio aprangoje apžvelgiamas, dėl technologijų panaudojimo išskirtiniam, funkcionaliam dizainui sukurti. Pastebima, kad dažnai klijuotinės technologijos naudojamos pakeisti gaminio dizainui ir funkcionalumui, tačiau retais atvejais aptariama, kokia klijuotinių elementų įtaka smarkiai prie kūno prigludusių aprangos gaminių kompresijos pokyčiams. Kintančios kompresijos gaminiai tampa vis aktualesni aktyvaus laisvalaikio ir sporto mėgėjams bei profesionalams. Kasdien visuomenėje galime pamatyti pačių įvairiausių sportininkų dėvintų specialias blaudines, tampres, rankoves ir palaidines, šie gaminiai gali būti atskiriami nuo įprastų, nes dažniausiai yra ypatingai prigludę prie kūno, todėl išryškina kūno linijas. Tai gaminiai, kuriuos dėvinti jautiesi lyg dėvėdamas „antrąją odą“. Tokių gaminių dizainas taip pat dažniausiai yra efektingas ir ryškus, tačiau dizainą galima pamatyti pažvelgus į gaminį, o gaminio

savybių – negalima. Dėl šios priežasties darbe analizuojami sporto ir aktyvaus laisvalaikio kintančios kompresijos gaminiai.

Siekiant išsiaiškinti kintančios kompresijos aprangos gamybos technologijas, analizuojami patentai ir analogai. Bendra patentų ir analogų apžvalga pateikiama 1.1 lentelėje.

1.1 lentelė. Kintančios kompresijos sporto ir aktyvaus laisvalaikio aprangos patentų ir analogų analizė

Eil. Nr	Paskirtis ir eskizas / paveikslas	Aprašymas
1.	 <p>Bėgimo marškinėliai su papildoma kompresija krūtinės srityje [10].</p>	<p>Patente apžvelgiama problema, kuri gali pasitaikyti tiek profesionaliai, tiek mėgėjiškai bėgimu ar jodinėjimu užsiimančiam vyrui – drabužio sluoksniu trintis į spenelius. Šio išradimo tikslas panaikinti nemalonų jausmą, kuris atsiranda bėgimo ar jodinėjimo metu, tiesiogiai odos sluoksniui liečiantis su tekstilės medžiaga. Šio drabužio specifiškumas atsiskleidžia marškinėlių gamybos technologijoje. Krūtinės aukštyje marškinėliams suteikiama papildoma kompresija (3 mmHg – 25 mmHg arba 5 mmHg – 10 mmHg), siekiant išvengti marškinėlių trinties į krūtinės sritį. Tai atliekama integruojant elastingą elementą tarp dviejų medžiagos sluoksnių arba įsiūvant kitokias savybes turinčią medžiagą, kuri leis marškinėliams krūtinės vietoje stabilizuotis ir panaikinti trintį su kūnu.</p>
2.	 <p>Sportinės tamprės sprintui pagerinti [11]</p>	<p>Tamprės sukurtos su tikslu pagerinti sprinto bėgikų fiziologinius parametrus, siekiant sumažinti kojų nuovargį sprintams kartojantis. Toks išradimas grindžiamas dviejų skirtingų technologijų kombinacija. Tamprėse kombinuojama kompresinės aprangos ir specialių, klijuojamų tiesiogiai ant kūno, medvilninių juostų padengtų akrilinais klijais metodai. Juostų poveikis, kaip fizioterapinė priemonė įvairiems raumenų sutrikimams gydyti. Šios juostos vadinamos - <i>Kinesio</i> juostomis [12]. <i>Kinesio</i> juostų efektą sukelia silikono juostomis padengtas tamprių vidus. Tamprėse sukeliama kompresija gali būti skirtinga nuo 18,3 mmHg iki 21,7 mmHg, ir nuo 19,9 mmHg iki 20,2 mmHg.</p>
3.	 <p>Sportinės tamprės aktyviam sportui [13]</p>	<p>Tamprės su silikoniniais elementais atkartojančiais raumenų konfiguracijos kontūrą. Silikoninėse juostų srityse susitiprinamos zonos aplink raumenis, taip juostomis jie prilaikomi aktyvaus sporto metu, sumažina raumenų skausmą ir apsaugo raumenis nuo pertempimo. Šios tamprės yra siūtinis gaminytis, kuris ypatingas savo technologija, kuri yra užpatentuota [14]. Silikono juostos spausdinamos tiesiogiai ant kompresinės medžiagos lekalo. Silikono spaudinys ant medžiagos padidina kompresijos dydį net iki 200 %, taip pat apsaugoja medžiagą nuo liekamųjų deformacijų, nes silikono juostos sulaiko pagrindo medžiagą, taip padidindamos dėvėjimo ciklų skaičių. Dviguba technologija, medicininių <i>Kinesio</i> juostų klijavimo ir kompresinių gaminių kombinacija.</p>
4.	 <p>Sportiniai šortai traumų prevencijai [15]</p>	<p>Išradimas skirtas sporto veiklos gerinimui siekiant išvengti sportinių traumų ir/ar joms esant, jų gydymui. Išradime kintančios kompresijos technologija grindžiama dviejų skirtingo tamprumo medžiagų naudojimu (1 ir 1* - papildomą kompresiją sukelianti medžiaga, 2 – pagrindo medžiaga). Pagrindo medžiaga (2) ištempinama 40 %, o medžiaga atkartojanti keturgalvį šlaunies raumenį – 10 %. Pagrindo medžiaga suteikia judesio laisvę, o raumenis prilaiko ir apsaugo nuo traumų, dviejų medžiagų sukeliama kompresija. Uždėtinės medžiagos lekalas didesnis nei pagrindo medžiagos, abi medžiagos kartu sujungiamos siuvant. Maksimaliam patogumui išgauti, detalės jungiamos plokščiasiūle siuvimo mašina.</p>

5.	 <p>Sportiniai marškinėliai [16]</p>	<p>Sportiniai marškinėliai skirti kūno laikysenos ir raumenų palaikymui specialiose kūno zonose, tinkami naudoti išvermės reikalaujančiose sporto šakose, tokiose, kaip kalnų sportas, slidinėjimas, vandens sportas, važinėjimas dviračiu ir/ar tenisas. Marškinėliai pasižymi išskirtiniais klijavimo technologija. Zonose, kuriose norima sustiprinti prilaikymą klijuojama tekstilinė medžiaga, kuri gali būti laminuota arba sintetinė (iš poliuretano). Išradimas pasižymi kintančios kompresijos sukėlimu norimose zonose pozicionuojant plėvelę. Marškinėliuose kompresija kinta nuo 5 iki 15 mmHg. Klijuotinės medžiagos ar plėvelės gali būti klijuojamos tiesiogiai naudojant klijus ir presuojant, taip pat gali būti atspausdintos tiesiai ant medžiagos.</p>
6.	 <p>Sportinės tamprės [17]</p>	<p>Kintančios kompresijos tamprės pasižymi išskirtine technologija paremta mechaniniu kompresijos kitimo principu. Kompresijos kitimas priklauso nuo šonuose įsiūto užtrauktuko, kurio padėtį keičiant kompresija kinta. Pirmoje pozicijoje (1), esant užtrauktukui užtrauktam iki galo, kompresija sukeliama į galūnę yra maksimali, antroje pozicijoje (2), kompresija sumažėja užtrauktuko padėčiai kintat – pilnai atitraukus kompresija sumažėja iki 0. Užtraukukai gali būti naudojami visame tamprės šoninės siūlės ilgyje, taip pat rankovėse arba juosmens srityje.</p>
7.	 <p>Sportinės kintančios kompresijos blauzdinės [18,19]</p>	<p>Blauzdinė išmegzta taip, kad kompresija kistų nuo apačios į viršų. Naudojant plokščiasiuolę siuvimo mašiną atliekami blaudzinės laisvųjų kraštų užbaigimai, viršuje prisiuvant gumą, kad blaudzinė išliktų savo vietoje, apačioje sudarant megztinės movos palanką. Blaudzinėje naudojama kintama kompresija, kulkšnies srityje sukeliama 30 mmHg kompresija, o kylant į viršų link blauzdos ir blaudzinės viršaus kompresija sumažėja iki 20 mmHg. Blaudzinėje naudojama gerai orui pralaidi medžiaga su antibakterine apdaila. Kintančios kompresijos blaudzinės tinkamos dėvėti bėgikams, dviratininkams, stovimą darbą dirbantiems žmonėms, apsaugo nuo blauzdos raumens plyšimo, sumažina skausmą turintiems venų varikozę, mažina kojų tinimą. Dėl spiralinio rašto visame blaudzinės ilgyje gerina kraujotaką</p>
8.	 <p>Sportinės kompresinės blaudzinės [20, 21]</p>	<p>Sportinės kompresinės siūtinės blaudzinės su kintančios kompresijos technologija. Kintančios kompresijos technologija paremta skirtingų medžiagų tarpusavio saveika sujungiant jas plokščia siūle. Skirtingoms raumenų grupėms taikomos skirtingas struktūrinės ir mechaninės savybės turinčios medžiagos. Kintanti kompresija sukeliama į raumenis leidžia jiems pasisavinti daugiau deguonies, taip padidinant išvermę ir raumenų galią. Asimetrinė kompresija kairėje ir dešinėje pusėje atitinka kojos kreivumą, apsaugo blauzdą, blauzdos raumenis ir achilo sausgysles nuo plyšimo, taip pat gerina kraujo apykaitą galūnėje. Firminės SKINS blaudzinės ir tamprės dažniausiai sukelia 17,3 mmHg kompresiją blauzdoje, savo gaminių teigiamą poveikį įrodo remiantis moksliniais tyrimais [22].</p>

Atlikus patentų ir analogų apžvalgą išskirtos technologijos, kintančios kompresijos aprangos gamybai:

- Viename gaminyje integruojant skirtingų mechaninių savybių medžiagas skirtingose gaminio zonose, sujungiant detales elastinga siūle ar įterpiant elastingą elementą tarp sluoksnių;
- Išmezgiant vientisą gaminį, keičiant medžiagos elementų tamprumą;
- Panaudojant užtrauktuką siuvimo siūlėje – atitraukiant ir užtraukiant kompresija apimtyje kinta;
- Sudarant klijuotines sistemas (skirtingose zonose klijuojant kitokių mechaninių savybių medžiagas, poliuretalinę perforuotą plėvelę ar silikoną);
- Dviejų skirtingų mechaninių savybių medžiagas apjungiant, dedant vieną ant kitos ir susiuvant elastinga siūle;
- Sumažinant medžiagos plotį norimoje zonoje.

Remiantis analogų ir patentų analize, kintančios kompresijos gaminiai skirti: padidinti raumenų galią sutvirtinant juos, apsaugoti nuo achilo sausgyslių ir raumenų plyšimo, gerinti kraujotaką galūnėse, mažinti kojų tinimui, turintiems venų varikozę padeda sumažinti kojų skausmą. Taip pat mažinti raumenų vibracijas, gaminiai naudojami ir raumenų prilaikymui, siekiant apsaugoti raumenis nuo traumų, pagerinti fiziologinius kūno parametrus, gydymui po sportinių traumų. Gaminiai gali turėti specifinį funkcionalumą – sumažina kūno trintį į medžiagą. Taip pat teigiama, kad kompresiniai gaminiai gali ne tik sumažinti nuovargį ir sustiprinti atsigavimą, bet ir pagerinti raumenų našumą [23].

Sportuojančių ar aktyviai laiką leidžiančių asmenų po fizinio aktyvumo atsiradusiems simptomams sumažinti ar panaikinti – sukeliama kompresija į kūną, ji gali būti įvairi. Kompresijos sukeliamas slėgis į kūną turėtų būti matuojamas kiekvienam asmeniui individualiai, nes drabužio sukelta kompresija priklauso nuo kūno individualios apimties ir formos, tačiau nevisada nuo kūno ūgio ar svorio. Ideali kompresija, kuri būtų naudinga raumenų našumui padidinti ir skatintų atsigavimą, nėra apibrėžta. Rekomenduojama, kad kompresija, ypatingai apatinių galūnių, būtų graduojama. Didžiausia kompresija turi būti sukeliama kulkšnyje, kylant kojos ilgiu į viršų, ji turėtų palaiapsniui mažėti [24].

Buvo atlikta kompresinių drabužių efektyvumo analizė, 40 min bėgimo laikotarpyje. Analizuojami trys atvejai: dvidešimt didelės kompresijos (32 mmHg kulkšnyje ir 23 mmHg žemiau kelio srityje), mažos kompresijos (15 mmHg kulkšnyje, 12mmHg žemiau kelio) ir nesukeliant jokios kompresijos aprangos gaminius. Našumo ar greitesnio sustiprėjimo nebuvo pastebėta, tiriamieji asmenys žemesnės kompresijos drabužius įvardijo, kaip patogesnius dėvėti, tačiau klinikinių tyrimų rezultatai vertinant kompresiją nuo 15 iki 30 mmHg kulkšnyje ir mažėjančią kylant link šlaunies buvo pozityvūs. Tyrimai taip pat parodė, kad didelė kompresija (maždaug 30 mmHg blauzdoje) gali ne pagerinti, o sutrikdyti kraujo tekėjimą [24].

Kompresijai į kūną sukelti sporto ir aktyvaus laisvalaikio kintančios kompresijos aprangoje dažniausiai naudojamos megztinės metmeninio pynimo medžiagos. Jos pasižymi mažesniu tamprumu yra labiau atsparios irimui, taip pat daug stipresnės ir stabilesnės nei skersinio mezgimo megztinės medžiagos. Dėl savo savybių šios medžiagos dažniausiai naudojamos: sportui ir apatinams [25].

Siekiant projektuoti kompresinius gaminius, reikia atsižvelgti į keletą dedamųjų: gaminio paskirtį, medžiagas, gamybos technologiją bei įvertinti individualiu atveju, kokią ir kur kompresiją norima sukelti. Kompresijos vertėms prognozuoti gaminyje yra naudojamos įvairios technologijos, jos aptiriamos skyriuje toliau.

1.3. Kompresijos nustatymas skaitiniais ir eksperimentiniais metodais

Įvairios kompresijos nustatymo metodikos dažniausiai naudojamos medicininiais tikslais, kai kuriami aprangos gaminiai skirti ne profilaktiniam dėvėjimui, bet konkrečios medicininės diagnozės simptomams gydyti, tačiau metodikos taip pat taikomos ir sporto bei aktyvaus laisvalaikio ar kituose gaminiuose, kurie kuriami siekiant sukelti kompresiją į žmogaus kūną. Aprangos gaminio sukeliama kompresijai žmogaus kūne nustatyti, naudojami įvairūs metodai, jie skirstomi į eksperimentinius ir skaitinius.

1.3.1. Skaitiniai kompresijos nustatymo metodai

Gaminant sporto, aktyvaus laisvalaikio ar kitus kompresiją į kūno paviršių sukeliančius aprangos gaminius svarbu žinoti, kad drabužio sukeliama kompresija priklauso nuo keletos aspektų: fizinių ir mechaninių drabužių savybių, žmogaus kūno formos ir struktūros charakteristikų, suspaudimo ir tikslaus kompresinio drabužio dydžio atitiktens kūnui. Jeigu pirmieji aspektai žinomi, vienintelis veiksnys darantis įtaką aprangos sukeltamai kompresijai į kūną, kompresinio drabužio dydžio tikslumas [26]. Suspaudimą sukeliantys drabužiai yra griežtai reglamentuojami pagal standartus. Vieningo standarto apibrėžiančio kompresijos vertes – nėra. Keletas valstybių, kompresinių gaminių ribas skirsto klasėmis, kaip nurodyta 1.2 lentelėje [27].

1.2 lentelė. Plačiausiai naudojami kompresinių gaminių standartai ir kompresijos klasės (mmHg)

	Kompresijos klasės			
	1 klasė	2 klasė	3 klasė	4 klasė
Britų standartas (BS)	14-17	18-24	25-36	>36
Vokiečių standartas (RAL-GZ 87/1)	18-21	23-32	34-46	>49
Prancūzų standartas (AS-QUAL)	10-15	15-20	20-36	>36
Eksperimentinis Europos standartas (UNI ENV 12179)	15-21	23-32	34-46	>49
JAV standartas	15-20	20-30	30-40	>40

Gaminiai taip pat pagal elastinių megztinių gaminių medicinoje panaudojimą gali būti klasifikuojami į grupes, pagal suspaudimo į kūną dydį [28]:

- Profilaktinius (0-25 mmHg);
- Kompensacinius (25-50 mmHg);
- Kompresinius (50-100 mmHg).

Profilaktiniai gaminiai skirti sportu užsiimantiems žmonėms, esant mikštųjų audinių, kaulų ar sąnarių traumų polinkiui. Kompensaciniai gaminiai naudojami po įvairių sportinių traumų, sutrumpina gydymo laikotarpį leidžia greičiau grįžti prie sporto veiklos, treniruotis ir net dalyvauti varžybose, o kompresiniai skirti dėvėti ypatingais atvejais, kai yra diagnozuojamos ligos, venų susirgimai, kaulų ar mikštųjų audinių pažeidimai [29].

Norint priskirti projektuojamą gaminį kompresinei klasei, turi būti apskaičiuojama gaminio sukeliama kompresija. Vienas iš skaitinių metodų leidžiantis nustatyti kompresijos dydį yra Laplaso formulė [27]. Kompresijos vertė priklauso nuo medžiagos savybių ir gaminio ploto. Ryšys apibūdinamas formule (1) [30]:

$$P = \frac{2\pi F}{S}, \quad (1)$$

čia P – sukeliama kompresija, Pa; F – plote veikianti tempimo jėga, N; S – plotas, m^2 (arba $L_N \cdot h$ – gaminio plotas (ilgis ir aukštis, m) [27])

Šis skaitinis metodas naudojamas kompresijai apskaičiuoti, kai turimas medžiagos tempimo grafikas ir bandinio plotas. Pagal medžiagos tempimo deformacijos vertę nustatoma jėga reikalinga deformacijai sukelti.

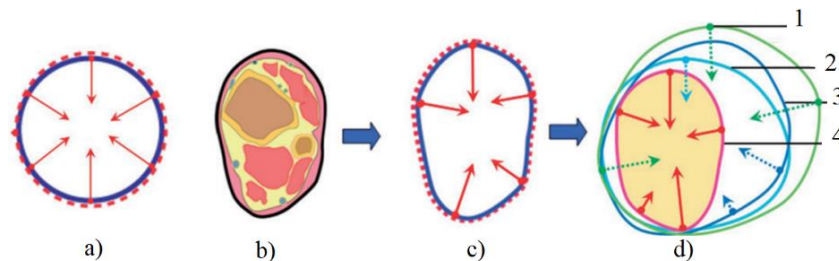
Laplaso formulė gali būti išreiškiama kitais dydžiais, kai nustatomas kompresinio gaminio sukeliamas slėgis veikiantis cilindrinio kūno paviršiaus taške (2) [26, 31]:

$$p = \frac{T}{K}, \quad (2)$$

Čia p – kompresija sukeliama cilindriname paviršiuje, Pa; T – tempimo apkrova cilindriname paviršiuje, N/m; K – cilindro kreivumo spindulys, m

Taigi, drabužio sukelta kompresija yra tiesiogiai proporcinga medžiagos tempimo apkrovai gaminio plotyje ir atvirkščiai proporcinga kūno kreivumo spinduliui tiriamoje apimtyje. Formulė (2) leidžia nustatyti gaminio sukeltą kompresiją konkrečiai kūno apimčiai ir remiantis tempimo grafiku nustatyti konkrečiame gaminio taške esančią tempimo apkrovą jam deformuojantis.

Nors žmogaus kūno dalys primena cilindro formą, tačiau analizuojant jų skerspjūvis (žr. 1.7 pav. a-d [32]) pastebima, kad kūno skerspjūviai nėra idealios apskritimo formos. Mokslininkai nustatė, kad kūno kreivumas horizontaliuose skerspjūviuose turi įtaką kompresijos vertėms. Kuo kūno skerspjūvyje matomas mažesnis tolygumas, t.y. apimtis yra artimesnė apskritimui, tuo aprangos gaminio sukeliama kompresija vienodesnė ir atvirkščiai. Taip pat, kuo kūno kreivumo spindulys mažesnis (pvz.: riešo apimtyje), tuo kompresinio gaminio sukeliamas slėgis yra didesnis, ir kuo kūno kreivumo spindulys didesnis (pvz.: šlaunies apimtyje), tuo sukeliamas slėgis mažesnis, esant tai pačiai gaminio tempimo deformacijai [32].



1.7 pav. Kūno galūnės skerspjūvis: a – homogeniškas slėgis sukeliamas kompresinio drabužio į vieno spindulio skerspjūvį; b – kulkšnies skerspjūvis; c – heterogeninis slėgis sukeliamas į konkretų kulkšnies skerspjūvį, turintį kelis skirtingus kreivumo spindulius; d – heterogeninis slėgio pasiskirstymas, skerspjūviuose išilgai kojos: šlaunyje, kelyje, blauzdoje ir kulkšnyje

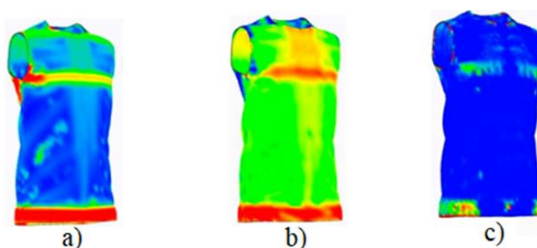
Žinant tiriamųjų galūnių skerspjūvius ir nustatčius skerspjūviuose esančius kreivumo spindulius galima apskaičiuoti slėgį sukeltą į konkretų skerspjūvio lanką. Kūno skerspjūviai gali būti nustatyti pasinaudojant kūno 3D skenavimo technologija [32], kuri gali būti paremta optinės šviesos trikampio metodu, kai kūnas skenuojamas panaudojant lazerį ar kitais metodais [33]. Kūno skenavimo technologija leidžia sugeneruoti žmogaus kūno 3D vaizdą (žr. 1.8 pav.) ir analizuoti skerspjūvius norimame kūno aukštyje. Pirmojo tyrimo metu nustatant prietaiso tikslumą buvo skenuojamas cilindrinis kūnas ir sudaromas jo 3D vaizdas, toks tyrimas buvo atliekamas VITUS XXL kūno skaitytuvu. Šio skaitytuvo pagalba buvo atlikti ne tik skerspjūvių nustatymai siekiant nustatyti skerspjūvius kompresijos skaičiavimams [32, 33], bet ir nustatant oro tarpus susidariusius tarp

drabužio ir žmogaus kūno [34]. Pramonėje žinomi keli skaitytuvai leidžiantys skenuoti kūną sudarant jo 3D vaizdą, tai jau minėtas VITUS XXL, kurio skenavimo tikslumas – 1 mm, skaitytuvas TC2 jo skenavimo tikslumas – 3 mm ir Size Stream 3D Body scanner tikslumas – 5 mm, ir kiti [34].



1.8 pav. TC2 skeneriu gauti kūno skerspjūviai: a - rankų, viršutinės kūno dalies ir šlaunų; b – apatinių kūno galūnių [35]

3D technologijų pagalba galima ne tik sugeneruoti skerspjūvį norimoje kūno vietoje, bet ir nustatyti kompresinio gaminio deformacijas, spaudžiant kūno paviršių. Tokios technologijos skirtos gaminio deformacijoms ir slėgio prognozavimui, siekiant iš anksto nustatyti slėgį, kuris bus sukeltas į žmogaus kūną dėvint sporto, aktyvaus laisvalaikio ar kitą kompresinėmis savybėmis pasižymintį gaminį. Vienas iš šiuolaikinių slėgio ir gaminio deformacijų prognozavimo metodų yra virtualus gaminio modeliavimas. Pastaraisiais metais buvo sukurta daugybė trimačio (3D) modeliavimo technologijų, leidžiančių plokštuminėje aplinkoje projektuoti gaminio lekalus, atlikti lekalų sujungimą imituojantį siuvimo procesą ir primatuoti gaminį ant žmogaus virtualaus 3D avataro. Technologija buvo sukurta siekiant sumažinti siuvamų pirminių pavyzdžių skaičių ir paspartinti dizainerio idėjos vizualizavimą [36]. Šiandien kompiuterizuotos 3D projektavimo programinės įrangos sistemos leidžia atlikti ir daugiau veiksmų susijusių su gaminio primatavimu. 3D kompiuterizuotos projektavimo programos buvo papildytos projektuojamo gaminio sukeliama slėgio į žmogaus kūną prognozavimo funkcijomis, kurios leidžia sukurti gludaus drabužio deformacijas, įtempius ir sukeltą slėgį į kūną atvaizduojančius žemėlapius (žr. 1.9 pav), spalviškai išreiškiant tiriamųjų rodiklių verčių amplitudes, esant žinomoms aprangos gaminio medžiagos pagrindinėms struktūrinėms ir mechaninėms savybėms [37, 38]. Šiandien žinomi rinkoje, siekiant sumažinti gaminio gamybos etapus ir prognozuoti gaminio tinkamumą dėvėtojui, plokštuminėje aplinkoje projektuojamų ir 3D aplinkoje primatuojamų aprangos gaminių programiniai paketai: *Vstitcher(Browzwear)*, *Modaris 3D Fit(Lectra)*, *3D Runway(Optitex)*, *Vidya(Assyst)*, *Haute Couture 3D(PAD system Technologies Inc.)*, *TUKA3D(Tukatech)*, *CLO(Clo Virtual Fashion Inc.)* ir *3D CAD staprim(STAPRIM)* [39]. Dauguma šių programų turi galimybes įvertinti projektuojamo gaminio slėgį, gaminyje pasiskirsčiusius įtempius bei deformacijas.



1.9 pav. 3D CAD programos spalviniai žemėlapiai: a – įtempiai; b – ištįsios; c – slėgio [37]

Sporto, aktyvaus laisvalaikio ir kiti kompresiniai gaminiai žmogaus kūne sukeltys suspaudimą projektuojami grindžiant Laplaso formulėmis, atsižvelgiant į medžiagos savybes ir kūno apimtis.

Šiuo metodu sukurtas kompresinis drabužis gali būti ne toks tikslus, kaip skaitmeninio modeliavimo principu, bet tikslesnis nei redukcijos (lekalo mažinimo) metodas. Taip pat Laplaso formulėmis remiantis projektuojami aprangos gaminiai nėra brangūs, o jų įgyvendinimas nesudėtingas [26].

1.3.2. Eksperimentiniai kompresijos nustatymo metodai

Projektuojant kompresinį gaminį, sukeliama slėgį ir gaminio deformacijas galima ne tik prognozuoti remiantis skaitiniais metodais, bet ir eksperimentiškai nustatant kompresijos ir jos sukeliama slėgio taškuose vertes. Vienas iš praktinių kompresijos projektavimo metodų – redukcijos. Redukcijos metodas paremtas gaminio apimties mažinimu, kai pasirenkamas standartinis gaminio apimties mažinimo koeficientas (paprastai 10%, 15%, 20% ar 25%) ir nustatomas gaminio dydis pagal kūno apimtį, kuriose bus dėvimas gaminys. Esant drabužio apimčiai mažesnei nei kūno apimčiai, drabužis spaudžia kūno paviršių, toks metodas leidžia praktiškai projektuoti gaminį, tačiau kintant medžiagos savybėms ar kūno apimčiai negalima sukelti konkrečios kompresijos į konkrečią kūno apimtį [26, 40], taip pat tiksliai nustatyti kompresijos vertės, išskyrus atvejus, kai žinomos medžiagos mechaninės charakteristikos, kurios nustatomos medžiagos bandinio tempimo metodu ir apskaičiuojamos skaitiniais metodais ar nustatomos eksperimentiškai.

Šiandien gerai žinoma ir aprangos suspaudimo dydį eksperimentiniu būdu leidžianti nustatyti technologija – slėgio jutikliai. Jutikliai dėl savo išskirtinių savybių pastaruoju metu tapo populiari eksperimentinė technologija leidžianti atlikti tiesioginius matavimus. Šiandien žinomi: Peratech QTC™, Interlink FSR®, Sensitronics®, Tactilus® ir Tekscan Flexiforce jutikliai ir kiti. Jutiklių taikymo sritys gali būti įvairios: robotika, sportas, bioinžinerija ir medicina. Jutikliais paremta matavimo technologija yra vienas tinkamiausių būdų realiuoju atveju nustatyti gaminių sukeliama slėgiui į kūną ar manekoną [41], todėl, kad jie yra nedidelio dydžio, lankstūs ir ploni, lengvai gali būti naudojami įterpiant tarp gaminio ir kūno paviršiaus nesukeliant didelių slėgio matavimo paklaidų. Slėgis į žmogaus kūną sukeliama sporto, aktyvaus laisvalaikio ar kitų kompresinių gaminių gali būti nustatytas specialiais jutikliais, pritaikytais mažos jėgos registravimui (žr. 1.10 pav.) [42]. Kai jutiklis fiksuoja jėgos vertę, o ne tiesiogiai nustato slėgį, slėgio vertė apibūdinama veikiančios jėgos į jutiklio kontaktinį plotą santykiu [43, 44].



1.10 pav. Slėgio jutikliai: 1 – Peratech QTC™; 2 – Interlink FSR®; 3 – Sensitronics® FSR; 4 – Tactilus® Sensor; 5 – Tekscan Flex [42]

Jutikliai plačiai naudojami siekiant nustatyti kompresinio gaminio sukeliama slėgio į žmogaus kūną vertės, panaudojant imitacinę kūno formą – cilindrą. Buvo atliekamas tyrimas, kurio metu siekta nustatyti kompresinių medžiagų suspaudimo savybes, didinant elastano kiekį medžiagoje. Tokiems matavimams buvo naudojami jutikliai, jų pagalba buvo išmatuotas megztinių medžiagų sukeliama slėgis į cilindrinį kūną, siekiant imituoti kūno kreivumo spindulį. Tyrimams buvo pasirinkti skirtingo skersmens cilindrai: 11,1 cm ir 5,3 cm (žr. 1.11 pav. a) [45].

Jutikliais taip pat galima registruoti kompresinių gaminių dinaminius kompresijos pokyčius, atliekant kūno judesius alkūnių bei kelių srityse. Dinaminiam slėgio pokyčiams nustatyti naudojamas pusrutulio formos paviršius su 5-iais slėgio jutikliais, paskirstytais pusrutulio paviršiuje, siekiant užregistruoti kompresijos pokyčius pusrutulio centre, ir šoniniuose taškuose (žr. 1.11 pav. b, c). Dinaminio slėgio nustatymo metu registruojamos slėgio – laiko kreivės ir slėgio – deformacijos kreivės. Speciali dinaminio slėgio matavimo technologija suteikia daug informacijos kompresinių drabužių srityje [46].



1.11 pav. Kompresijos matavimo sistemos: a - statinės kompresijos sukeltos cilindrinę kūną sistema; b – dinaminės kompresijos pokyčius pusrutulio paviršiuje fiksuojantis prietaisas; c – pusrutulio paviršiuje išdėstyti jutikliai, registruojantys kompresijos ir deformacijų parodymus laike

1.4. Literatūros apžvalgos apibendrinimas

Kintančios kompresijos gaminių projektavimas gali būti paremtas įvairiais metodais, klijuotinės technologijos – taip pat vienas iš būdų kintančios kompresijos gaminiui projektuoti, tačiau nėra detalai iširtas. Norint nustatyti sporto ir aktyvaus laisvalaikio aprangos gaminių kompresijos vertes galima remtis Laplaso kompresijos skaičiavimo formulėmis. Pastebėta, kad vien kompresijos formulėmis slėgio veikiančio į kūną konkrečiame taške nustatyti negalima, tačiau remiantis virtualiomis 3D aprangos vizualizacijomis, galima prognozuoti sukeltą slėgį į žmogaus kūną. Dėl skirtingų žmogaus kūne esančių skerspjūvių įvairovės, apimtyje sudėtinga apibrėžti kompresiją viena verte, tačiau ją galima nustatyti skerspjūvio kreivumo spindulių taškuose, remiantis forma artima žmogaus galūnėms skerspjūviams.

Norint nustatyti sporto ir aktyvaus laisvalaikio aprangos kintančios kompresijos vertes, galima remtis skaičiavimais atliktais į cilindrinę kūną virtualioje aprangos gaminių primatavimo sistemoje. Iš literatūros analizės galima matyti, kad šis metodas gali būti netikslus. Siekiant nustatyti kintančios kompresijos vertes konkrečiame taške ir su mažomis paklaidomis galimas eksperimentinis kompresijos nustatymo metodas – slėgio išmatavimas taškuose jutikliais. Šiais jutikliais gali būti nustatytas slėgis veikiantis konkrečiame ploto taške tarp kūno ir aprangos gaminio.

2. Tyrimų metodika

Šiame skyriuje pateikiamos eksperimentiniams tyrimams atlikti reikalingos metodikos, pateikiami tiriamieji objektai ir su jais susijusi informacija. Skyriuje pateikiama lenkiamojo standumo nustatymo metodika, ciklinio tempimo metodika, slėgio tyrimo metodika, kompresijos skaičiavimo metodika bei slėgio nustatymo virtualiomis technologijomis metodika.

2.1. Tyrimų objektai

Sporto aprangos rinkoje dažniausiai naudojamos tamprios medžiagos, kurios suteikia sportuojantiems ir/ar leidžiantiems laiką aktyviai judėjimo laisvę. Dėl šios priežasties dažniausiai naudojamos megztinės medžiagos, kurios yra tamprios ir puikiai priglunda prie kūno. Darbe analizuojama 12-ka megztinių medžiagų, nustatomi jų struktūriniai rodikliai. Tyrimui medžiagos pasirenkamos, atsižvelgiant į medžiagų storį, tamprumą, grįžtamąsias tamprumo savybes (elastingumą), subjektyviai vertinant medžiagos pritaikomumą sportui ir/ar aktyviam laisvalaikiui. Renkantis medžiagas atsižvelgiama ir į medžiagos žaliavinę sudėtį, siekiant geriausių medžiagos eksploatacinių savybių ir dėvėjimo komforto (žr. 2.1 lentelė).

2.1 lentelė. Tiriamųjų megztinių medžiagų pagrindinės charakteristikos

Kodas	Pluoštinė sudėtis, %	Paviršinis tankis, g/m ²	Storis, mm	Mezgimo tipas	Pynimas	Kilpų tankumas, cm ⁻¹		Spalva
						Stulp.	Eil.	
M1	72 % PA, 28 % EL	273,2	1,13	Metmeninis	Trikotinis-gelumbinis (kombinuotojo pynimo)	23,5	25,0	Juoda
M2	54 % PES, 32 % PA, 14 % EL	260,2	0,79	Metmeninis	Trikotinis-trikotinis-ataudinis-ataudinis	27,0	24,5	Viena pusė – balta, kita – baltai juoda
M3	80 % PA, 20 % EL	160,0	0,38	Metmeninis	Trikotinis-trikotinis	41,5	36	Juoda
M4	75 % PES, 25 % EL	161,0	0,35	Metmeninis	Trikotinis-trikotinis	31,5	53	Violetinė
M5	72 % PA, 28 % EL	170,7	0,47	Metmeninis	Trikotinis-trikotinis	30	28	Rožinė
M6	80 % PA, 20 % EL	203,5	0,67	Metmeninis	Trikotinis-trikotinis	25	58	Mėlyna
M7	80 % PA, 20 % EL	195,7	0,47	Skersinis	Interlokinis	24,5	27	Juoda
M8	72 % PA, 28 % EL	162,8	0,38	Metmeninis	Trikotinis-trikotinis	26	26	Ruda
M9	75 % PA, 25 % EL	164,1	0,42	Metmeninis	Trikotinis-grandinė	27	29	Persikinė
M10	90 % PES, 10 % EL	196,9	0,41	Metmeninis	Kombinuotas	32,5	42	Pilka
M11	80 % PES, 20 % EL	218,4	0,50	Skersinis	Lygusis	21	38	Šv. rožinė
M12	80 % PA, 20 % EL	336	0,78	Skersinis	gelumbinis-trikotinis	18,5	42	Odos spalva

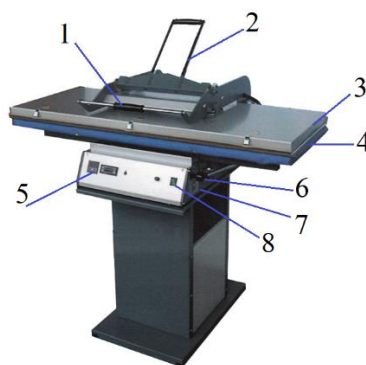
Tiriamųjų medžiagų storiui ir svoriui nustatyti iškerpami 5 bandiniai, kurių matmenys – 100×100 mm. Medžiagų storis nustatomas elektroniniu stormačiu J-40-T (stormačio matavimo tikslumas – 0,01 mm). Medžiagų masė nustatoma elektrinėmis svarstyklėmis “Kern&Sohn” EG 420-3NM (svarstyklių matavimo tikslumas – 0,01 g).

Klijuotinėms sistemoms sudaryti į tyrimus įtraukiamos dvi polimerinės vienalytės klijuotinės plėvelės (iš kurių iškerpamos 14 mm pločio juostelės), ir dvi juostelės (žr. 2.2 lentelė).

2.2 lentelė. Polimerinės klijuotinės plėvelės/juostelės

Eil. Nr.	Plėvelės/ juostelės pavadinimas	Žaliavinė sudėtis	Storis, mm	Plotis, cm	Paviršinis tankis, g/m ²	Klijavimo parametrai		
						t, s	T, °C	p, bar
1	Plėvelė 3M C790	100% PU	0,3	100	180	20-25	120-130°C	2,1-3,1
2	Plėvelė 5500 Dream	100% PU	0,13 (±0,02)	100	150 (±20) g/m ²	15-20	140°C	6
3	Juostelė Reflective Silver Stretch (RSS)	100 % PU	0,26	1,4	266	20-30	120-135°C	2,8-4,1
4	Juostelė Black Stretch material (BSM)	51% PA, 30% PU, 19% EL	0,34	1,4	167 (±15)	20	140°C	5

Projekte megztinių medžiagų ir polimerinių juostelių klijuotinėms sistemoms sudaryti naudojamas klijavimo presas (žr. 2.1 pav. [47]). Klijavimo preso specifikacijos pateikiamos žr. 2.3 lentelėje [47].



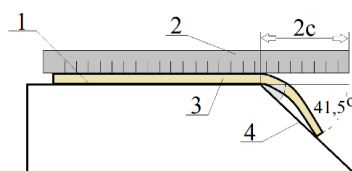
2. 1 pav. Klijavimo presas STIROVAP MP 98 schema: 1 – rankena, viršutiniai presavimo plokštumai pakelti; 2 – rankena, fiksuojanti viršutinį presavimo plokštumą, presavimo metu; 3 – viršutinioji presavimo plokštuma; 4 – apatinioji presavimo plokštuma; 5 – termostato ir laikmačio rodmenų ekranėlis su reguliatoriumi; 6 – viršutiniosios presavimo plokštumos pakėlimo svirtis po klijavimo proceso; 7 – bandinio suspaudimo reguliatorius; 8 – įjungimo ir išjungimo mygtukas

2. 3 lentelė. STIROVAP MP 98 klijavimo preso specifikacijos

Slėgio reguliavimo sistemos	Darbinis paviršiaus plotas, m ²	Darbinio paviršiaus ilgis, m	Darbinio paviršiaus plotis, m	Paviršių suspaudimo slėgis, bar	Integruoti ekranai
3 (minimali, vidutinė ir maksimali)	0,43	0,48	0,90	0,2-0,6	1 (termostatui ir laikmačiui)

2.2. Lenkiamojo standumo nustatymo metodika

Siekiant įvykdyti projekte užsibrėžtus uždavinius, nustatomas tiriamųjų medžiagų mechaninis rodiklis – lenkiamasis standumas. Lenkiamasis standumas, tai medžiagos geba pasipriešinti lenkimui, ši savybė nustatoma siekiant atlikti erdvinę vizualizaciją toliau aprašomuose tyrimuose. Lenkiamasis standumas nustatomas pasitelkiant FAST metodiką [48]. FAST metode naudojamas specialus prietaisas su horizontalia ir pasvirusia plokštumomis, bandinys stumiamas horizontalia plokštuma tol, kol pasiekia pasvirusią plokštumą. Kai bandinys paliečia pasvirusią plokštumą, išmatuojamas bandinio nusvirusios dalies ilgis. FAST matuoklio schema pavaizduota 2.2 paveiksle.



2.2 pav. FAST sistemos matuoklis lenkiamajam standumui matuoti (1 – horizontali plokštuma; 2 – slankiojanti matavimo plokštelė; 3 – bandinys; 4 – pasvirusi plokštuma)

Erdvinei vizualizacijai pasirinkta medžiaga tirama eilučių ir stulpelių kryptimis. Medžiagos bandiniai iškerpami matmenimis: 50×150 mm. Lenkiamasis standumas apskaičiuojamas pagal 1 formulę [49].

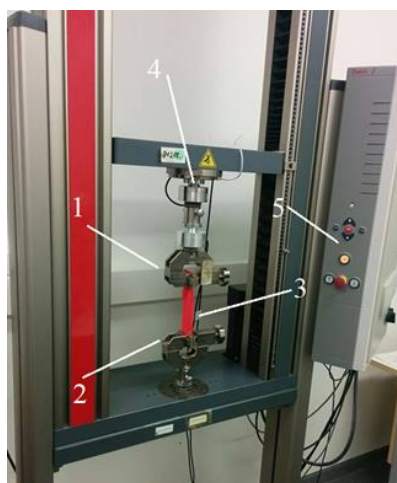
$$B = m_q \cdot c^3 \cdot 9,81 \times 10^{-6}, \quad (1)$$

čia, B – lenkiamasis standumas, μNm ; m_q – paviršinis tankis, g/m^2 ; c – $\frac{1}{2}$ nusvirusios bandinio dalies ilgio, mm.

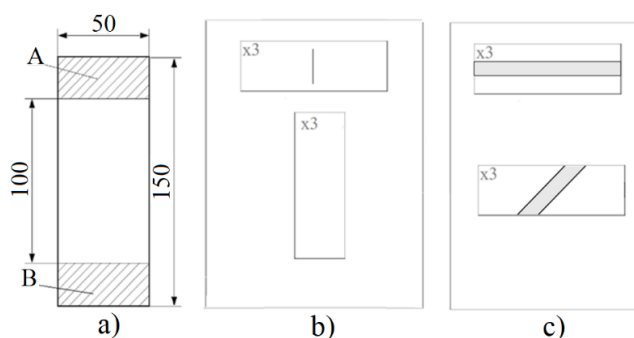
2.3. Daugiaciklio tempimo metodika

Siekiant nustatyti sporto ir aktyvaus laisvalaikio medžiagų elgseną tempiant naudojama universali Zwick/Z005 (Vokietija) tempimo mašina. Tempimo mašinos schema pateikta 2.3 paveiksle.

Pavienių medžiagų tempimo bandymui iškerpami standartiniai mezginių eilučių ir 45° kryptimi bandiniai, tuo tarpu klijuotinės sistemos tiriamos tik skersine kryptimi (žr. 2.4 pav. a, b ir c). Sistemoje juostelė klijuojama išilgine ir 45° kryptimis (žr. 2.4 pav. c). Atstumas tarp viršutinio ir apatinio tempimo mašinos spraustuvo – 100 mm. Bandiniai natūralioje būsenoje įstatomi į viršutinį ir apatinį spraustuvą ir tempiami 500 mm/min tempimo greičiu iki 10 N tempimo jėgos, atliekant 5 tempimo ciklus, remiantis standartu LST EN 14704-1 [50].

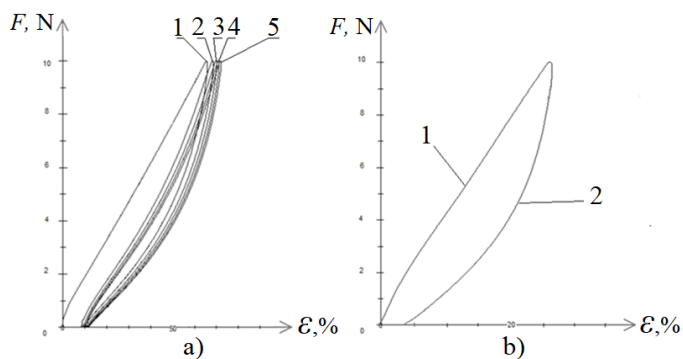


2.3 pav. Zwick/Z005 (Vokietija) tempimo mašinos elementai: 1 – viršutinis spraustuvas, 2 – apatinis spraustuvas, 3 – bandinys, 4 – jėgos jutiklis, 5 – valdymo pultas



2.4 pav. Tempimo bandiniai: a – bandinio matmenys (A – viršutiniame spraustuve tvirtinama bandinio dalis, B – apatiniame spraustuve tvirtinama bandinio dalis); b – pavienių bandinių kryptis; c – klijuotinių sistemų bandinių ir juostelių kryptis

Programiškai sugeneruotas 5 ciklų tempimo ciklo grafiko pavyzdys pateikiamas 2.5 paveikslo a dalyje, kompresijos nagrinėjimui analizuojamas tik pirmasis tempimo ciklas, grafiko pavyzdys 2.5 paveiksle b.



2.5 pav. Ciklinio tempimo (a) ir jo 1-ojo ciklo (b) tempimo grafikas: 1 – tempimo deformacija, 2 – grįžtamoji deformacija

Atlikus ciklinį tempimo bandymą nustatomi šie tempimo rodikliai: tempimo deformacija (ϵ_{total} , %), liekamoji deformacija (Δ_{remain} , %) ir elastingumo laipsnis (DE , %). Elastingumo laipsnis apskaičiuojamas pagal 3 formulę [51].

$$DE = \frac{\epsilon_{total} - \Delta_{remain}}{\epsilon_{total}} \cdot 100, \quad (3)$$

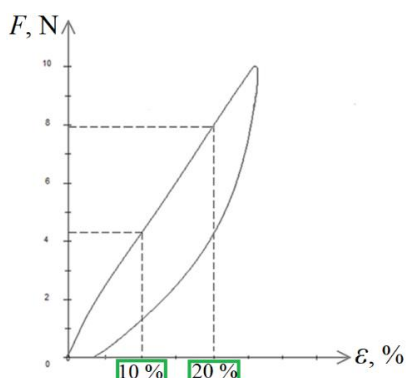
čia, ϵ_{total} – tempimo deformacija, %; Δ_{remain} – liekamoji deformacija, %.

2.4. Kompresijos tyrimo metodika

Magistro projekte atliekami tyrimai, kuriais siekiama nustatyti tiriamųjų objektų sukeliama kompresiją į žmogaus galūnei artimą formą – cilindrą, slėgiant jį uždarai aplink. Virtualus ir tik teoriniais skaičiavimais grįstas kompresijos skaičiavimas tikrinamas atliekant realų slėgio matavimo tyrimą pasitelkiant jutiklius. Metodikos detalai išdėstomos skyreliuose toliau.

2.4.1. Kompresijos skaičiavimo metodika

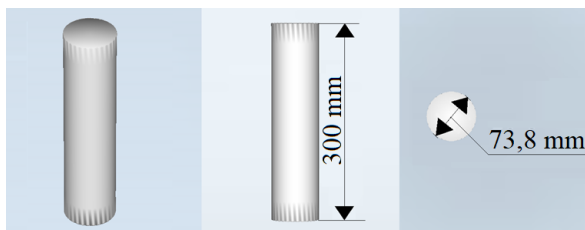
Tiriamųjų megztinių medžiagų M1-M12 kompresijos vertės nustatomos panaudojant Laplaso formulę (1) ir ciklinio tempimo 1-ojo ciklo kreivę, esant 10% ir 20% tempimo deformacijos vertėms (žr. 2.6 pav).



2.6 pav. Bandinio pirmojo ciklo tempimo kreivė (vertės, nustatomos iš grafiko esant 10 % ir 20 % tempimo deformacijos vertėms)

2.4.2. Slėgio vizualizavimo virtualiomis technologijomis metodika

Virtualiai kompresinio gaminio sukeltam slėgiui taške išmatuoti naudojamas Modaris (APS Lectra) programinis paketas. Paketas suteikia galimybę išmatuoti virtualiai vizualizuojamos kompresinės aprangos sukeliama slėgį į virtualų žmogaus kūną, remiantis gaminio deformacijomis ir kūno kreivumu. Virtualiai slėgis išmatuojamas ant cilindrinio kūno, kadangi šis yra artimiausias savo forma žmogaus galūnėms. Pasitelkiant papildomas priemones – 3Ds Max programą, sukuriama bazinė forma – cilindras (žr. 2.7 pav.). Pagrindiniai cilindro parametrai pateikti 2.4 lentelėje, 3Ds Max programos pagalba sukurtas cilindras importuojamas į Modaris programą.

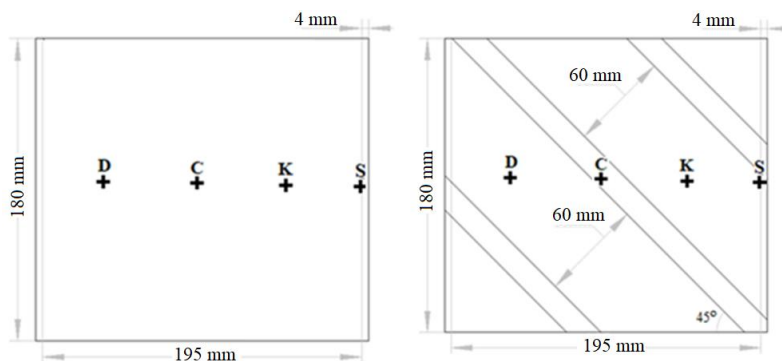


2.7 pav. Virtualaus cilindro matmenys

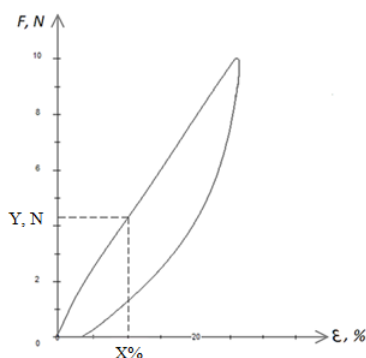
2.4 lentelė. Cilindro parametrai

Cilindro skersmuo	$d = 73,8 \text{ mm}$
Kreivumo spindulys	$K = R = d/2$ ($K = 7,38/2 = 3,69 \text{ cm} = 0,0369 \text{ m}$)
Cilindro pagrindo perimetras	$j = 23,17 \text{ cm}$
Cilindro aukštis	$h = 30 \text{ cm}$
Bandinio aukštis	$h_B = 180 \text{ cm}$

Kompresinio bandinio sukeltam slėgiui taške nustatyti, sukuriamas virtualus movos bandinys iš pavienės medžiagos ir iš klijuotinės sistemos (žr. 2.8 pav. a ir b), mažesnės apimtys nei cilindro, kad būtų sukeliamas spaudimas. Lekalas sumažinamas tiek, kad slėgis į cilindrą būtų 26,66 hPa (=20 mmHg), (priskiriamas 1-ajai kompresinei klasei (žr. 1.2 lentelė, standartas UNI ENV 12179). Lekalo mažinimas atliekamas remiantis Laplaso formule (2) ir tiriamosios medžiagos tempimo kreive (žr. 2.9 pav).

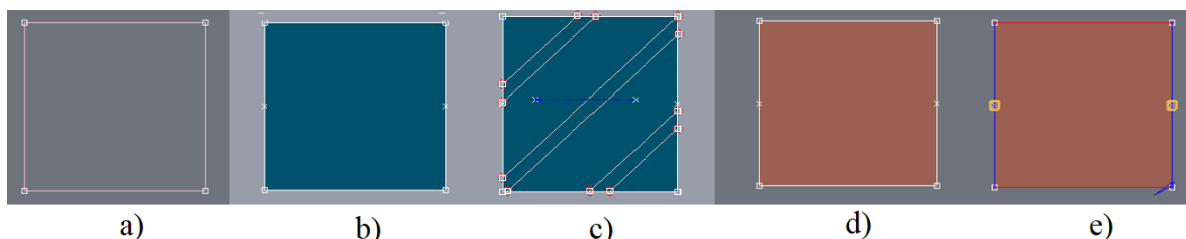


2.8 pav. Pavienės medžiagos bei klijuotinės sistemos bandinio matmenys ir klijuotinių elementų išdėstymas



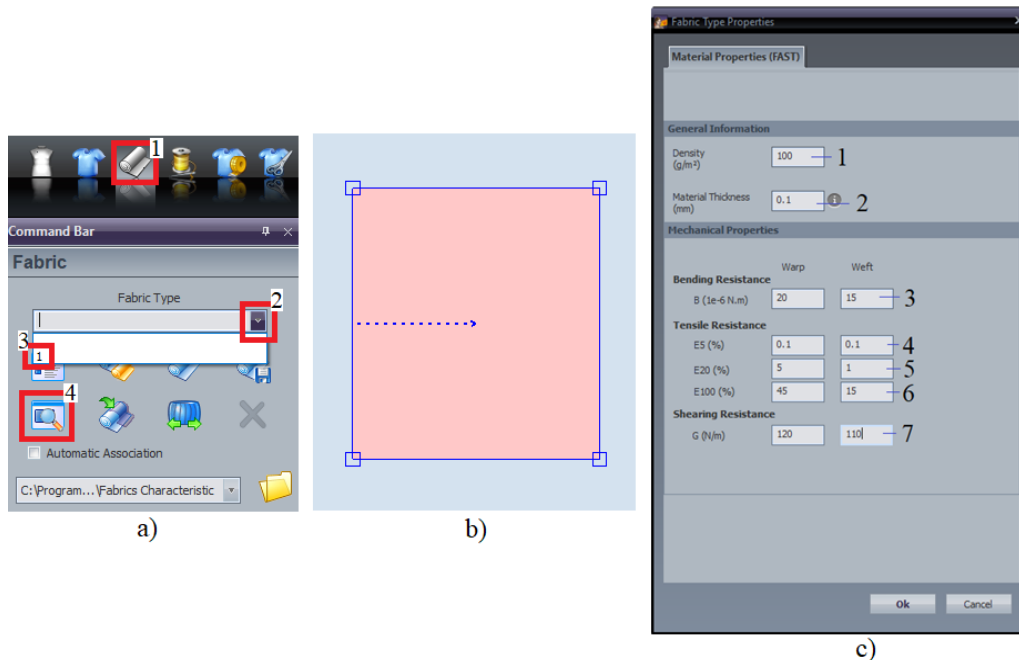
2.9 pav. Tiriamosios medžiagos kreivė: Y – pagal Laplaso formulę gauta tempimo apkrovos vertė, X % – lekalo sumažinimo vertė prie nustatytos apkrovos

Pavienės medžiagos ir klijuotinės sistemos lekalai sukuriami konstrukcinėje programinio paketo Modaris erdvėje, pradžioje nubrėžiant lekalą kontūrą (žr. 2.10 pav. a), kontūras paverčiamas lekalu (pavienės medžiagos (b) ir klijuotinės sistemos (c) lekalas). Ant turimo lekalą sudedami lekalą viršaus ir apačios centrus žymintys taškai (žr. 2.10 pav. d). Lekalas įkeliamas į virtualaus susiuvimo langą, jame nurodomos lekalą kraštinės, kurios bus virtualiai susiuvamos, taip pat pažymimi sutaiikymo taškai, pagal kuriuos virtualioje primatavimo erdvėje, virtualiai susiūta mova, pozicionuojama ant cilindrinio kūno (žr. 2.10 pav. e).



2.10 pav. Movos lekalą kūrimo etapai

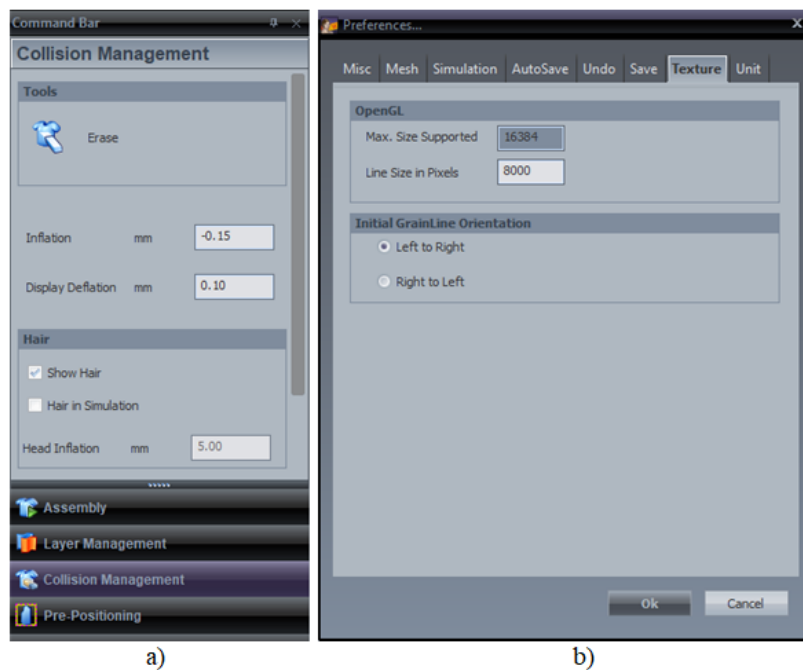
Iš virtualaus siuvimo lango pereinama į erdvinę vizualizaciją, į kurią importuojama virtualiai susiūta mova su nurodytais sutaiikymo taškais. Sutaikymo taškai pažymimi ir ant cilindrinio kūno (*garment* → *slip on point*). Ant cilindro pažymimi sutaiikymo taškų pavadinimai turi atitikti siuvimo erdvėje nurodytus taškų pavadinimus. Virtualioje 3D erdvėje movos detalei priskiriamos mechaninės medžiagos savybės (pavienės medžiagos movai vienos, klijuotinei movai dviejų medžiagų savybės). Tai atliekama programinio lango lentelėje pasirinkus komandas: *Mechanical Properties* → *Fabric Type* → „1“ (*kitoms medžiagoms 2,3 ir t.t.*) → *Material Properties* (žr. 2.11 pav.).



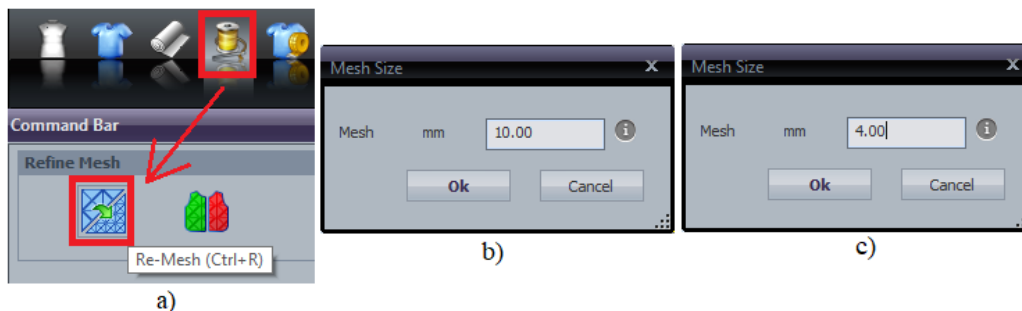
2.11 pav. Medžiagos savybių suvedimas į programą: a – piktogramų pasirinkimo seka; b – lekalą spalva pasirinkus medžiagos kodą – 1; c – medžiagos mechaninių savybių suvedimo lentelė (1 – paviršinis tankis, g/m^2 ; 2 – storis, mm; 3 – lenkiamasis standumas, $1e^{-6}Nm$; 4 – medžiagos ištįsa esant 0,245 N/5 cm; 5 – medžiagos ištįsa esant 0,98 N/5 cm; 6 – medžiagos ištįsa esant 4,905 N/5 cm; 7 – šlyties standumas, N/m (nustatomas tempiant 45° kampu kirptą bandinį iki 0,245 N/5 cm)

Virtualios movos modeliavimui atlikti pasirenkami ir patikrinami specialūs movos priglodimo ir rezoliucijos nustatymai (žr. 2.12 pav), taip pat pasirenkamas movos tinklelio dydis. Tinklelio dydžio pasirinkimo veiksmų seka programoje: *Assembly/Simulation* → *Re-mesh*. Tinklelio dydis pradinei vizualizacijai atlikti pasirenkamas didesnis nei galutinei. Pradinės vizualizacijos tinklelio dydis – 10 mm, galutinės – 4 mm (žr. 2.13 pav.).

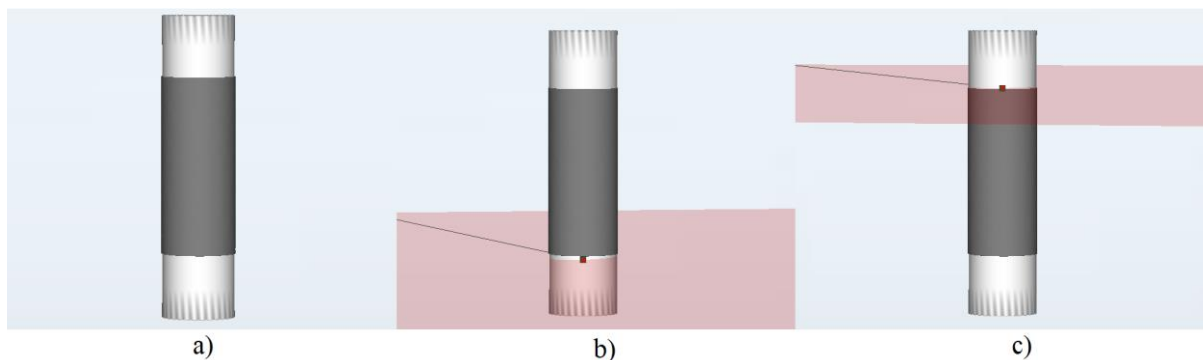
Priskyrus virtualiai movai mechanines medžiagos savybes bei pasirinkus pradinį tinklelio dydį atliekama pirminė movos vizualizacija ant cilindro. Pirmosios vizualizacijos metu modeliuojama movos detalė ant cilindro, tačiau ne mechaninės medžiagos savybės. Modeliavimui atlikti pasirenkamos komandos: *Assembly/Simulation* → *Assemble+Simulate*. Programai užbaigus pirminę vizualizaciją, atliekama galutinė, sumažinus tinklelio dydį ir modeliuojant medžiagos mechanines savybes: *Assembly/Simulation* → *Fall/Relaxation*. Lekalo erdvinės vizualizacijos ant cilindro vaizdas pateiktas 2.14 paveiksle.



2.12 pav. Modeliavimo parametrai: a – lekalo priglodimo prie cilindro nustatymai; b – medžiagos tekstūros raiškos tikslumas

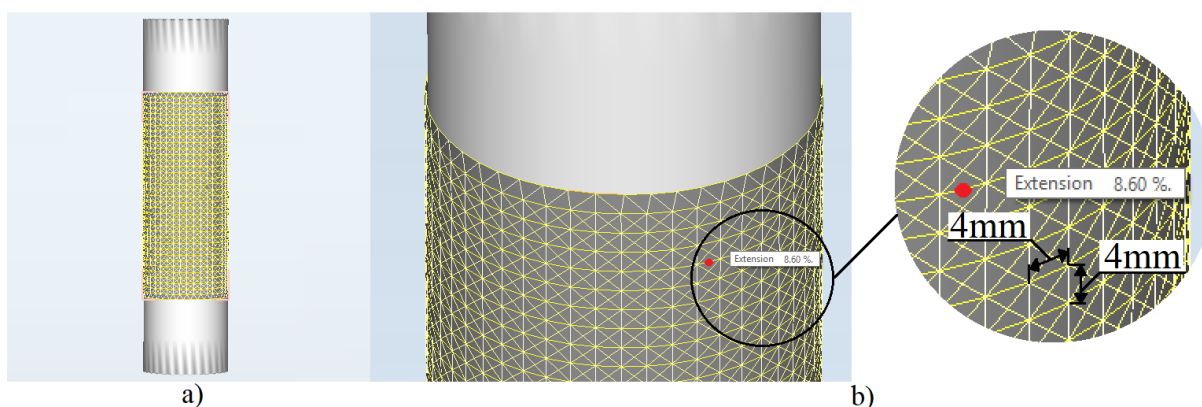


2.13 pav. Programinio tinklelio dydžio pasirinkimas: a – tinklelio piktogramos programiniame lange; b – pradinio tinklelio nustatymas; c – galutinio tinklelio nustatymas



2.14 pav. Movos vizualizacija ant cilindro: a – movos vizualizacija programiniame lange; b – cilindro ir movos apatinis sutaikymo taškas; c – cilindro ir movos viršutinis sutaikymo taškas

Atlikus movos erdvinę vizualizaciją, pereinama į primatavimo skiltį. Primatavimo skiltyje peržiūrimos virtualios movos deformacijos abejomis kryptimis. Movos tinklelio modeliavimas atliekamas tikslingai, siekiant nustatyti movos iš pasirinktos medžiagos deformacijas slėgiant virtualų cilindrą lokaliuose taškuose C, K, D ir S (žr. 2.8 pav. a ir b). Movos deformacijų tinkleliui modeliuoti pasirenkamos funkcijos pagal nurodytą seką: *Fitting* → *Ease* → *Mesh Distortion* (žr. 2.15 pav.).

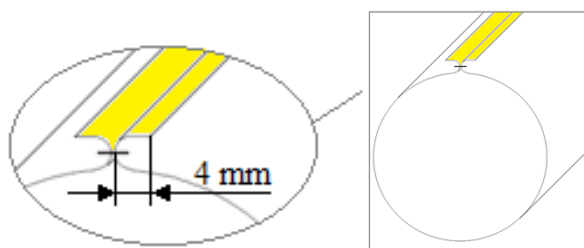


2.15 pav. Virtualios movos deformacijų tinklelis: a – programiniame lange modeliuojamos movos tinklelis ant cilindro; b – tempimo deformacija skersine medžiagos kryptimi lokaliame taške (%)

Iš virtualios movos deformacijų skersine kryptimi apskaičiuojamas slėgis, sukiamas kompresinės movos į cilindrinį kūną, remiantis Laplaso formule (2) kompresinio gaminio slėgiui taške nustatyti ir tempimo kreive. Iš tempimo kreivės ties lokalsios deformacijos vertė nustatoma jėga F , N/5cm, perskaičiuojama į tempimo apkrovą (N/m) ir apskaičiuojamas slėgis, veikiantis į cilindrinį paviršių.

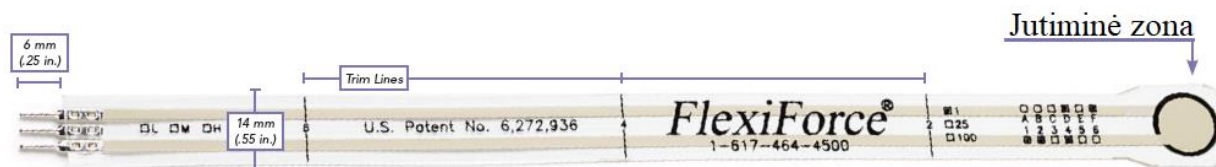
2.4.3. Slėgio nustatymo jutikliais metodika

Slėgio vertė, kurią sukelia medžiaga analizuojama ant tokią pačią apimtį turinčio cilindro, kaip ir virtualios erdvinės movos modeliavimo metu. Atsižvelgiant į cilindro matmenis iškerpamas tokio paties dydžio movos lekalas, kaip ir virtualiai projektuojant, tik bandinys ruošiamas iš realios medžiagos ir realios klijuotinės sistemos (žr. 2.8 pav. a ir b). Lekalo siūlės (siuvimo dygsnys 301) užlaidos paliekamos išorėje siekiant nesukelti papildomo slėgio (žr. 2.16 pav.)



2.16 pav. Kompresinės movos siuvimo užlaidos pozicija išmatuojant slėgį jutikliais

Kompresinės movos sukiamas slėgis konkrečiame taške išmatuojamas lanksčiu jutikliu - FlexiForce™ (Standart Model A201). FlexiForce™ jutiklis yra labai plonas ir lankstus, todėl nesukelia papildomo slėgio įterpus jį tarp tiriamosios medžiagos ir objekto. Projekte naudojamas specialus slėgio jutiklis slėgio vertėms taškuose nustatyti, jis atvaizduotas 2.17 paveiksle, o specifikacijos pateiktos 2.5 lentelėje. Slėgio matavimai su lanksčiu jutikliu buvo atliekami Suleyman Demirel universitete, Turkijoje. Jutiklis buvo pozicionuojamas tarp cilindrinio paviršiaus ir bandinio, jutiminės zonos, taške išmatuojant slėgį, kurį sukelia medžiagos bandinys į cilindrinį paviršių.



2.17 pav. FlexiForce™ (Standart Model A201) lankstus jutiklis [52]

Jutikliu išmatuotos slėgio vertės gaunamos g/cm^2 vienetais, konvertuojamos į mmHg vienetus. $1 \text{ g/cm}^2 = 98,0665 \text{ N/m}^2 = 0,0075 \text{ mmHg} = 0,9807 \text{ hPa}$ ir rezultatų skiltyje pateikiamos mmHg ir hPa.

2.5 lentelė. Slėgio jutiklio specifikacijos [53]

FlexiForce™ techninės savybės	
Storis, mm	0,203
Ilgis, mm	191
Plotis, mm	14
Jutiminės zonos skersmuo, mm	9,53
Kontaktai	3 (centrinis – neaktyvus)
Jungiamoji medžiaga	Poliesteris
Kontakto ilgis, mm	2,54

3. Eksperimentinių tyrimų rezultatai

Projekto eksperimentinių tyrimų skyriuje aptariami ir analizuojami rezultatai. Pagal projekto užduotyje išsikeltus uždavinius analizuojama klijuotinių sistemų įtaka ciklinio tempimo ir sukeltos kompresijos rodikliams, aptariamos ir palyginamos kompresinės virtualios ir realios movos sukeltos slėgio vertės.

3.1. Klijavimo technologijų įtaka ciklinio tempimo ir kompresijos rodikliams

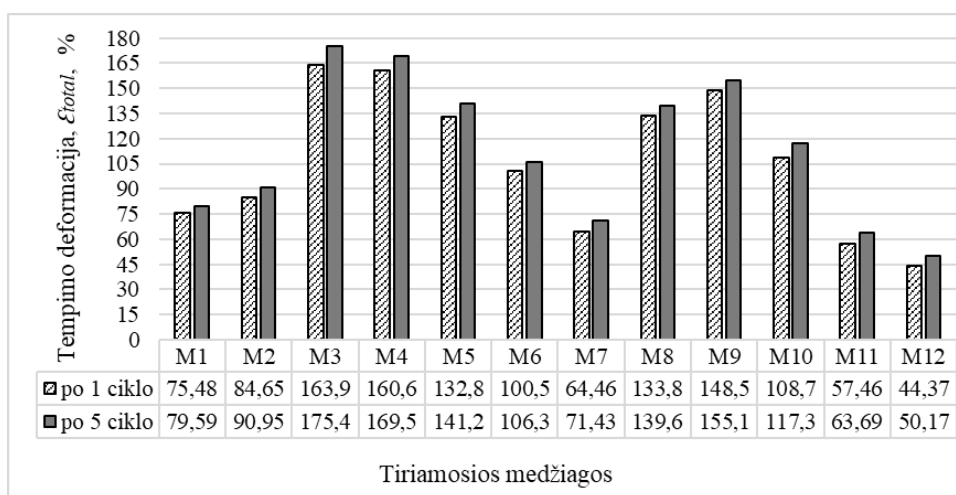
Siekiant nustatyti klijuotinių elementų įtaką kompresijos pokyčiams tiriamuosiuose taškuose bei bendrai kompresijai, pirmiausia, analizuojama medžiagų M1-M12 bei klijuotinių elementų kompresija bei tempimo rodikliai.

3.1.1. Tiriamųjų medžiagų ciklinio tempimo rodiklių palyginamoji analizė

Tiriamosioms medžiagoms M1-M12 buvo atliktas 5 ciklų tempimas. Iš tempimo kreivių po ciklinio tempimo, nustatomos medžiagų tamprumo savybės. Joms nusakyti analizuojami pagrindiniai tempimo rodikliai. Tempimo deformacija ir liekamoji deformacija programiškai nustatomos tempimo bandymo metu po 1-ojo ir po 5-ojo ciklo, elastingumo laipsnis apskaičiuojamas pagal metodikoje nurodytą 3 formulę.

Iš tempimo grafikų (1 priedas) nustatomos M1-M12 medžiagų tempimo deformacijos. Iš 3.1 paveikslo galima matyti, kad tempiant bandinius 10N/5cm, mažiausiai tempimo metu deformuojasi medžiaga – M12. Medžiaga tempiama iki nurodytos jėgos ištempinama, bandinio ištįsusios dalies ilgis neviršija $\frac{1}{2}$ bandinio pradinio ilgio dalies aukščiausiam jėgos taške, 1-ojo ciklo metu deformacija siekia 44,37 %, o 5-ojo ciklo metu M12 deformuojasi šiek tiek daugiau nei $\frac{1}{2}$ bandinio pradinio ilgio – 50,17 %. Medžiagos M11, M7, M1 ir M2, tempimo metu nesideformuoja daugiau nei medžiagos bandinio visas ilgis, t.y. tiek 1-ojo, tiek paskutiniojo tempimo ciklo metu šios medžiagos neištįsta daugiau negu 100 %. Medžiagos M6, M10, M5, M4 ir M3 tempiant iki tos pačios jėgos pasiekia dvigubą pradinio bandinio ilgį, tiek 1-ame, tiek 5-ame cikle. Medžiagų M4 ir M3 deformacijos aukščiausiam jėgos taške pasiekia didesnę nei dvigubą pradinio bandinio ilgį: medžiaga M4 1-ojo tempimo ciklo metu deformuojasi 160,6 %, 5-ojo ciklo metu – 169,5 %. Medžiaga M3 1-ojo ciklo metu tempiant deformuojasi 163,9 %, o 5-ojo ciklo metu pasiekia net 175,4 % deformaciją, tai parodo, kad bandinio ilgis esant 10 N jėgai deformuojasi ir tampa beveik trigubai ilgesnis nei pradinis bandinio ilgis.

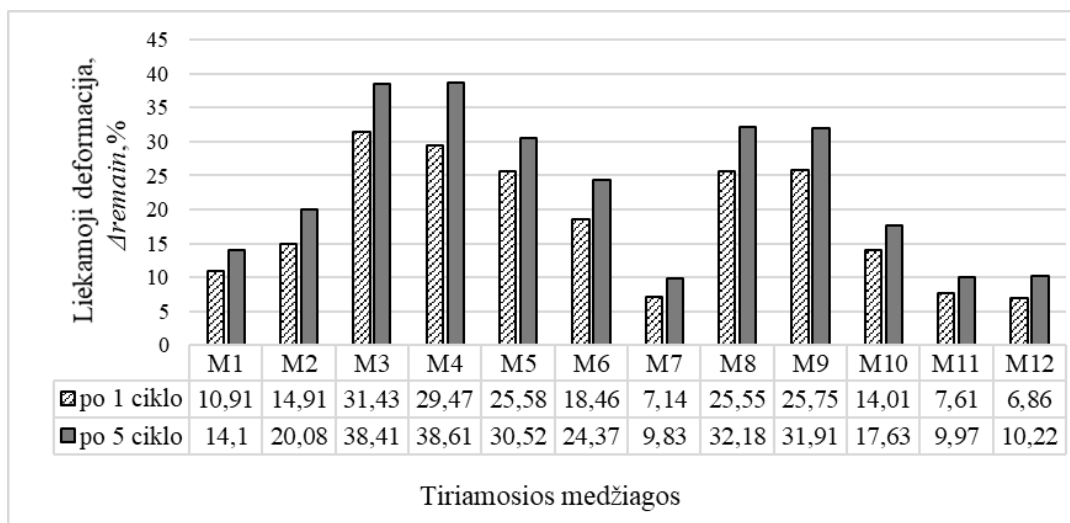
Kuo tempimo deformacijos procentinės vertės didesnės esant tai pačiai jėgai, tuo medžiagą reikia daugiau ištempti, norint, kad kompresijos vertė ir sukeltas slėgis į kūną būtų didesnis. Dažniausiai projektuojant kompresinius gaminius, gaminių lekalai sumažinami 20 % [54] pasiekia reikiamą priglundimą prie kūno, nevarždami judėjimo laisvės. Galima prognozuoti, kad 20 % sumažinus medžiagos M3 lekalus, nepasiekama net I kompresinei klasei priskiriama kompresija, nes jos tempimo deformacija didžiausia. Lekalus mažinant didesniu procentu rizikuojame prarasti gaminio estetinį vaizdą. Iš tiriamųjų medžiagų geriausiomis tempimo deformacijomis, sporto ir aktyvaus laisvalaikio gaminių gamybai, pasižymi medžiaga M12, taip pat medžiagos M7 ir M11, nes jų deformacijos mažiausios, todėl nerizikuosime prarasti estetinio gaminio vaizdo mažinant lekalus. Taip pat dėl mažų deformacijų tempimo metu turėtų užtikrinti geras kompresines savybes.



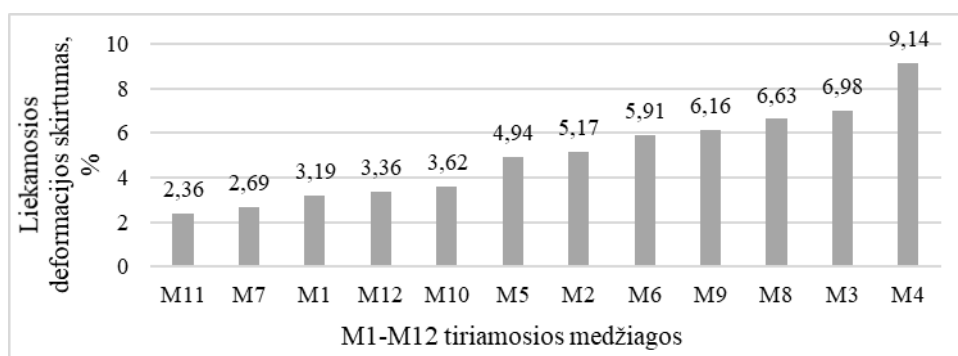
3.1 pav. M1-M12 tiriamųjų medžiagų tempimo deformacija esant 10N/5cm tempimo jėgai

Labai svarbus rodiklis medžiagos tamprumui – liekamoji deformacija. Šis rodiklis nusako aprangos gaminio kompresinių savybių išlaikymą po dėvėjimo. Kuo liekamoji deformacija didesnė, tuo medžiagos savybė sukelti planuotą kompresiją dėvint drabužį keletą kartų – mažesnė. Dėl šios priežasties tempimo bandymo metu analizuojama ir liekamoji deformacija 1-ojo ir 5-ojo ciklo metu.

Analizuojant medžiagų liekamasias deformacijas (žr. 3.2 pav.), galima pastebėti, kad medžiagos M12, M11 ir M7 pasižymi geriausiomis tempimo deformacijos savybėmis (žr. 3.1 pav.) pasižymi mažesnėmis liekamosiomis deformacijomis tiek po 1-ojo, tiek po 5-ojo ciklo, ir atvirkščiai. Medžiaga M12 po 1-ojo ciklo deformuojasi ir 2-ąjį ciklą pradeda su 6,86 % ištįsa, tai reiškia, kad bandinys 2-ojo ciklo tempimo pradžioje yra ilgesnis nei pradinis bandinio ilgis (100 mm), o ties 5-uju ciklu bandinys pailgėja 10,22 %. Likusiuose cikluose liekamoji deformacija padidėja, tačiau ciklai einantys po 1-ojo, bandinį deformuoja mažiau nei 1-asis tempimo ciklas. Medžiagos M11 ir M7 elgiasi panašiai. Lyginant medžiagas M12, M11 ir M7, galima pastebėti, kad nors medžiagos M12 liekamoji deformacija po 1-ojo ciklo mažiausia, tačiau po 5-ojo ciklo mažiausia medžiagos M7. Lyginant medžiagų liekamosios deformacijos pokytį po 1-ojo ir po 5-ojo ciklo, galima pastebėti, kad medžiagos M11 liekamosios deformacijos pokytis tarp visų tirtų medžiagų mažiausias (2,36 %), antroji medžiaga M7 (2,69 %), tuo tarpu medžiaga pasižyminti geriausiomis tempimo deformacijomis (sporto ir aktyvaus laisvalaikio gaminių gamybos atžvilgiu), liekamosios deformacijos atžvilgiu skirtumas tarp ciklų šiek tiek didesnis – 3,36 %. Medžiagos M3 ir M4 pasižymi didžiausiomis liekamosiomis deformacijomis, tiek po 1-ojo, tiek po 5-ojo ciklo medžiagos M3 bandinio ilgis išilgėja daugiau nei trigubai, tai reiškia, kad medžiaga nelinkusi išlaikyti pirminių tamprumo savybių ir elastiniams kompresiniams sporto ir aktyvaus laisvalaikio gaminiams gaminti nėra tinkama. Medžiaga M4 taip pat pasižymi didele ištįsa tiek po 1-ojo, tiek po 5-ojo ciklo. Medžiagos M9, M8, M5 ir M6 išskiriamos, kaip turinčios didelę liekamąją deformaciją. Tarpinėmis medžiagomis pagal liekamosios deformacijos vertes galima laikyti medžiagas M1, M2 ir M10 - šių medžiagų liekamosios deformacijos vertės panašios, 1-ojo ciklo metu viršija 10 % ir paskutiniojo 5-ojo ciklo metu viršija 14,1 – 20 %. Nors M1, M2 ir M12 medžiagos gali būti naudojamos sporto ir aktyvaus laisvalaikio aprangai gaminti, tačiau ar tinkamos kompresinei aprangai, reikalinga išanalizuoti. Vertinant visas tiriamasias medžiagas M1-M12, pagal liekamųjų deformacijų skirtumus tarp 1-ojo ir 5-ojo ciklo medžiagas galima reitinguoti pagal jų liekamųjų deformacijų pasiskirstymą, pokytį 1-ojo ir 5-ojo ciklo metu (žr. 3.3 pav.).



3.2 pav. M1-M12 tiriamųjų medžiagų liekamoji deformacija



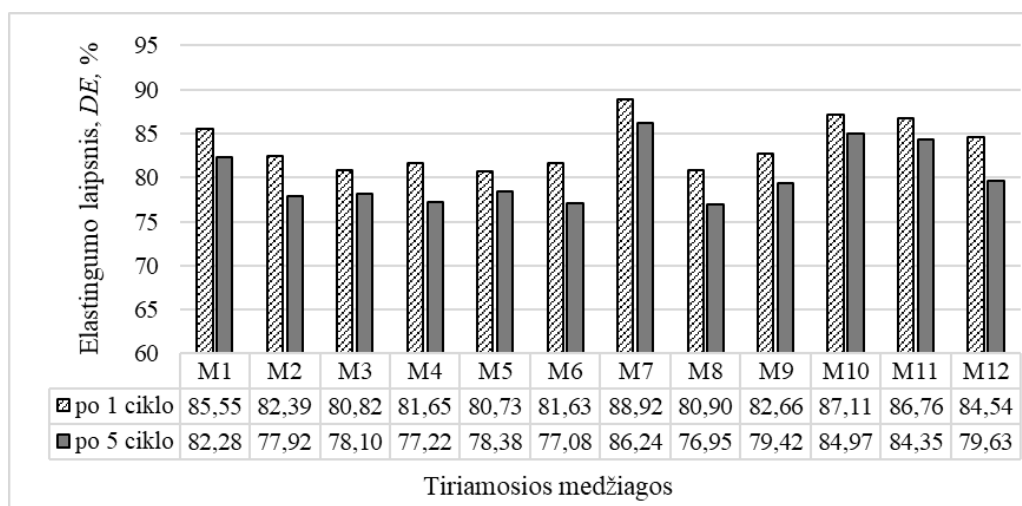
3.3 pav. Liekamųjų deformacijų skirtumas tarp 1-ojo ir 5-ojo ciklo

Iš 3.3 paveikslo, galima pastebėti, kad medžiagos M11, M7, M1, M12 ir M10 turi mažiausią liekamosios deformacijos pokytį didėjant ciklams.

Įvertinus abu rodiklius - tempimo deformaciją ir liekamąją deformaciją, taip pat vertiname medžiagos elastingumo laipsnį (DE), kuris nustatomas remiantis (3) formule.

Tiriamųjų medžiagų elastingumo laipsnio rezultatai pateikiami 3.4 paveiksle. Iš paveikslo galima pastebėti, kad medžiagos M7 tiek 1-ojo, tiek 5-ojo ciklo metu elastingumo laipsnis yra didžiausias iš tiriamųjų medžiagų. Taip pat geromis elastingumo savybėmis pasižymi medžiagos M10, M11, M1 ir M12 tiek po 1-ojo, tiek po 5-ojo ciklo. Blogiausiu elastingumu iš tiriamųjų medžiagų pasižymi medžiaga M5 po 1-ojo, ir po 5-ojo ciklo medžiaga M8.

Iš 3.4 paveikslo ir 3.1 lentelės galima teigti, kad medžiagos elastingumas didėjant ciklams mažėja. Kuo mažesnis skirtumas tarp 1-ojo ir 5-ojo ciklo, tuo bendras medžiagos elastingumo laipsnis geresnis. Iš 3.1 lentelės galima matyti, kad medžiagos M7, M10, M11, M1, M12 ir M9 tiek po 1-ojo, tiek po 5-ojo ciklo reitinguojamos vienodai, o medžiagos M2-M6 ir M8 pozicijas lentelėje pakeičia. Reitingavimo lentelėje tiriamųjų medžiagų pozicijoms po 1-ojo ir po 5-ojo ciklo turi įtakos tempimo ir liekamosios deformacijos: kuo didesnis skirtumas susidaro tarp šių rodiklių tuo elastingumo laipsnis žemesnis, ir atvirkščiai.



3.4 pav. M1-M12 tiriamųjų medžiagų elastingumo laipsnis

3.1 lentelė. Tiriamųjų medžiagų M1-M12 elastingumo laipsnio reitingavimas nuo mažiausio iki didžiausio

Ciklas	Medžiagos kodas											
	1	M7	M10	M11	M1	M12	M9	M2	M4	M6	M8	M3
5	M7	M10	M11	M1	M12	M9	M5	M3	M2	M4	M6	M8

Remiantis medžiagų M1-M12 tempimo rodiklių analize, pastebime, kad visos medžiagos pasižymi skirtingais tempimo, liekamosios deformacijos ir elastingumo rodikliais. Tačiau galima išskirti geriausias pagal nustatytus rodiklius. Pagal tempimo deformacijos vertes esant 10 N tempimo apkrovai rezultatus, geriausiomis medžiagomis galima laikyti: M12, M11 ir M7. Pagal mažiausios liekamosios deformacijos vertes išskiriamos geriausios medžiagos: M12, M11 ir M7, o vertinant elastingumo laipsnį geriausiomis laikomos M7, M10, M11, M1 ir M12. Pagal tempimo rodiklių vertes, siekiant nustatyti, kuri medžiaga tinkamiausia sporto ir aktyvaus laisvalaikio kintančios kompresijos aprangai sudėtinga. Dėl šio priežasties, analizuojama tiriamųjų megztinių medžiagų kompresija. Kompresijos rezultatai pateikiami skyrelyje toliau.

3.1.2. Tiriamųjų medžiagų kompresinių savybių rezultatai ir analizė

Atlikus M1-M12 medžiagų ciklinio tempimo eksperimentinį tyrimą, iš tempimo kreivių nustatoma skirtingoms medžiagoms būdinga tempimo apkrova esant 10 % ir 20 % tempimo deformacijai. Apskaičiuojamos kompresijos vertės remiantis metodikoje ir teorijoje aptarta Laplaso formule (1). Apskaičiuojama tiriamųjų medžiagų kompresija reitinguojama pagal kompresijos vertę nuo mažiausios iki didžiausios (žr. 3.2 ir 3.3 lentelė)

3.2 lentelė. Tiriamųjų medžiagų kompresijos vertės, esant 10 % deformacijai (hPa)

Nr.	M4	M9	M8	M5	M6	M1	M2	M10	M3	M11	M7	M12
P_{10}	6,03	7,12	7,54	7,66	7,75	8,79	10,36	10,89	11,81	19,9	20,1	41,03

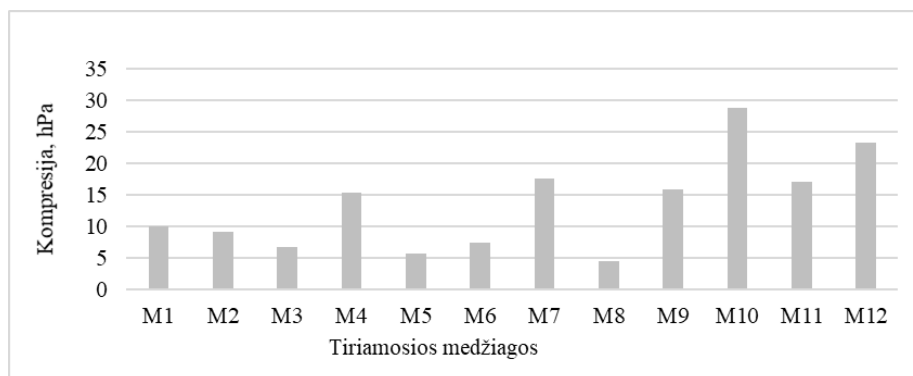
3.3 lentelė. Tiriamųjų medžiagų kompresijos vertės esant 20 % deformacijai (hPa)

Nr.	M8	M5	M6	M3	M1	M2	M4	M9	M11	M7	M10	M12
P_{20}	11,93	13,40	15,07	18,53	18,84	19,47	21,35	23,03	36,97	37,68	39,77	64,27

Skaičiavimo pavyzdys (esant 20 % deformacijai):

$$p_{M1} = \frac{2\pi F}{S} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1,5}{0,005} \cdot 0,01^* = 18,84 \text{ hPa}$$

Iš lentelių 3.2 ir 3.3 galima pastebėti, kad M1-M12 kompresijos vertės esant 10% ir 20% deformacijoms, nuo mažiausios iki didžiausios kompresijos vertės reitinguojamos nevienodai. Tai reiškia, kad medžiagų savybės turi įtaką pradiniam ir tolimesniam tempimo kreivės išlinkimui, kitaip sakant, medžiagas tempiant vienoda jėga, jos elgiasi skirtingai esant 10 % ir 20 % deformacijoms. Tik medžiaga M12 išlaiko savo poziciją esant skirtingoms deformacijos vertėms ji sukelia didžiausią kompresiją. Esant skirtingoms deformacijos vertėms, vienos iš didžiausių kompresiją sukeliančių, medžiagos: M7, M10 ir M11. O M5, M6 ir M8 lieka prie mažiausias kompresijos vertes sukeliančių medžiagų. Nors visos medžiagos skirtos aktyvaus laisvalaikio ir sporto aprangai prigludusiai prie kūno gamybai ir gali būti naudojamos kompresijai į žmogaus kūną sukelti, pastebima, kad jos visos skirtingai elgiasi tempimo metu. Analizuojant medžiagų kompresijos vertes esant 10 % ir 20 % deformacijoms, galima pastebėti, kad kompresijos verčių skirtumai vieniems ir kitoms medžiagoms nėra tolygūs (žr. 3.5 pav.). Pagal paveiksle pateiktą diagramą, galime pastebėti, kad didžiausias kompresijos pokytis vertinant nuo 10 % iki 20 % medžiagų deformacijos eigoje yra medžiagos M10, M12, M7, M4 ir M11. Tokie kompresinių verčių skirtumai parodo, kad tiriant kompresiją esant mažesnėms deformacijoms, negalima nusakyti medžiagų kompresijos esant didesnėms deformacijoms ir tiesiogiai jų lyginti, nes medžiagų tempimo deformacija nėra tiesiogiai proporcinga tempimo jėgai.



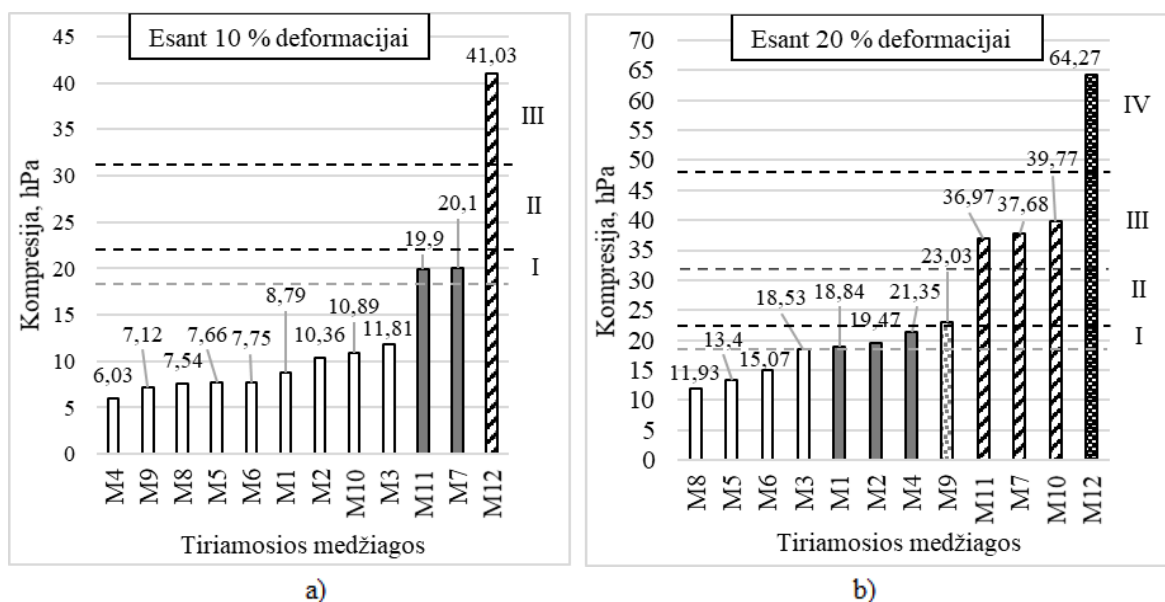
3.5 pav. Kompresijos verčių pokyčiai deformacijos eigoje nuo 10% iki 20%

Remiantis teorinėmis žiniomis, analizuojami tiriamųjų medžiagų kompresijos rezultatai pagal Britų, Prancūzų, Vokiečių, Europiečių ir JAV standartus, kuriuose nurodoma medžiagų klasifikacija pagal kompresijos vertes į klases. Skirtingiems standartams priskiriamos skirtingos kompresinės klasės (žr. 3.4 lentelė) [27].

3.4 lentelė. Plačiausiai naudojami kompresinių gaminių standartai ir kompresijos klasės (hPa)

	Kompresijos klasės			
	1 klasė	2 klasė	3 klasė	4 klasė
Britų standartas (BS)	18,7-22,7	24,0-32,0	33,3-48,0	>48
Vokiečių standartas (RAL-GZ 87/1)	24,0-28,0	30,7-42,7	45,3-61,3	>65,3
Prancūzų standartas (AS-QUAL)	13,3-20,0	20,0-26,7	26,7-48,0	>48,0
Eksperimentinis Europos standartas (UNI ENV 12179)	20,0-28,0	30,7-42,7	45,3-61,3	>65,3
JAV standartas	20,0-26,7	26,7-40,0	40,0-53,3	>53,3

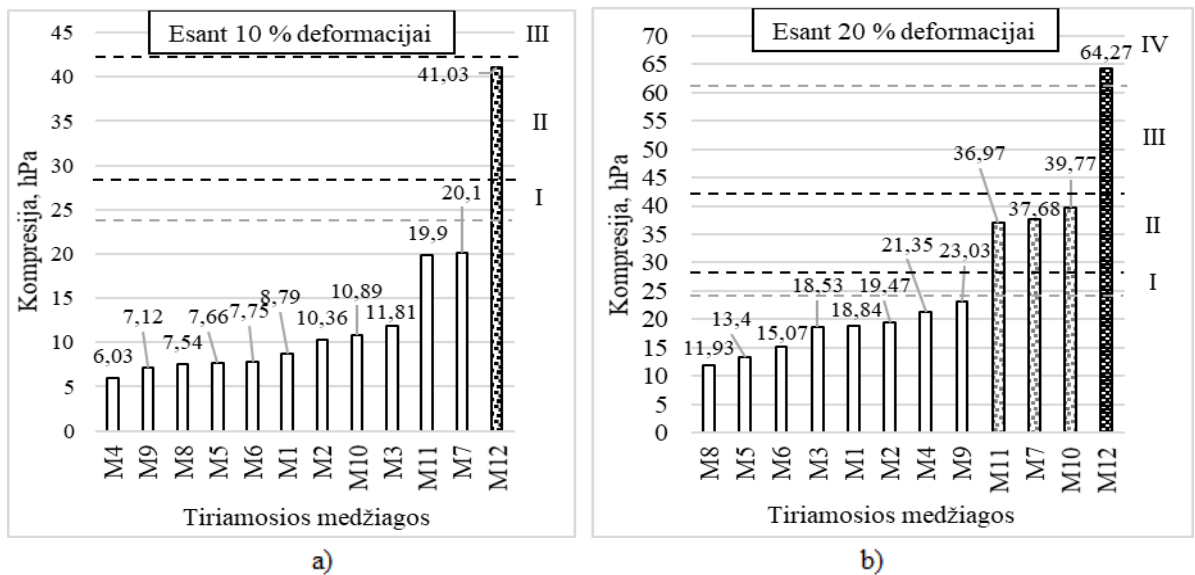
Vertinant tiriamųjų medžiagų kompresiją pagal Britų standartą galima teigti, kad esant 10 % ir 20 % deformacijoms vertės skiriasi. Vertinant medžiagų kompresiją esant 10 % deformacijai, pastebima, kad pagal šį standartą medžiagos kompresinės vertės skiriamos į dvi klases I ir III, likusios medžiagos nepriskiriamos jokiai klasei. Pagal kompresijos vertes esant 20 % deformacijai, tiriamosios medžiagos pasiskirsto visose 4-iose klasėse, tačiau čia taip pat yra medžiagų, kurių priskirti kompresinėms negalima, nes jos nepasiekia I-osios Britų standarto klasės ribos. Iš 3.2 paveikslo galima matyti, kad tik M11 ir M7 priskiriamos I kompresinei klasei, o M12 – III klasei, vertinant kompresijos dydį esant 10% deformacijai. Tuo tarpu, medžiagos M1-M6, M8 ir M9 nepriskiriamos jokiai kompresinei klasei. Esant 20 % deformacijai, medžiagos M1, M2 ir M4 priskiriamos I klasei, M9 – II klasei, trys medžiagos M11, M7 ir M10 priskiriamos III klasei, tik vena tiriamoji medžiaga M12, priskiriama aukščiausiai – IV klasei. Taip pat pastebima, kad net ir esant 20 % deformacijai, kompresinėmis medžiagomis laikyti negalime: M8, M5, M6 ir M3 medžiagų, kadangi jos nepasiekia barjerinės I klasės ribos – 18,7 hPa (žr. 3.6 pav.).



3.6 pav. Tiriamųjų medžiagų skirstymas į kompresines klases esant 10 % (a) ir 20 % (b) tempimo deformacijoms pagal Britų standartą

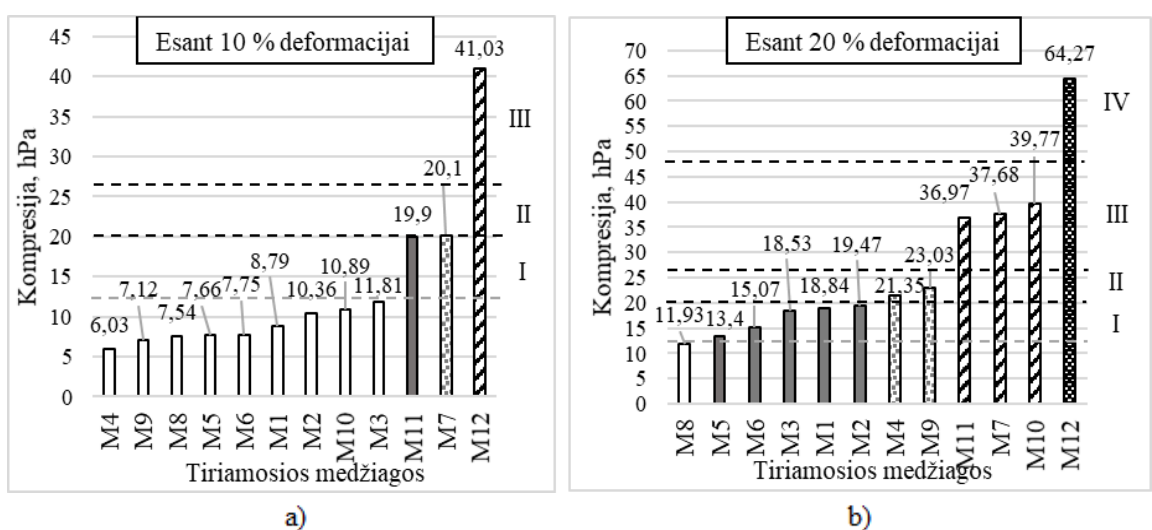
Vertinant kompresijos dydį pagal Vokiečių standartą pastebima, kad esant 10 % deformacijai, tik viena medžiaga M12 priskiriama kompresinei ir priklauso II klasei, likusios M1-M11 nepriskiriamos jokiai, nes nepasiekia I klasės ribos. Esant 20% deformacijai, medžiagos pagal kompresijos klases

pasiskirsto į II ir IV klases. II-oje klasėje medžiagos M11, M7 ir M10, IV-oje klasėje medžiaga M12. Likusios medžiagos M1-M8 ir M9 nepasiekia I klasės ribos (žr. 3.7 pav). Galima pastebėti, kad tiek Vokiečių, tiek Britų standarte, esant 20 % deformacijai, M12 priskiriama tai pačiai IV klasei.



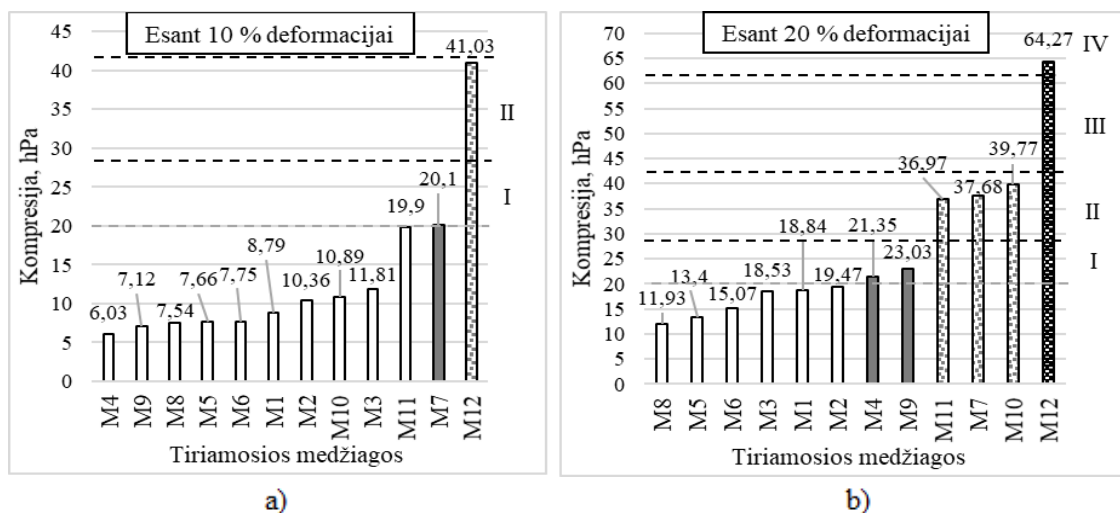
3.7 pav. Tiriamųjų medžiagų skirstymas į kompresines klases esant 10 % (a) ir 20 % (b) tempimo deformacijoms pagal Vokiečių standartą

Prancūzų standarte, esant 10 % deformacijai, medžiagos M1-M8 ir M9 nepriskiriamos jokiai klasei, nes nepasiekia I klasės ribos – 13,3 hPa. Medžiaga M11 priskiriama I-ajai klasei, M7 – II-ajai klasei, M12 – III-ajai klasei. Tuo tarpu, prie 20 % deformacijos, medžiagos klasifikuojamos panašiai, kaip Britų standarte, medžiagos M9, M11, M7, M10 ir M12 patenka į tas pačias kompresijos klases, o M5, M6 ir M3 priskiriamos I-ajai klasei, nors Britų standarte, kaip ir Prancūzų šios medžiagos nepriskiriamos nei vienai kompresinei klasei. Medžiaga M4 priskiriama II-ajai klasei nors pagal Britų standartą ji patenka į I-ąją klasę, o pagal Prancūzų nepatenka net į I-ąją klasę. (žr. 3.8 pav.).



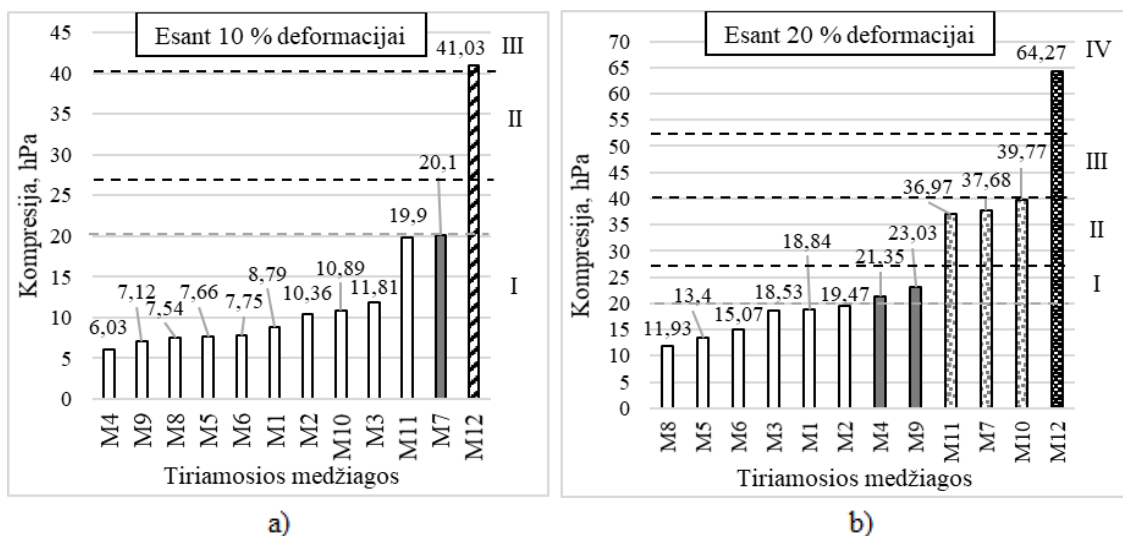
3.8 pav. Tiriamųjų medžiagų skirstymas į kompresijines klases esant 10 % (a) ir 20 % (b) tempimo deformacijoms pagal Prancūzų standartą

Pagal eksperimentinį Europos standartą klasifikuojant tiriamąsias medžiagas į klases pastebima, kad vienareikšmiškai, kaip ir kituose aptartuose standartuose medžiagos M1-M6, M8-M10 esant 10 % deformacijai, nepasiekia I-osios kompresinės klasės ribos, taip pat, kaip ir Vokiečių standarte medžiaga M11 irgi nepriskiriama jokiai klasei. M12 kompresijos vertė didžiausia iš tiriamųjų medžiagų ir patenka į II-ąją klasę. Medžiaga M7 priskiriama I-ajai kompresinei klasei, tik pagal Vokišką standartą medžiaga nepriskiriama jokiai klasei. Esant 20% deformacijai, medžiaga M12 priskiriama aukščiausiai klasei – IV, o M10, M7 ir M11 užima tas pačias pozicijas, kaip Vokiečių standarte. Kompresinėmis laikomos ir medžiagos M9 bei M4, jos priskiriamos I-ajai klasei. Likusios negali būti laikomos kompresinėmis, nes esant 20% deformacijai nesukels kompresijos (žr. 3.9 pav.).



3.9 pav. Tiriamųjų medžiagų skirstymas į kompresines klases esant 10 % (a) ir 20 % (b) tempimo deformacijoms pagal eksperimentinį Europos standartą

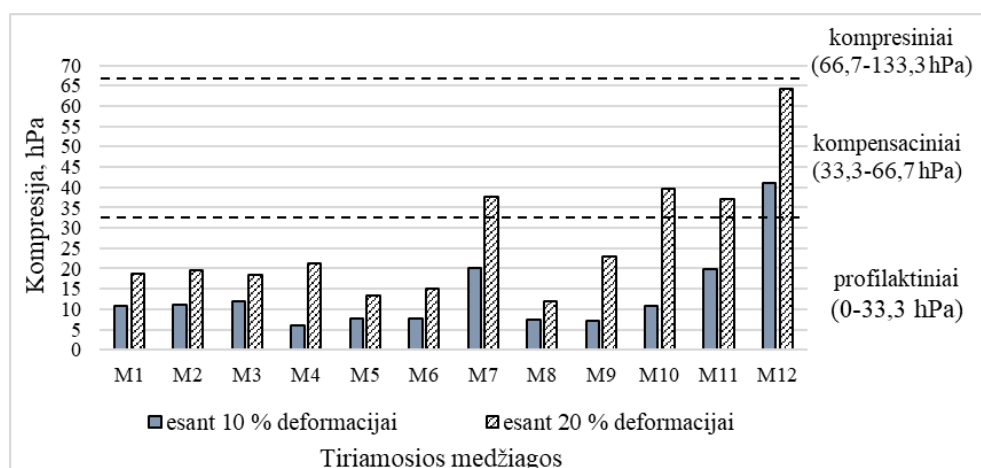
Esant 10% deformacijai medžiaga M12 priskiriama III klasei, M7 – I klasei, o likusios nepriskiriamos jokiai pagal JAV standartą, kaip ir Britų standarte. Esant 20 % deformacijai, medžiagos M12, M10, M7, M11, M9 ir M4 priskiriamos tom pačioms kompresinėms klasėms, kaip ir Europos standarte, taip pat ir likusios medžiagos, kurios nepriskiriamos jokiai klasei (žr. 3.10 pav.).



3.10 pav. Tiriamųjų medžiagų skirstymas į kompresines klases esant 10 % (a) ir 20 % (b) tempimo deformacijoms pagal JAV standartą

Atsižvelgiant į tai, kad pagal skirtinguose standartuose nurodytas kompresijos klasių ribas, medžiagos klasifikuojamos skirtingai, visuose nagrinėtuose standartuose tiriamosios medžiagos priskiriamos panašioms klasėms. Pagal bendrus standartų rezultatus, medžiagas, esant 10 % deformacijai galima klasifikuoti taip: nepriskiriamos jokiai klasei – M1-M6 ir M8-M11, I klasei priskiriama – M7, didžiausią kompresiją iš tiriamųjų medžiagų sukels medžiaga M12 priskiriama II-III klasei. Esant 20 % deformacijai, klasifikuojama taip: nepriskiriamos jokiai klasei – M3, M5, M6 ir M8, daugumoje standartų nepriskiriamos jokiai klasei, bet kai kuriuose standartuose patenka į I klasę – M1 ir M2, I klasei priskiriama – M9 ir M4, II-III klasėms – M7, M10 ir M11, IV klasei priskiriama vienintelė medžiaga – M12.

Klasifikuoti tiriamųjų medžiagų kompresiją galima ir pagal elastinių medicinos gaminių suspaudimo į kūną dydį [28], kadangi tiriamosios medžiagos skirtos aktyvaus laisvalaikio ir sporto gaminių gamybai. Sporto ir aktyvaus laisvalaikio medžiagos gali būti tapatinamos su profilaktinių gaminių gamybai naudojamomis medžiagomis, kadangi joms nereikia sukelti didelės kompresijos. Pagal medicininius kompresinius gaminius, kaip jau minėta literatūros apžvalgoje, išskiriamos trys kompresinių gaminių grupės: profilaktiniai, kompensaciniai ir kompresiniai. Tiriamųjų medžiagų M1-M12 klasifikacija į šias grupes pateikiama 3.11 paveiksle.



3.11 pav. Tiriamųjų medžiagų klasifikacija pagal suspaudimo dydį

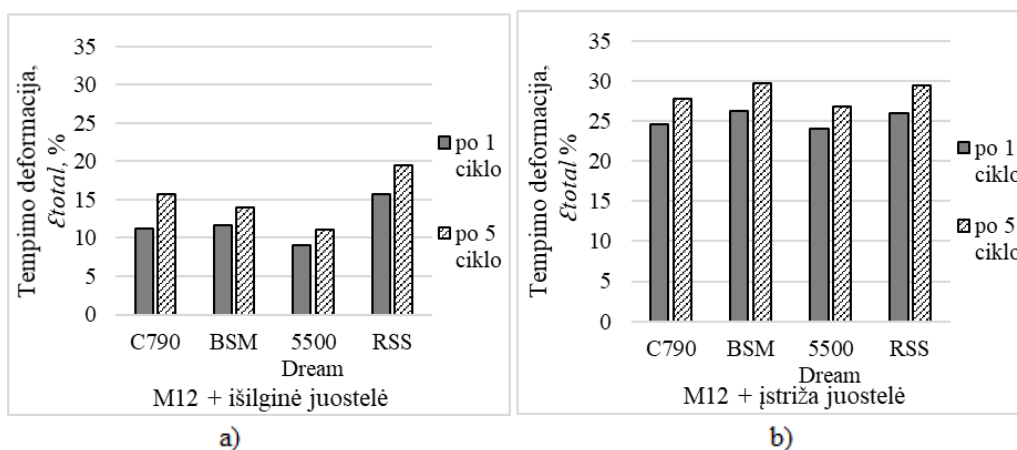
Iš 3.11 paveikslo galima matyti į kokias grupes pagal medicinos elastinių gaminių suspaudimą klasifikuojamos tiriamosios medžiagos prie 10 % ir 20 % deformacijos. Esant 10 % deformacijai, visos medžiagos priskiriamos profilaktinių gaminių grupei, kadangi kompresijos vertės neviršija 33,3 hPa, išskyrus M12, ji priskiriama kompensacinių gaminių grupei, nes kompresijos vertė patenka į ribas nuo 33,3 hPa iki 66,7hPa. Esant 20 % deformacijai, medžiagos M1-M6, M8 ir M9 pagal kompresijos vertes tinkamos profilaktinių gaminių gamybai, kadangi kompresijos vertės atitinka profilaktinių gaminių ribose nurodytas vertes (0-33,3 hPa). Medžiagos M7, M10-M12 atitinka kompensaciniams gaminiams priskirtas ribines kompresijos vertes (33,3-66,7 hPa), tačiau pastebima, kad nei viena medžiaga negali būti pasirenkama medicininiams kompresiniams gaminiams gaminti, kadangi neatitinka medicininių kompresinių gaminių verčių esant 20 % deformacijai (66,7-133,3 hPa). Remiantis magistrinio projekto uždaviniais, medžiagos esančios profilaktinėse ir kompensacinėse kompresijos grupėse gali būti naudojamos profilaktiniams, aktyvaus laisvalaikio ir sporto kompresiniams gaminiams, bet ne medicininiams kompresiniams gaminiams.

Taigi, galima pastebėti, kad medžiaga M12 užtikrina geriausią kompresiją iš tiriamųjų megztinių medžiagų esant tiek 10 %, tiek 20 % deformacijai, taip pat pasižymi mažiausiomis liekamosiomis deformacijomis po 1-ojo ciklo ir mažomis po 5-ojo, bei geru elastingumo laipsniu. Būtent dėl šios priežasties tolimesniems tyrimams atlikti, siekiant nustatyti klijuotinių sistemų įtaką kompresijos vertėms pasirenkama medžiaga M12.

3.1.3. Klijuotinių sistemų ciklinio tempimo rodiklių analizė

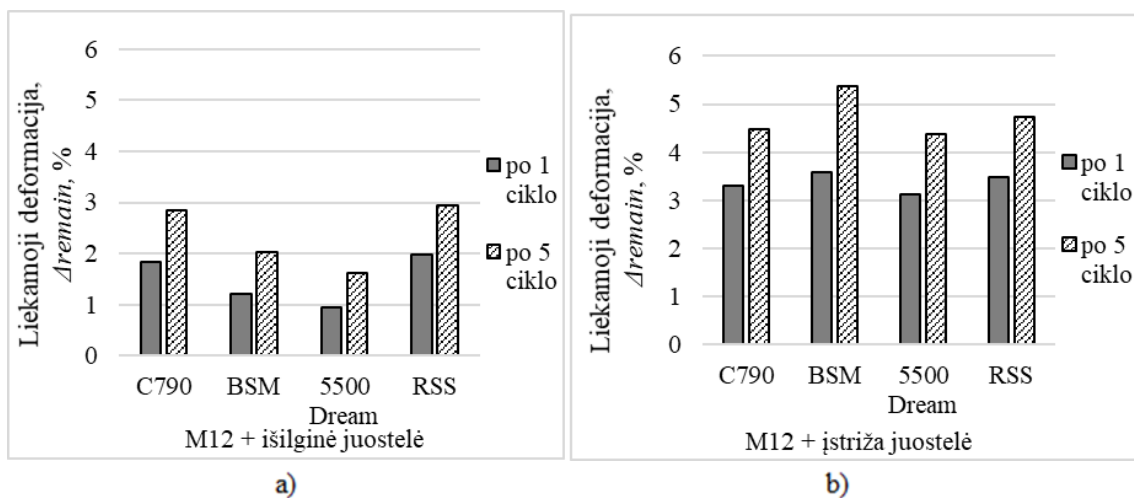
Išanalizavus tiriamųjų medžiagų ciklinio tempimo rodiklius ir kompresines vertes tolimesniems tyrimams atlikti pasirenkama medžiaga – M12. Naudojant šią medžiagą bus analizuojama klijuotinių plėvelių įtaka tempimo rodikliams. Tyrime taikomas dubliavimas su 4-iomis skirtingomis plėvelėmis: 3M C790, 5500 Dream, Reflective silver stretch (RSS) ir Black stretch material (BSM). Siekiant palyginti ciklinio tempimo deformacijos, liekamosios deformacijos ir elastingumo laipsnio rodiklių vertes, analizuojami medžiagos M12 ir klijuotinių sistemų rodikliai ir tempimo kreivės (2 priedas).

Klijuotinių sistemų tempimo deformacijos rodikliai pasikeitė lyginant su pavienės medžiagos tempimo rodikliais be klijuotinių elementų. Iš 3.12 tempimo deformacijos stulpelinės diagramos paveikslo galime matyti, kad tempimo metu, esant 10 N apkrovai, tiek po 1-ojo, tiek po 5-ojo ciklo, tempimo deformacijos vertės didesnės esant įstrižai klijuotoms juostelėms. Tai reiškia, kad tempiant bandiniai su įstrižomis juostelėmis deformuojasi ir ištįsta daugiau (1-ojo ciklo metu 64,93-165,38 %, 5-ojo ciklo metu 51,05-141,37 %) nei bandiniai su išilgai klijuotomis juostelėmis, kol pasiekia 10 N jėgos vertę. Pastebima, kad klijuotinė sistema su išilgai klijuota juoste RSS pasiekia didžiausias deformacijas tempimo metu nei kitos klijuotinės sistemos su išilgai klijuotomis juostelėmis, ši po 1-ojo ciklo pasiekia – 15,77 % deformaciją, o po 5-ojo ciklo – 19,45 % deformaciją. Tuo tarpu, mažiausias tąsumas yra klijuotinės sistemos M12+5500 Dream po 1-ojo ciklo – 9,07 %, o po 5-ojo ciklo – 11,12 %. Akivaizdu, kad po 5-ojo ciklo tempimo deformacija didėja, kadangi susidaro liekamoji deformacija. Klijuotinių sistemų tempimo deformacijos su įstrižai klijuotomis juostelėmis, taip pat didesnės nei medžiagos be klijuotinių elementų, tačiau visos labai panašios, vertės 1-ojo ir 5-ojo ciklo metu vyrauja nuo 24,07 % iki 29,77 %. Esant įstrižai klijuotoms juostelėms mažiausiomis tempimo deformacijomis pasižymi ta pati sistema, kurios mažiausios tempimo deformacijos yra ir esant išilgai juostelei bandinyje M12+5500 Dream, 1-ojo ciklo metu – 24,07 %, o 5-ojo ciklo metu – 26,84 %. Nors juostelių plotis ir padėtis bandinyje vienodi, dėl skirtingos juostelių struktūros ir tamprumo savybių tempiant, kinta ir klijuotinės sistemos tempimo deformacijos.



3.12 pav. Tiriamųjų klijuotinių sistemų tempimo deformacijos vertės su išilgine juoste (a) ir su įstrižai orientuota (b)

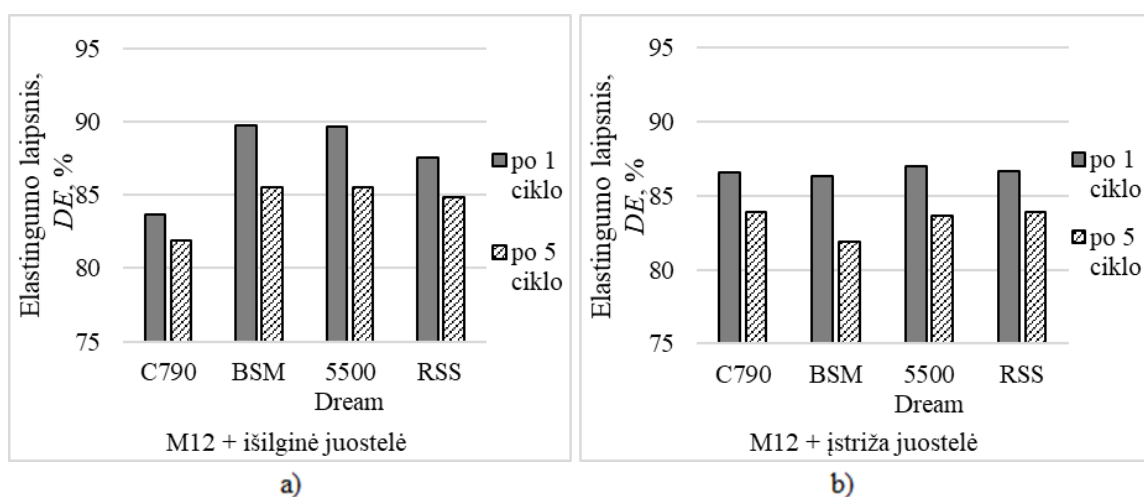
Po klijuotinių sistemų sudarymo su medžiaga M12, liekamosios deformacijos vertės sumažėjo lyginant su pavienės medžiagos M12 vertėmis. Iš 3.13 paveikslo galima pastebėti, kad juostelę klijuojant įstrižai, liekamosios deformacijos didesnės (nuo 2,19 % iki 2,44 %), nei juostelei esant išilgai bandinio. Mažiausiomis liekamosiomis deformacijomis pasižymi klijuotinė sistema M12+5500 Dream su išilgai klijuota juostele, po 1-ojo ciklo 0,94 %, po 5-ojo ciklo 1,61 %, o didžiausiomis liekamosiomis deformacijomis pasižymi sistema M12+RSS, po 1-ojo ciklo – 1,97 %, po 5-ojo ciklo – 2,95 %. Analizuojant skirtumus tarp 1-ojo ir 5-ojo ciklo galima pastebėti, kad esant išilgai klijuotai juostelei, didžiausias liekamosios deformacijos skirtumas susidaro klijuotinėse sistemose M12+C790 (1,01 %) ir M12+RSS (0,97 %), tai reiškia, kad didėjant ciklams, liekamoji deformacija didėja, todėl negalima vertinti medžiagos liekamosios deformacijos tik pagal 1-ąjį ciklą, nes rezultatai po 1-ojo ir po 5-ojo ciklo gali būti reitinguojami skirtingai. Mažiausias skirtumas tarp 1-ojo ir 5-ojo ciklo susidaro sistemoje M12+5500 Dream (0,67 %). Tuo tarpu, didžiausias skirtumas tarp 1-ojo ir 5-ojo ciklo klijuotinėse sistemose su įstrižai klijuota juostele susidaro sistemoje M12+BSM – 1,79 %. Mažiausias skirtumas tarp 1-ojo ir 5-ojo ciklo susidaro tempiant sistemas – M12+Dream 5500 (1,25 %) ir M12+RSS (1,25 %). Lyginant liekamąsias deformacijas klijuotinėse sistemose su įstrižai klijuotomis juostelėmis, galima pastebėti, kad čia taip pat mažiausias liekamąsias deformacijas tempimo bandymo metu sudaro klijuotinė sistema M12+5500 Dream, 1-ojo ciklo metu liekamoji deformacija – 3,13%, o 5-ojo ciklo – 4,38 %. Didžiausiomis liekamosiomis deformacijomis pasižymi – M12+BSM, po 1-ojo ciklo – 3,59 %, po 5-ojo ciklo – 5,38 %. Remiantis rezultatais, galima teigti, kad mažiausiomis liekamosiomis deformacijomis pasižymi klijuotinės sistemos sudarytos su juostele – 5500 Dream.



3.13 pav. Tiriamųjų klijuotinių sistemų liekamosios deformacijos vertės su išilgai (a) ir įstrižai klijuota juostele (b)

Klijuotinių sistemų elastingumo laipsnio rezultatai pateikiami 3.14 paveikslo diagramose. Analizuojamos elastingumo vertės esant išilgai ir įstrižai klijuotoms juostelėms. Pastebima, kad elastingumo laipsnis yra didesnis esant išilgai klijuotoms juostelėms, taip pat pastebima, kad didžiausias elastingumo laipsnis yra klijuotinių sistemų – M12+BSM (po 1-ojo ciklo – 89,76 %, po 5-ojo ciklo – 85,55 %) ir M12+5500 Dream (po 1-ojo ciklo – 89,64 %, po 5-ojo ciklo – 85,52 %). Tuo tarpu, mažiausias elastingumo laipsnis nustatytas sistemai M12+C790. Nors sistema M12+C790 pasižymi mažiausiu elastingumo laipsniu lyginant su kitomis klijuotinėmis sistemomis su išilgai klijuota juostele, tačiau pastebima, kad tarp 1-ojo ir 5-ojo ciklo šios klijuotinės sistemos elastingumo laipsnis kinta mažiausiai (1,78 %), tai reiškia, kad didėjant ciklų skaičiui, medžiaga M12 su klijuotine

juostele C790 išlaiko savo elastingumo savybes geriau nei geresniu elastingumo laipsniu pasižyminčios sistemos: M12+BSM ir M12+5500 Dream. Sistemos M12+BSM skirtumas tarp 1-ojo ir 5-ojo ciklo – 4,21 %, o sistemos M12+5500 Dream skirtumas tarp 1-ojo ir 5-ojo ciklo – 4,11 %. Analizuojant įstrižai klijuotų juostelių sistemų rezultatus, po 1-ojo ciklo pastebima, kad elastingumo laipsnio vertė sistemose vyrauja nuo 86,34% iki 87,00 % 1-ojo ciklo metu, o po 5-ojo ciklo nuo 81,93 % iki 83,90 %. Vienintelė iš tiriamųjų sistemų pasižymi prastesnėmis elastingumo savybėmis po 5-ojo ciklo, tai sistema – M12+BSM (81,93 %). Pastebėta, kad nors sistema su BSM plėvele klijuojant išilgai turi aukščiausią elastingumo laipsnį iš visų tiriamųjų sistemų, tačiau klijuojant įstrižai ji pasižymi blogiausiu elastingumo laipsniu iš tiriamųjų sistemų, todėl galima teigti, kad juostelės kryptis bandinyje turi įtaką ir sistemų elastingumo savybėms.



3.14 pav. Tiriamųjų klijuotinių sistemų elastingumo laipsnis su išilgai (a) ir įstrižai (b) bandinio klijuotomis juostelėmis

Išanalizavus medžiagos M12 ir klijuotinių sistemų tempimo deformacijos, liekamosios deformacijos ir elastingumo laipsnio rodiklius, nustatoma klijuotinių juostelių įtaka pagrindo medžiagai – M12. Apibendrinti klijuotinių juostelių įtakos rezultatai pateikiami 3.5 lentelėje.

3.5 lentelė. Apibendrinti klijuotinių juostelių ant medžiagos M12 ciklinio tempimo rodiklių rezultatai

	Ciklai	3M C790		5500 Dream		RSS		BMS	
Tempimo deformacijos pokytis, %	1	-74,80	-44,70	-79,56	-45,75	-64,46	-41,38	-73,54	-59,25
	5	-68,80	-44,70	-77,84	-46,50	-61,23	-41,44	-72,13	-59,34
Liekamosios deformacijos pokytis, %	1	-73,30	-51,90	-86,30	-54,37	-71,28	-49,27	-82,51	-52,33
	5	-72,20	-56,30	-84,25	-57,14	-71,23	-53,72	-80,23	-52,64
Elastingumo laipsnio pokytis, %	1	-1,00	+2,40	+6,08	+2,96	-3,56	+2,57	+6,22	+2,18
	5	+2,80	+5,30	+7,40	+5,09	+6,59	+5,36	+7,43	+2,88

Remiantis apibendrintais rezultatais, galima teigti, kad mažiausiai sistemos ir pagrindo medžiagos sąsūmą apriboja juostelė RSS klijuojama įstriža kryptimi, po 1-ojo ciklo sumažindama tempimo deformaciją – 41,38 %, o po 5-ojo ciklo – 41,44 %, o daugiausiai sąsūmą apriboja juostelė BSM, po 1-ojo ciklo – 59,25 %, o po 5-ojo – 59,34 %. Orientuojant juosteles išilgai bandinio, mažiausiai bandinio tempimo deformaciją apriboja juostelė RSS (po 1-ojo ciklo – 64,46 %, po 5-ojo – 61,23 %), o daugiausiai plėvelė 5500 Dream (po 1-ojo ciklo – 79,56 %, po 5-ojo ciklo – 77,84 %).

Tiriamosios klijuotinės juostelės turi įtaką klijuotinės sistemos ir pagrindo medžiagos liekamosioms deformacijoms. Klijuojant plėvelę 5500 Dream tiek išilgine, tiek įstriža bandiniui kryptimi, ji daugiausiai sumažina medžiagos M12 liekamąją deformaciją 1-ojo ciklo metu: nuo 54,37 %, esant įstrižai juostelei, iki 86,3 %, esant išilgai juostelei. Mažiausiai liekamąją deformaciją 1-ojo ciklo metu sumažina juostelė RSS: nuo 71,28 %, esant įstrižai juostelės kryptimi, iki 49,27 %.

Panaudojant klijuotines juosteles įstriža kryptimi, galima pastebėti, kad sistemų elastingumo laipsnis pagerėja nuo 2,18 % iki 5,36 %, panaudojant visas plėveles ir juosteles. Elastingumo laipsnis daugiausiai padidėja klijuojant plėvelę 5500 Dream įstriža kryptimi po 1-ojo ciklo metu – 2,96 %, o po 5-ojo ciklo RSS juostelę – 5,36 %. Tuo tarpu, klijuojant juosteles išilgine kryptimi elastingumo laipsnis padidėja nuo 6,22 % iki 7,43 %, naudojant plėvelę ir juostelę – 5500 Dream ir BSM atitinkamai. Tačiau iš rezultatų taip pat galima pastebėti, kad ne visos klijuotinės juostelės ir plėvelės turi teigiamą įtaką elastingumo laipsniui. 1-ojo ciklo metu, esant išilgai klijuotai juostelei C790 ir RSS, elastingumo laipsnis sumažėja – 1,00 % ir 3,56 % atitinkamai. Tačiau, taip pat galima pastebėti, kad juostelės turi neigiamą įtaką tik po 1-ojo ciklo, o po 5-ojo ciklo elastingumo laipsnis sistemose padidėja nuo 2,80 % iki 6,59 %.

Vertinat klijuotinių plėvelių ir juostelių įtaką medžiagos M12 sistemoms ir pagrindo medžiagai, klijuojant juosteles išilgai, galima pastebėti, kad išilgai klijuotos juostelės daug labiau nei klijuotos įstrižai apriboja pagrindo medžiagos sąsūmą. Apribodamos medžiagos sąsūmą juostelės sumažina tempimo deformaciją, taip pat liekamąją deformaciją. Galima pastebėti, kad klijuotinės juostelės ir plėvelės gali daryti ir teigiamą ir neigiamą įtaką sistemos elastingumui, tačiau tokią įtaką turi tik 1-ojo tempimo ciklo metu. Tačiau vertinti, kuri klijuotinė sistema sukels geriausią kompresiją sudėtinga, dėl kurios priežasties toliau analizuojamos sistemų sukeliama kompresija.

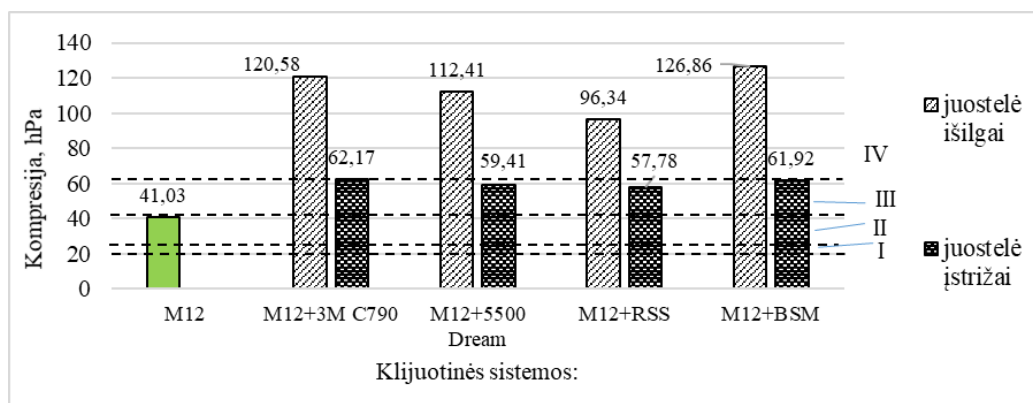
3.1.4. Klijuotinių elementų įtaka sistemos kompresijos vertėms

Vadovaujantis projekte apibrėžtais uždaviniais ir analogų analize kintančios kompresijos aprangos gaminiams sportui ir aktyviam laisvalaikiui, buvo tiriamos klijuotinės sistemos, klijuojant juosteles įstrižai ir išilgai ant M12 medžiagos skersinės krypties bandinio. Atlikus ciklinį tempimą, analizuojami kompresijos rezultatai. Klijuotinių sistemų apskaičiuotos kompresijos vertės analizuojamos esant 10 % deformacijai remiantis 1 formule (žr. 3.6 lentelė).

3.6 lentelė. M12 klijuotinių sistemų kompresijos dydis (hPa), esant 10 % deformacijai

Juostelės kryptis bandinyje	Klijuotinės sistemos			
	M12+3M C790	M12+5500 Dream	M12+RSS	M12+BSM
išilga	120,58	112,41	96,34	126,86
Įstriža (45°)	62,17	59,41	57,78	61,92

Galima pastebėti, kad klijuotinės plėvelės daro įtaką kompresijai, padidindamos kompresijos vertes: be išimties, tiriamųjų klijuotinių sistemų atžvilgiu kompresija yra didesnė nei pavienės medžiagos M12, be klijuotinių elementų (žr. 3.15 pav).



3.15 pav. M12 klijuotinių sistemų kompresijos dydis esant 10 % deformacijai (pagal Europos standartą)

Iš 3.15 paveikslo ir 3.4 lentelės galima pastebėti, kad klijuotinės plėvelės padidina kompresijos vertę, juostelę klijuojant abejomis kryptimis, tačiau priklausomai nuo juostelės krypties turi skirtingą įtaką. Iš grafiko galima matyti, kad klijuotinė juostelė, orientuojant ją ant bandinio išilgai, stipriai riboja bandinio tūsumą, taip pakeisdama ir visame bandinyje esančią kompresijos vertę. Išilgai klijuotos juostelės turi didesnę įtaką kompresijai nei įstrižai klijuotos juostelės. Prie medžiagos M12 priklijavus 3M C790 juostelę išilgai, esant 10 % deformacijai, klijuotinė sistema sukelia 120,58 hPa kompresiją, tuo tarpu esant sistemai su įstrižai orientuota juoste – 62,17 hPa. Iš tiriamųjų juostelių šios juostelės įtaka klijuojant įstrižai sukuria didžiausią klijuotinės sistemos kompresiją lyginant su likusiomis. Tuo tarpu juostelė BSM sukuria didžiausią kompresiją klijuojant išilgai – 126,86 hPa. Juostelės RSS įtaka mažiausia, klijuojant juostelę tiek išilgai, tiek įstrižai. Plėvelės 5500 Dream įtaka iš tiriamųjų reitinguojant yra trečia pagal kompresijos vertę, tiek klijuojant juostelę įstrižai (59,41 hPa), tiek išilgai (112,41 hPa).

Klasifikuojant klijuotines sistemas pagal Europos standarte nurodytas klasių ribas, galima pastebėti, kad orientuojant klijuotines juosteles išilgai bandinio, kompresijos vertės priskiriamos IV kompresinei klasei, nes smarkiai viršija 65,3 hPa. Klijuojant juosteles įstrižai bandinio sistemos priskiriamos dviem klasėms: III ir IV. IV klasei priskiriamos sistemos M12+C790 ir M12+BSM, nes viršija III klasės intervalo pabaigą, t.y. – 63,3 hPa. Tuo tarpu, klijuotinės sistemos M12+5500 Dream ir M12+RSS priskiriamos III klasei, nes yra III klasės ribų intervale nuo 45,3 iki 61,3 hPa.

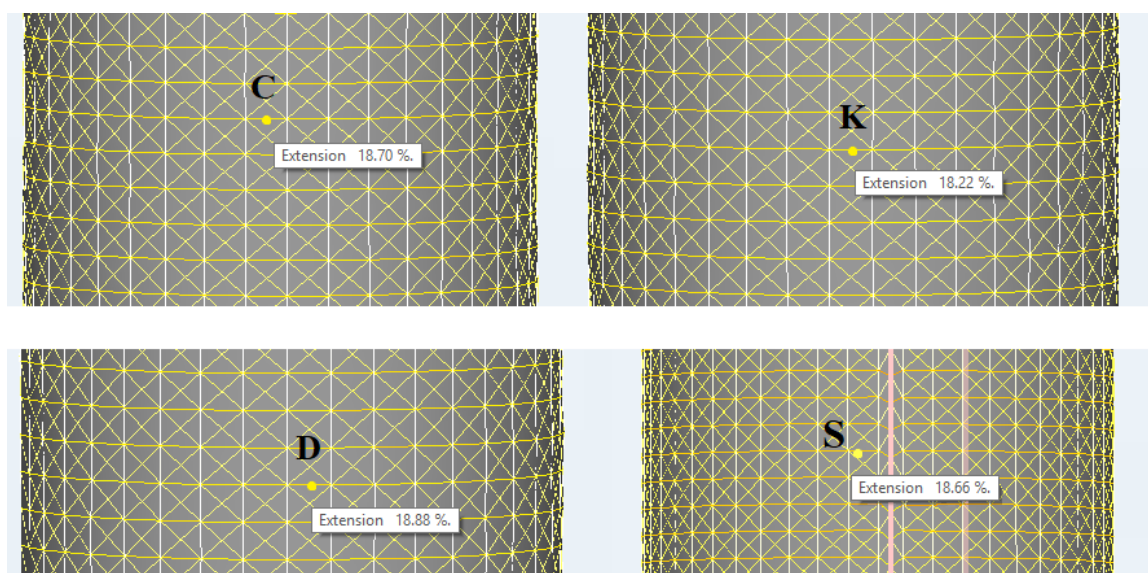
Vertinant klijuotinių sistemų tamprumo rodiklių tempiant ir kompresines vertes, galima pastebėti, kad medžiagos M12 kompresija su BSM išilga kryptimi yra net 201,45 % didesnė nei medžiagos be klijuotinės juostelės, tai reiškia, kad tam tikroje kūno dalyje esant šiai plėvelei, jos sukeliama kompresija (esant 10 % deformacijai), bus daugiau nei dvigubai didesnė nei vienos medžiagos M12. Iš to seka, kad tokia kompresija, negali būti naudojama kartu su medžiaga M12, nebent išskirtiniais specifiniais atvejais, tačiau toks didelis slėgių skirtumas, tarp pagrindo medžiagos ir klijuotinės sistemos, gali sutrikdyti kraujotaką. Dėl šios priežasties juostelės sistemose klijuotos išilgai bandinio, laikomos, kaip netinkamos sporto ir aktyvaus laisvalaikio kintančios kompresijos gaminiams. Tuo tarpu, įstrižai klijuotos plėvelės sukuria mažiau nei puse karto didesnę slėgį į žmogaus kūną nei pagrindo medžiaga.

Pagal analizės rezultatus tolimesniems tyrimams parenkama sistema su įstrižai klijuojama juostele 5500 Dream, nes ši sistema užtikrina gerą kompresiją, pasižymi mažiausiomis liekamosiomis deformacijomis, taip pat padidina pagrindo medžiagos elastingumą.

3.1.5. Pavienės medžiagos ir klijuotinės sistemos virtuali erdvinė vizualizacija ant cilindro

Atrinkus geriausiomis tamprumo savybėmis pasižyminčią medžiagą M12 ir plėvelę 5500 Dream sukuriama virtualus lekalas ir susiuvamas virtualioje erdvėje į movą. Lekalas remiantis tempimo grafiku ir kita informacija nurodyta metodikoje sumažinamas tiek, kad sukeltų 26,66 hPa (20 mmHg) kompresiją į cilindrą. Lekalo mažinimo vertė X_m nustatyta iš tempimo kreivės grafiko – 18,8 %.

Virtualios movos iš medžiagos M12 deformacijos tikrinamos 4-uose taškuose ir esant trims skirtingoms siūlės mechaninėms savybėms, kadangi bandinys yra siūtinis. Atlikta erdvinė vizualizacija neįvertinant siūlės, reiškia, kad programiškai siūlės mechaninės savybės nėra vaizduojamos modelyje. Atsižvelgiant į deformacijas gautas taškuose C, K, D ir S, virtualioje aplinkoje, nesimuliuojant siūlės mechaninių savybių, buvo apskaičiuotas slėgis tiriamuosiuose taškuose, sukeliama kompresinės movos. Iš 3.16 paveikslo žemiau galima matyti gautas deformacijų vertes išreikštas procentais taškuose C, K, D ir S.



3.16 pav. Tempimo deformacijos skersine bandinio kryptimi, nustatytos lokaliuose taškuose C, K, D ir S, neįvertinant siūlės mechaninių savybių

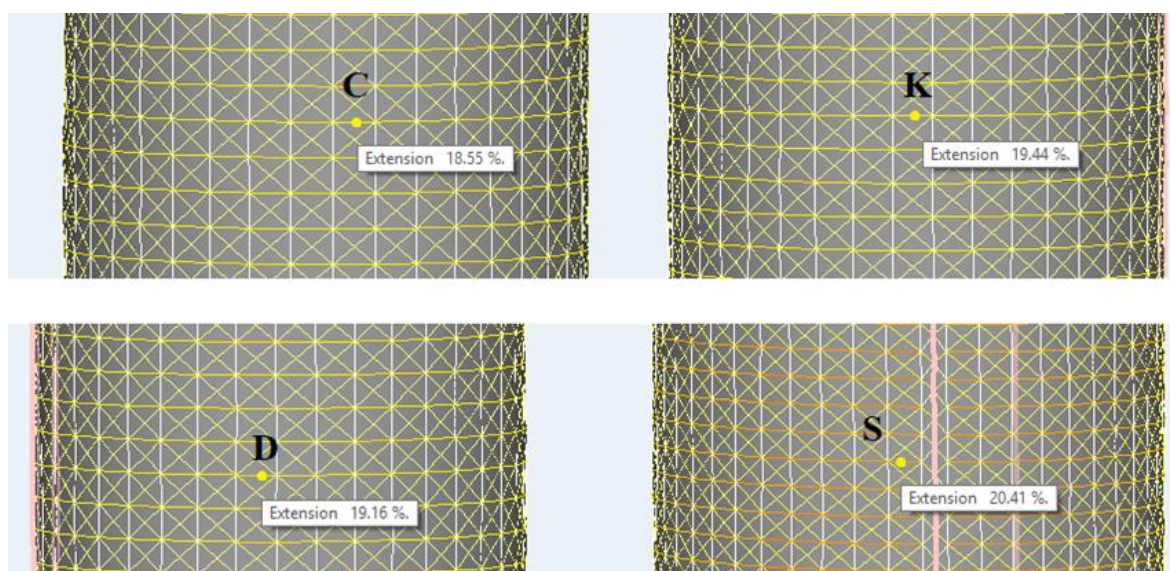
Taškuose C, K, D ir S nustatytos deformacijų vertės panaudojamos slėgio skaičiavimui taškuose, kompresinės movos sukeliama slėgio vertės hPa ir mmHg pateikiamos 3.7 lentelėje.

3.7 lentelė. Apskaičiuotos slėgio vertės medžiagos M12 taškuose C, K, D ir S, neįvertinant siūlės mechaninių savybių

TAŠKAS	ϵ_{ex} , %	F, N/5 cm	F, N/m	p, Pa	p, mmHg	p, hPa
C	18,70	4,83	96,6	2646,84	19,85	26,46
K	18,22	4,73	94,6	2592,04	19,44	25,92
D	18,88	4,94	98,8	2707,12	20,31	27,08
S	18,66	4,81	96,2	2635,88	19,77	26,36

Remiantis 3.7 lentelės rezultatais, pastebima, kad tirtuose lokaliuose taškuose modelinėje erdvėje, nesuteikiant siūlei mechaninių savybių, slėgio vertės sukeltos kompresinės movos yra labai artimos norimai slėgio vertei. Kompresijos sukeltas slėgis taškuose C, K ir S nepasiekė planuotos 26,66 hPa (20 mmHg) vertės, tačiau yra labai artimos jai. Šoniniame taške – C, vertė 27,07 hPa (20,31 mmHg), viršijo planuotą slėgio vertę, tačiau taip pat išlieka artima planuotai. Rezultatai parodė, kad neįvertinant siūlės mechaninių savybių programoje, slėgis sukeltas kompresinės movos taške S į cilindrinį kūną, neišsiskiria iš kitų slėgio verčių ir vizualizuojamos įprastai, kaip bet kuris kitas taškas esantis bandinyje.

Siūtinio bandinio siūlė gali turėti įtakos kompresijai, todėl nustatomos slėgio vertės ir jų pasiskirstymas vizualizuojamo tinklelio taškuose C, K, D ir S, suteikiant siūlei elastingas savybes. Siūlės elastingumas programoje neapibrėžiamas tiksliomis mechaninėmis savybėmis, tačiau jos tamprumas prilyginamas medžiagos M12 tamprumui. Virtualiame modeliavime gaunamos deformacijų vertės tiriamuose taškuose pateikiamos 3.17 paveiksle.



3.17 pav. Tempimo deformacijos skersine bandinio kryptimi, nustatytos lokaliuose taškuose C, K, D ir S, esant siuvimo siūlei elastingai

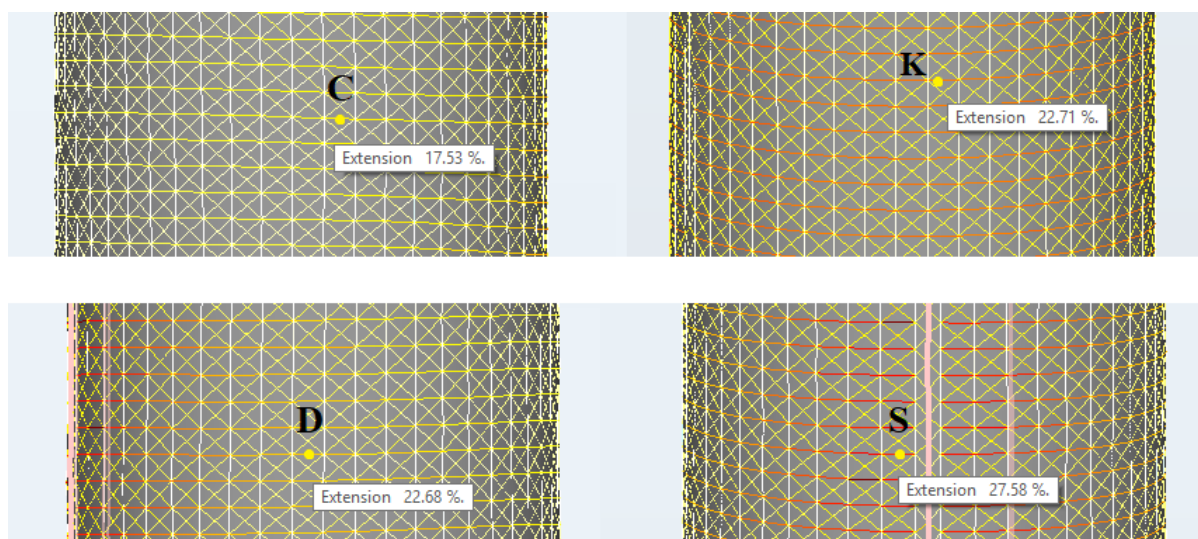
Taškuose C, K, D ir S apskaičiuotos slėgio vertės sukeltos kompresinės movos, pagal virtualioje vizualizacijoje gautas deformacijų procentines vertes, esant siūlei elastingai, pateikiamos 3.8 lentelėje.

3.8 lentelė. Apskaičiuotos slėgio vertės medžiagos M12 taškuose C, K, D ir S, esant elastingai siūlei

TAŠKAS	ϵ , %	F, N/5 cm	F, N/M	p, Pa	p, mmHg	p, hPa
C	18,55	4,78	95,6	2619,44	19,65	23,20
K	19,44	4,98	99,6	2729,04	20,47	27,29
D	19,16	4,95	99	2712,6	20,35	27,13
S	20,41	5,35	107	2931,8	21,99	29,32

Remiantis 3.8 lentelės rezultatais, galima pastebėti nežymiai pakitusius rezultatus nei apskaičiuotos slėgio vertės taškuose, kai siūlės mechnainės savybės modelinėje aplinkoje neįvertinamos (žr. 3.7 lentelė). Didžiausias slėgis sukeltas kompresinės movos, esant elastingai siūlei, susidaro šalia siūlės – 29,32 hPa (21,99 mmHg). Tolstant nuo siūlės vertės šiek tiek didesnės nei planuotos, tačiau išlieka labai artimos planuotai. Mažiausias slėgis susidaro centriniame matavimo taške – C 23,20 hPa (19,65 mmHg), tokiam slėgio pasiskirstymui įtakos turi siūlės mechaninių savybių atvaizdavimas modelyje, pagal tokius rezultatus galima teigti, kad siūlė turi įtaką kompresijai ir jos sukeliama slėgiui visuose taškuose. Siūlė, nors ir yra elastinga, tačiau sulaiko medžiagą ir neleidžia kompresijai pasiskirstyti tolygiai. Siūlė mažiausią įtaką daro labiausiai nuo jos nutolusiam taškui C, daugiau šoniniams taškams K ir D. Šoniniams taškams, esantiems arčiau siūlės poveikis didesnis, todėl vertės šiek tiek padidėja (taške K – 27,29 hPa (20,47 mmHg), taške D – 27,13 hPa (20,35 mmHg), tačiau vis tiek lieka artimos planuotai – 26,66 hPa (20 mmHg). Siūlė, sulaikydama horizontalia kryptimi – mezgimo eilutes medžiagoje M12, sukuria pereinamą kompresiją nuo didžiausios iki mažiausios, o siūlės poveikis yra simetriškas.

Erdvinėje movos vizualizacijoje siūlės mechaninės savybės buvo vertinamos, kai siūlė elastinga ir, kai siūlė standi. Suteikus standžios siūlės mechanines savybes, modeliuojamas bandinys ir gaunamos dar labiau pakitusios deformacijų vertės, taškuose C, K, D ir S (žr. 3.18 pav.).



3.18 pav. Tempimo deformacijos skersine bandinio kryptimi, nustatytos lokaliuose taškuose C, K, D ir S, esant standžiai siuvimo siūlei

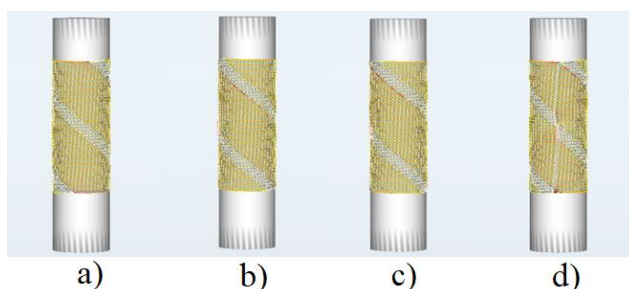
Pagal virtualaus tinklelio deformacijų vertes, skaičiuojamas slėgis sukeltas kompresinės movos, esant standžiai siūlei. Rezultatai pateikti 3.9 lentelėje.

3.9 lentelė. Apskaičiuotos slėgio vertės medžiagos M12 taškuose C, K, D ir S, esant standžiai siūlei

TAŠKAS	ϵ , %	F, N/5 cm	F, N/M	p, Pa	p, mmHg	p, hPa
C	17,53	4,63	92,6	2537,24	19,03	25,37
K	22,71	5,68	113,6	3112,64	23,35	31,13
D	22,68	5,64	112,8	3090,72	23,18	30,90
S	27,58	6,54	130,8	3583,92	26,88	35,84

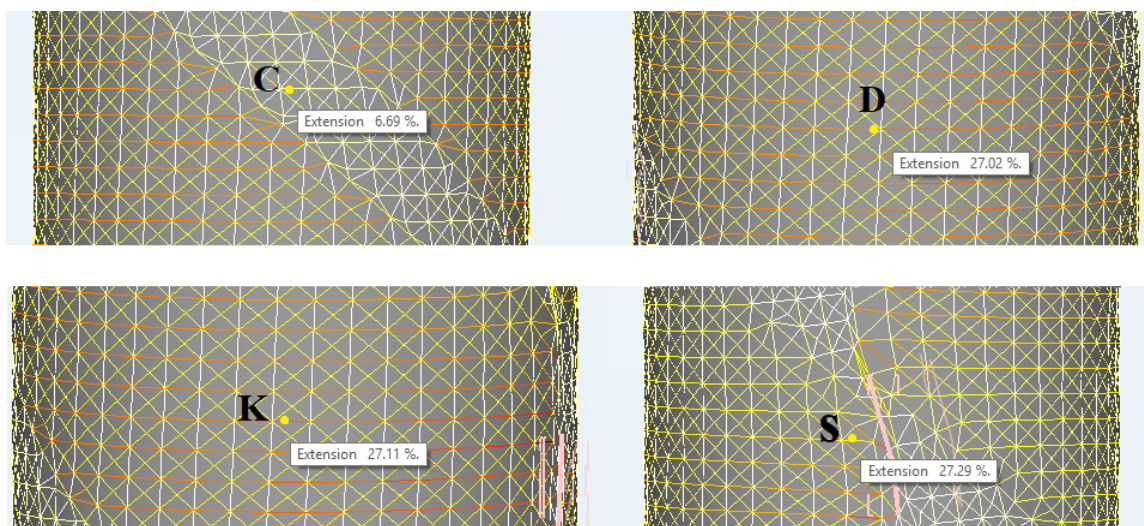
Pagal 3.8 lentelėje apskaičiuotas slėgio vertes, galima pastebėti, kad kuo siūlė standesnė, tuo didesnis slėgis susidaro šalia siūlės ir atvirkščiai. Esant standžiai siūlei sulaikoma medžiaga siūlės vietoje, o slėgis centriniame taške sumažėja. Šalia siūlės slėgis padidėja iki 35,84 hPa (26,88 mmHg), tačiau centriniame taške sumažėja iki 25,37 hPa (19,03 mmHg). Šoninėse zonose, taškuose K ir D, slėgis padidėja, taip pat dėl standžios siūlės, atitinkamai 31,13 hPa (23,35 mmHg) ir 30,90 hPa (23,18 mmHg). Vertės padidėja ir daugiau nutolsta nuo planuotos – 26,66 hPa (20 mmHg) slėgio vertės. Nors siūlė turi įtaką, tačiau kompresija lekalo plotyje išlieka simetriška.

Atliekami bandymai su klijuotinėmis juostelėmis išsidėsčiusiomis įstrižai bandinio 6 cm atstumu viena nuo kitos. Paruošiamas virtualus lekalas su klijuotinėmis juostelėmis ir atliekama klijuotinės sistemos virtuali erdvinė vizualizacija, ji pateikta 3.19 paveiksle. Kompresija išmatuojama lokaliuose deformacijos taškuose taip pat, kaip ir pavienėje medžiagoje M12.



3.19 pav. Klijuotinės sistemos M12+5500 Dream bandinys modelinėje erdvėje: a – vaizdas iš priekio, b – vaizdas iš kairės, c – vaizdas iš dešinės, d – vaizdas iš virtualaus lekalo sujungimo pusės

Skaičiuojamas klijuotinės sistemos M12+5500 Dream kompresinės movos sukiamas slėgis cilindrinio kūno taškuose C, D, K ir S, neįvertinant siūlės mechaninių savybių. Klijuotinės sistemos movos deformacijos į cilindrinį kūną taškuose atvaizduotos 3.20 paveiksle.



3.20 pav. Tempimo deformacijos klijuotinės sistemos M12+5500 bandinyje, nustatytos lokaliuose taškuose C, K, D ir S siūlės mechaninių savybių

Iš 3.20 paveikslo galima pastebėti, kad mažiausios deformacijos susidaro centriniame taške – C, kuriame yra įstrižai klijuojama plėvelė, čia deformacijos dydis – 6,69 %. Šoniniuose taškuose deformacijos pasiskirsčiusios tolygiai. Klijuotinės sistemos mova slėgdama cilindrinį kūną, slėgia jį

simetriškai (deformacijos taške K – 27,11 %, taške D – 27,02 %). Kadangi, mechaninės siūlės savybės virtualioje erdvėje siūlei nebuvo suteiktos, galima pastebėti, kad slėgio vertė šalia siūlės labai panaši, kaip ir šoniniuose taškuose – K ir D. Taške šalia siūlės, mova sukeldama kompresiją deformuojasi – 27,29 %. Pasitelkiant kompresinės movos sukulto slėgio taške skaičiavimo formulę, apskaičiuojamas lokaliuose taškuose sukeltas slėgis. Rezultatai taškuose C, K, D ir S pateikiami 3.10 lentelėje.

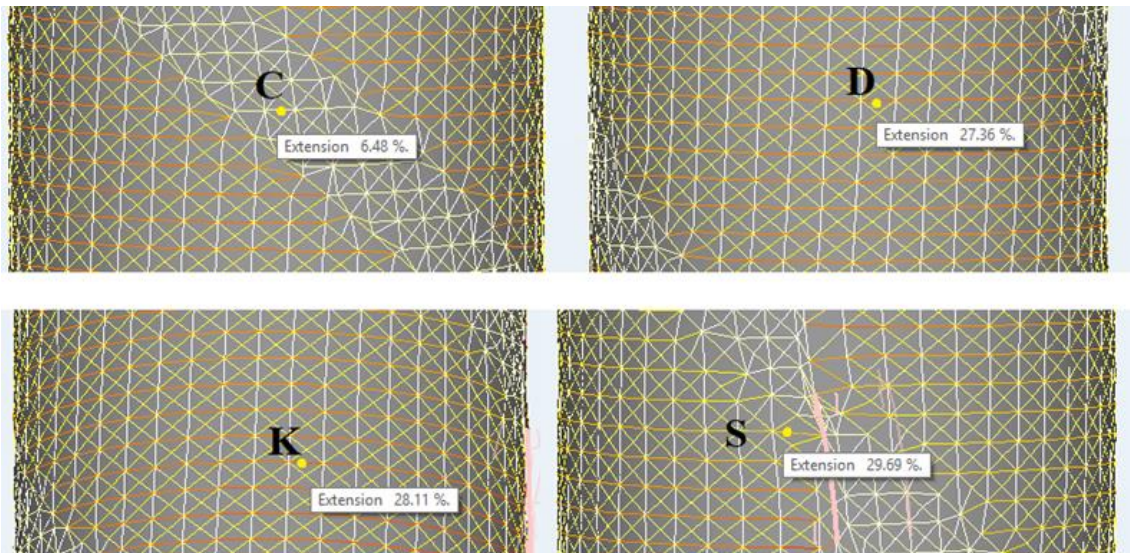
3.10 lentelė. Apskaičiuotos slėgio vertės klijuotinės sistemos taškuose C, K, D ir S, neįvertinant siūlės mechaninių savybių

TAŠKAS	ϵ , %	F, N/5cm	F, N/m	p, Pa	p, mmHg	p, hPa
C	6,69	12,1	242	6630,80	49,74	66,31
K	27,11	6,8	136	3726,40	27,95	37,26
D	27,02	6,78	135,6	3715,44	27,87	37,16
S	27,29	6,82	136,4	3737,36	28,03	37,37

Klijuotinės sistemos lekalas buvo mažinamas tiek pat procentų, kiek ir lekalas be klijuotinių elementų ($\epsilon=18,8\%$), siekiant sukelti 26,66 hPa (20 mmHg) kompresiją. Dėl klijuotinių elementų įtakos ir mechaninių rodiklių aptartų savybių, movos sukeliamas slėgis tiriamuosiuose taškuose į cilindrinį kūną turi padidėti, tiek taškuose be klijuotinės juostelės, tiek juostelės taške. Padidėjusius slėgio vertės rezultatus tiriamuosiuose taškuose, galima matyti 3.9 lentelėje. Iš lentelėje pateiktų duomenų pastebima, kad neįvertinus siūlės mechaninių savybių, kaip ir deformacijos, taip ir slėgis veikiantis į cilindrinį paviršių yra simetriški. Centriniam taške pastebimas didžiausias slėgis, kurį sukelia įstrižai klijuojama plėvelė, taške C slėgis – 66,31 hPa (49,74 mmHg). Šoniniuose taškuose K ir D, slėgio vertės panašios, atitinkamai 37,26 kPa (27,95 mmHg) ir 37,16 hPa (27,87 mmHg). Dėl nevertinamų siūlės mechaninių savybių, slėgis taške S yra panašus į šoniniuose taškuose susidariusį slėgį – 37,37 hPa (28,03 mmHg).

Siekiant nustatyti, klijuotinėje sistemoje esančio slėgio verčių pasiskirstymo priklausomybę nuo siūlės, taip pat vertinami slėgio verčių pokyčiai taškuose C, K, D ir S, esant elastingai siūlei. Modelinėje erdvėje galima pastebėti, deformacijų skirtumus tiriamuosiuose taškuose C, K, D ir S, jie pateikiami 3.21 paveiksle.

Iš 3.11 lentelės galima matyti, kad esant elastingai siūlei, cilindrinio kūno paviršius slegiamas skirtingai nei neįvertinus siūlės mechaninių savybių. Centriniam taške C sukeliamas slėgis yra didžiausias, tačiau savo verte išlieka beveik nepakitęs, šiek tiek sumažėjęs, lyginant su mova, kurioje siūlės mechaninės savybės nevertinamos, čia slėgio vertė – 65,21 hPa (48,91 mmHg). Šoniniuose taškuose slėgis padidėja, taške K – 37,70 hPa (28,28 mmHg), taške D – 37,42 hPa (28,07 mmHg). Visgi įvertinus siūlės savybes pastebimas slėgio vertės pakitimas taške šalia siūlės, čia slėgis padidėja, kadangi siūlės mechaninės savybės įvertinamos. Šalia siūlės susidaręs slėgis, labai panašus į šoniniuose taškuose K ir D susidariusį slėgį, taške S slėgio vertė – 37,37 hPa (28,77 mmHg).



3.21 pav. Tempimo deformacijos klijuotinės sistemos M12+5500 bandinyje, nustatytos lokaliuose taškuose C, K, D ir S, esant elastingai siūlei

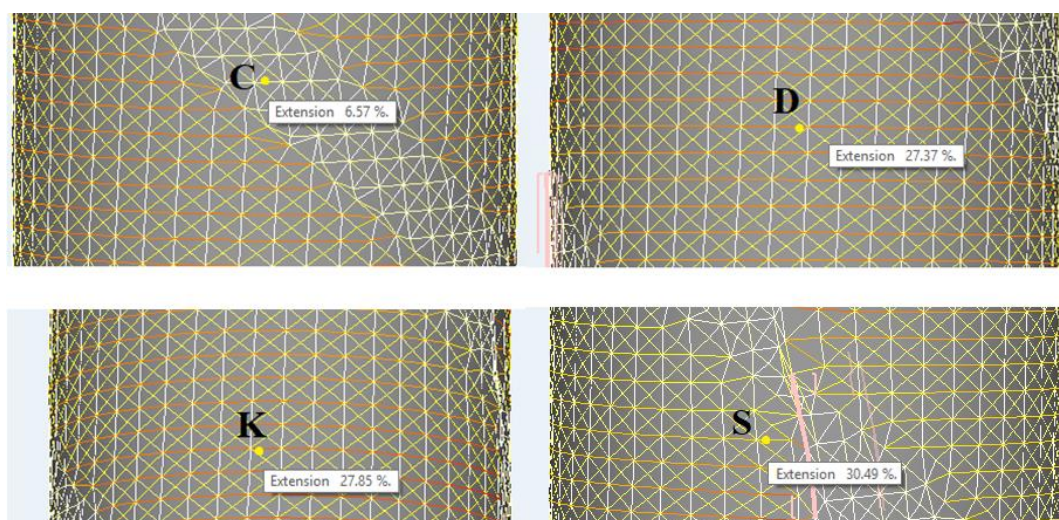
3.11 lentelė. Apskaičiuotos kompresijos vertės klijuotinės sistemos taškuose C, K, D ir S, esant elastingai siūlei

TAŠKAS	ϵ , %	F, N/5cm	F, N/m	p, Pa	p, mmHg	p, hPa
C	6,48	11,9	238	6521,20	48,91	65,21
K	28,11	6,88	137,6	3770,24	28,28	37,70
D	27,36	6,83	136,6	3742,84	28,07	37,42
S	29,69	7	140	3836,00	28,77	38,36

Siekiant patikrinti standžios siūlės įtaką slėgio vertėms, programiškai sugeneruojama standi siuvimo siūlė ir stebimos deformacijos modelinėje erdvėje tuose pačiuose taškuose C, K, D ir S. Klijuotinės sistemos movos slegiamo cilindro paviršiaus deformacijų vertės lokaliuose taškuose pateikiamos 3.22 paveiksle.

Remiantis 3.22 paveikslu, galima teigti, kad siūlės įtaka svarbi deformacijoms, kurios sukeltos movoje slegiant cilindrinio kūno paviršių. Nors deformacijos centriniame taške ir šoniniuose taškuose išlieka panašaus dydžio (taške C – 6,57 %, taške K – 27,85 % ir taške D – 27,37 %), tačiau vertinant deformacijas šalia siūlės galima pastebėti, kad deformacijos didėja, tai reiškia, kad esant standžiai siūlei mova siūlėje deformuojasi mažiau, tačiau zonos esančios šalia siūlės deformuojasi daugiau (taške S – 30,49 %). Apskaičiuotos slėgio vertės deformaciniuose taškuose pateikiamos 3.12 lentelėje.

Pagal 3.12 lentelėje pateiktus rezultatus, galima pastebėti, kad slėgio vertės išlieka panašios centriniame taške C – 65,75 hPa (49,32 mmHg). Tuo tarpu slėgio vertės šoniniuose taškuose K ir D padidėja (taške K – 37,60 hPa (28,20 mmHg), taške D – 37,42 hPa (28,07 mmHg)), lyginant su movos modeliu, kuriame nevertinamos siūlės savybės. Kompresija šalia siūlės padidėja daugiau dėl standžios siūlės įtakos, slėgio vertė taške S – 39,94 hPa (29,96 mmHg).



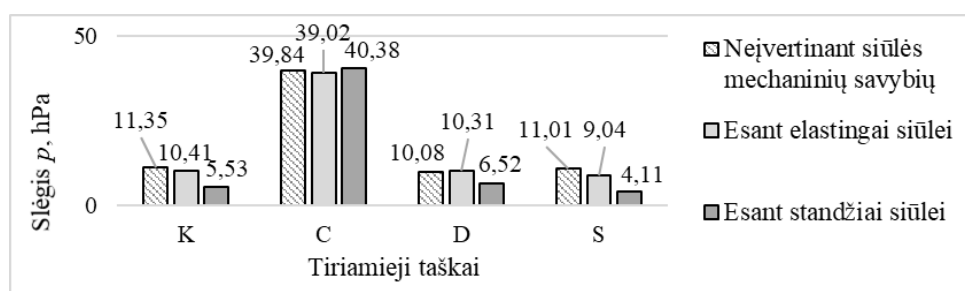
3.22 pav. Deformacijos nustatytos klijuotinės sistemos M12+5500 Dream movoje, taškuose C, K, D ir S, esant standžiai siūlei

3.12 lentelė. Apskaičiuotos slėgio vertės klijuotinės sistemos taškuose C, K, D ir S, esant standžiai siūlei

TAŠKAS	ϵ , %	F, N/5cm	F, N/m	p, Pa	p, mmHg	p, hPa
C	6,57	12,00	240	6576,00	49,32	65,75
K	27,85	6,86	137,2	3759,28	28,20	37,60
D	27,35	6,83	136,6	3742,84	28,07	37,42
S	30,49	7,29	145,8	3994,92	29,96	39,94

Vertinant tris skirtingus movos modelius su skirtingai modeliuojamomis siūlės savybėmis galima pastebėti, kad nepaisant siūlės poveikio slėgis įstrižos juostelės vietoje susidaro didžiausias, padidindamas ir pagrindo medžiagos M12 slėgį šalia jos.

Analizuojant slėgio pokyčius modelinėje erdvėje lyginami movos iš medžiagos M12 be klijuotinių elementų ir movos susidarančios iš medžiagos M12 su įstrižai klijuotomis 5500 Dream juostelėmis slėgio skirtumai bei klijuotinių elementų įtaka slėgiui. Slėgio verčių palyginamieji rezultatai pateikiami 3.23 paveiksle. Lyginami trys kompresinės movos į cilindrinį kūną sukulto slėgio variantai modelinėje aplinkoje: neįvertinant siūlės mechaninių savybių, esant elastingai siūlei ir esant standžiai siūlei.



3.23 pav. Slėgio kitimas lokaliuose klijuotinės sistemos M12+5500 Dream taškuose, priklausomai nuo siūlės tipo

Remiantis 3.23 paveikslu galima teigti, kad slėgis naudojant klijuotinę plėvelę įstriža kryptimi padidėjo visuose tiriamuosiuose taškuose ir taip pat esant skirtingoms siūlės savybėms, lyginant su pavienne M12 medžiaga. Slėgio matavimo taške K ir S, esant neįvertintoms siūlės mechaninėms savybėms, slėgis padidėja daugiausiai nuo 11,01 iki 11,35 hPa, mažiausiai esant standžiai siūlei – nuo 4,11 iki 5,53 hPa. Tuo tarpu, taške D didžiausias padidėjimas pastebimas esant elastingai siūlei – 10,31 hPa. Klijuotinės sistemos M12+5500 Dream bandinio taške C slėgis yra stipriai didesnis nei bandinio be klijuotinių elementų, tiriamajame taške slėgis padidėja net nuo 39,02 hPa iki 40,38 hPa. Tai lemia klijuotinė juostelė, ties kuria nustatomas slėgis (taškas C). Klijuotinės juostelės dalyje slėgis panašus, keičiant sujungimo tipą, todėl galima teigti, jog siūlės mechaninės savybės neturi ryškios įtakos slėgio vertei ties juoste. Pagal virtualaus modeliavimo tyrimų rezultatus klijuotinės sistemos turi įtaką slėgio vertėms, su tiriamąja juoste 5500 Dream slėgio vertės padidėja ne tik juostelės vietoje (taške C), tačiau ir pagrindo medžiagos M12 zonose. Nors slėgio vertei klijuotinės juostelės turi poveikį visame bandinio plote, tačiau klijuotinės juostelės vietoje sukiamas slėgis pats didžiausias, tai reiškia, kad siekiant suprojektuoti sporto ar aktyvaus laisvalaikio sporto gaminių naudojant juostelę 5500 Dream, galima sukurti kintančios kompresijos aprangos gaminį, pozicionuojant juostelę norimoje srityje.

Siekiant įgyvendinti baigiamojo darbo uždavinį, tikrinamos virtualios, iš pagrindo medžiagos M12 be klijuotinių elementų kompresinės movos ir klijuotinės sistemos kompresinės movos sukiamo slėgio vertės tiriamuosiuose taškuose eksperimentiniu metodu. Paruošus realias pavienės medžiagos M12 ir klijuotinės sistemos M12+5500 Dream kompresines movas, nustatomas slėgis tiriamuosiuose taškuose C, K ir D. Realių bandinių sukiamas slėgis išmatuojamas slėgio jutikliu, gaunamos slėgio vertės taškuose C, K ir D pateikiamos 3.13 lentelėje.

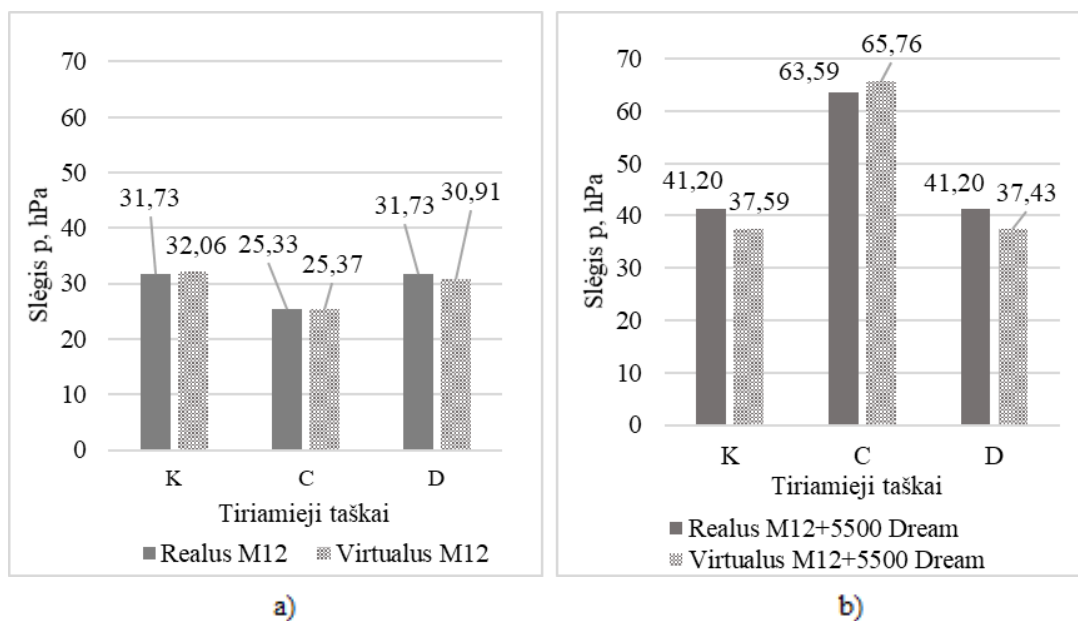
3.13 lentelė. M12 ir M12+5500 Dream realių movų sukiamas slėgis taškuose C, K ir D, hPa (mmHg)

Movos	Tiriamieji taškai		
	K	C	D
M12	31,73 (23,80)	25,33 (19,00)	31,73 (23,80)
M12+5500 Dream	41,20 (30,90)	63,59 (47,70)	41,20 (30,90)

Iš 3.13 lentelės galima pastebėti, kad didžiausias slėgis išmatuotas jutikliais, kaip ir virtualiai išmatuojant, sukiamas centiriniame movos taške C (63,59 hPa (47,7 mmHg)), esant klijuotinės sistemos movai ir taškuose K ir D (abejuose taškuose slėgis – 31,73 hPa (23,8 mmHg)), esant movai be klijuotinių elementų. Siekiant patikrinti slėgio virtualioje aplinkoje rezultatus, slėgių vertės palyginamos su realiai išmatuotomis slėgių vertėmis. Slėgio vertės lyginamos esant standžiai siūlei, kadangi realaus bandymo metu, bandinys susiūtas šaudykliniu (301) dygsniu, kuris nėra elstingas. Palyginamieji rezultatai pateikiami 3.24 paveiksle.

Slėgio vertės labai panašios, tiek virtualioje aplinkoje, apskaičiuojant slėgį iš deformacijų lokaliuose taškuose, tiek realioje movoje nustatant jutikliais (žr. 3.24 pav.). Ši tendencija pastebima ne tik movoje iš medžiagos M12, bet ir klijuotinėje sistemoje M12+5500 Dream. 3.24 paveiksle (a) pastebima, kad slėgis apskaičiuotas remiantis virtualioje aplinkoje nustatytais deformacijomis yra šiek tiek mažesnis taške D, nei nustatytas realiai, o taškuose C ir K, šiek tiek didesnis. Tuo tarpu, klijuotinės sistemos taške K ir D, slėgis nustatytas virtualiai yra šiek tiek mažesnis, nei realiai, o taške C, šiek tiek didesnis (žr. 3.24 pav. b). Tačiau vertinant klijuotinės plėvelės įtaką pastebime, kad tiek

realiai, tiek virtualiai išmatuotos slėgio vertės didžiausios klijuotinės juostelės vietoje ir virtualioje aplinkoje jis didesnis 3,39 % nei realioje.



3.24 pav. Slėgio rezultatų palyginimas virtualioje ir realioje movoje: a – M12 be klijuotinių elementų; b – klijuotinė sistema M12+5500 Dream

Lyginant gautus rezultatus, pastebima tendencija, kad virtualiai ir realiai nustatytos slėgio vertės artimos viena kitai, tad galime teigti, kad slėgį movoje M12 ir klijuotinės sistemos movoje M12+5500 Dream, nustatyti galima remiantis virtualiomis technologijomis, įvertinant tai, kad galimas nesutapimas pavienėje medžiagoje nuo 1,04 % iki 2,58%, o klijuotinėje sistemoje nuo 3,41 % iki 9,15 %.

4. Klijavimo technologijos kintančios kompresijos sportinėje ir aktyvaus laisvalaikio aprangoje dizaino sprendimai

Remiantis eksperimentinių tyrimų rezultatais siūlomas klijuotinių sistemų funkcionalus dizainas sporto ir aktyvaus laisvalaikio aprangoje. Dizaino sprendimai siūlomi atsižvelgiant į patentinę ir analogų apžvalgą bei kitus šaltinius. Nustačius, kad klijuotinės juostelės ir kirptos plėvelės turi įtaką kompresijos pokyčiams klijuotinėje zonoje ir visame bandinio plote tarp klijuotinių elementų, siūlomos alternatyvos funkcionaliam dizainui. Turint galimybę sukurti kintamą kompresiją bet kuriame gaminio taške ją didinant, sukuriama blauzdinių ir tamprųjų dizainai.

Fizinės veiklos gerinimui ir kūno stiprinimui po treniruočių, siūlomos kompresinės vertės, remiantis moksliniais tyrimais. Moksliniai tyrimai buvo atlikti su skirtingais gaminiais, tačiau darbe kuriamas blauzdinės ir tamprės dizainas, todėl išskiriamos tik šio tipo gaminiuose išgaunamos kompresijos vertės (žr. 4.1 lentelė) [53].

4.1 lentelė. Sporto ir aktyvaus laisvalaikio gaminių kintančios kompresijos vertės

Kompresinis gaminys	Dėvėjimo kategorija	Kompresija, mmHg
Kompresinės kojinės iki kelio	Bėgimas	18-22
Viena kompresinė kojinė	Bėgikams	25-35
Kompresinės tamprės	Krepšinio žaidimas	15
Kompresinės tamprės	Aktyvus sportas	12-20
Kompresinės tamprės	Fiziniam aktyvumui	15-17
Kompresiniai šortai vienai kojai	Sveikam žmogui	35

Atlikus kompresinių gaminių poveikio nustatymo tyrimą, buvo nustatyta, kad kompresiniai gaminiai sumažina patinimą ir raumenų skausmą, taip pat po treniruotės pagreitina atsigavimo laikotarpį [53].

Žinoma, kad sportiniai kompresiniai drabužiai, kuriais sukeliama vidutinė kompresija, naudojami atletų, sportininkų ar aktyviai leidžiančių laisvalaikį, siekiant pagerinti sporto veiklą, sumažinti traumų tikimybę ir paspartinti atsigavimo procesą po aktyvios veiklos. Taip pat žinoma, kad komfortiniais gaminiais laikomi gaminiai sukeliantys kompresiją nuo 14,7 mmHg - 29,4 mmHg. Pagrindinės problemos su kuriomis susiduria sportuojantys ir aktyviai leidžiantys laiką: raumenų nuovargis po treniruotės, raumenų skausmas, tinimas ir jėgos bei stiprumo sumažėjimas [55]. Remiantis literatūra ir kompresijos vertėmis (žr. 4.1 lentelė), pateikiami tamprųjų ir blauzdinių dizaino sprendimai (žr. 4.2, 4.3 ir 4.4 lentelėse).

4.2 lentelė. Kintančios kompresijos blauzdinių ir tamprių dizainai *FLESH*

Eskizai	
Blauzdinė	Tamprės
Aprašymas	
<p>Paskirtis – kraujotakos gerinimui iš galūnės į viršų, blauzdos raumens prilaikymui.</p> <p>Spiraliniu principu išsidėsčiusios dvi klijuotinės juostelės ir tarp jų einanti elastinga siuvimo siūlė turėtų skatinti kraujo ir skysčių tekėjimą iš galūnės į viršų, taip mažinant kojų tinimą bei pozicionuojama raumens dalyje ją prilaikyti. Klijuotinių juostelių išdėliojimas ir tarpusavyje prasilenkianti siūlė bei jos poveikis grindžiamas kinesio juostų ir kompresinio gaminio kombinacija [56, 57].</p> <p>Žymėjimai: a – blauzdinės dizainas iš priekio, b – blauzdinės dizainas iš nugaros, c – tamprių dizainas iš priekio, d – tamprių dizainas iš nugaros; 1, 2 – klijuotinė juostelė; 3 – elastinga 4-ių adatų plokščiojo dygsnio siūlė; 4 – kirptinio krašto užbaigimas plokščiasiūle dviadate siuvimo mašina ir elsatinės gumos tvirtinimas vidinėje blauzdinės dalyje; 5 – šoninė siūlė. Planuojamas slėgis nuo 18-22 mmHg blauzdinėje ir 15-17 mmHg tamprėse, didžiausias slėgis kulkšnies srityje mažėja kylant iki kelio apimties blauzdinėje ir iki šlaunies tamprėse. Klijuotinės juostelės apjungia koją prilaikydamos blauzdos raumenis dėvint sporto ar aktyvaus laisvalaikio metu, gerina kraujotaką. Dizainas skirtas - bėgimui, važinėjimui dviračiu, aktyviam vaikščiojimui. Blauzdinė gaminama iš sintetinės megztinės medžiagos metmeninio pynimo su funkcionalia klijuojama poliuretanine plėvele, gerai praleidžia orą.</p>	

4.3 lentelė. Kintančios kompresijos blauzdinių ir tamprių klijuotinių elementų dizaino sprendimai *LOTUS*

Eskizai	
Blauzdinė	Tamprės

Aprašymas
<p>Paskirtis – blauzdos raumenų prilaikymui, kraujotakos gerinimui. Blauzdos raumenų dalyje kirpta klijavimo plėvelė sukuria išskirtinę formą ir prilaiko blauzdos raumenis aktyvios fizinės veiklos metu.</p> <p>Žymėjimai: a – blauzdinės dizainas iš priekio, b – blauzdinės dizainas iš nugaros, c – tamprių dizainas iš priekio, d – tamprių dizainas iš nugaros; 1 – klijuotinė plėvelė; 2 – klijuotinė atšvaitinė plėvelė; 3 – figūrinė siūlė gaubianti blauzdos raumenį (elastinga plokščia 4-ių adatų užkeistinė siūlė); 4 – plokščiasiuole dviadate siuvimo mašina užbaigtas kirptinis medžiagos kraštas, prie kurio prijungta elastinė guma; 5 – elastinga jungiamoji detalės siūlė (4-ių adatų plokščia užkeistinė siūlė). Gaminys sukelia slėgį nuo 18-22 mmHg blauzdinėje ir 12-20 mmHg tamprėse. Pagrindo medžiaga – megztinė, metmeninio pynimo. Klijuojamos plėvelės poliuretanišės sukeliančios papildomą slėgį, atšvaitinės – funkcionalios atspindinčios šviesą (stiklo, aliuminio mikro sferų paviršius [58]).</p>

4.4 lentelė. Kintančios kompresijos blauzdinių ir tamprių klijuotinių elementų dizaino sprendimai
BINDWEED

Eskizai	
Blauzdinė	Tamprės
Aprašymas	
<p>Paskirtis - priekinio blauzdos raumens patempimų polinkį turintiems, tai prevencija, kuri leidžia palaikyti priekinio raumens suspaudimą.</p> <p>Priekinio blauzdos raumens sutvirtinimas, tinka užsiimantiems gimnastika, bėgikams ir šokėjams. Galima dėvėti veiklos metu ar po jos [59]. Blauzdinė mažina tinimą, gerina kraujotaką [53].</p> <p>Žymėjimai: a – blauzdinės dizainas iš priekio, b – blauzdinės dizainas iš nugaros; 1 – išilginė klijuotinė detalė; 2 – skersinės klijuotinės detalės; 3 – elastinga plokščiojo dygsnio 4-ių adatų siūlė; 4 – palankos užbaigimas plokščiasiuole dviadate siuvimo mašina pritvirtinant elastinę gumą. Klijuotinės poliuretanišės plėvelės sukeliančios papildomą slėgį į kūną, planuojamas slėgis – 18-22 mmHg, tai reiškia kad plėvelės slėgis neviršys 22 mmHg. Pagrindo medžiaga metmeninio pynimo sintetinė megztinė.</p>	<p>Paskirtis – blauzdos raumenų patempimų polinkį turintiems, profilaktiškai sujuosia raumenis ir prilaiko fizinio krūvio metu. Skirtos kraujotakos gerinimui.</p> <p>Žymėjimai: c – tamprių dizainas iš priekio, d – tamprių dizainas iš nugaros; 1 – klijuotinis elementas; 2 – megztinės medžiagos tinklelis.</p> <p>Klijuotinės juostelės poliuretanišės, elastingos ir gebančios prisitaikyti prie kūno. Pagrindo medžiaga memeninio pynimo megztinė sintetinė medžiaga. Gaminio sukeliamas slėgis planuojamas – 15-17 mmHg.</p>

Lentelėse 4.2, 4.3 ir 4.4 nurodyti klijuotinių elementų dizainai siūlomi, tačiau konkretus slėgis negali būti nurodytas be išsamių tyrimų atliktų virtualiomis ar eksperimentinėmis technologijomis, kadangi skirtingi plėvelių pločiai bei formos sukels kitokią kompresiją. Kiekvienu atveju ji priklausys nuo juostelės pločio, išdėstymo gaminyje ir pagrindo bei naudojamos plėvelės mechaninių savybių. Todėl dizainai ateityje gali kisti remiantis tyrimų rezultatais. Siūlomų klijuotinių elementų vizualizacijos ir klijuotinių sistemų dizaino sprendimai pateikti 3 ir 4 priede.

Išvados

1. Nustatyta, kad tirtų megztinių medžiagų tempimo ir liekamoji deformacija, didėjant tempimo ciklų skaičiui, didėja nuo 44,37 % iki 175,4 % ir nuo 6,86 iki 38,61 % atitinkamai.
2. Kompresiniams gaminiams rekomenduojama rinktis megztines medžiagas, kurių tempimo deformacija ir deformacijos pokytis po ciklinio tempimo mažiausi (M12 – 44,37% (pokytis – 13,0 %), M11 – 57,46 % (pokytis 10,8 %), M7 64,46 % (pokytis 10,8 %)), bei mažiausios liekamosios deformacijos (M12 – 6,86 % (pokytis 48,98 %), M7 – 7,14 (pokytis 37,68 %), M11 – 7,61 % (pokytis 31,01%)).
3. Nustatyta, kad ne visos tirtos megztinės medžiagos gali būti naudojamos kintančios kompresijos sporto ir aktyvaus laisvalaikio aprangoje, nes esant įprastam lekalo mažinimui 20 % nepasieks, kompresijos standartuose nurodytos I-os kompresinės klasės ribos (<13,3 hPa).
4. Klijuotinės juostelės įstriža kryptimi turi įtaką pagrindo medžiagos ciklinio tempimo rodikliams: tempimo deformacija sumažėja nuo 41,38 % iki 59,25 %, o liekamoji deformacija sumažėja nuo 49,27 % iki 54,37%. Įstriža klijuotinė juostelė turi teigiamą įtaką elastingumo laipsniui *DE*: po 5-ių ciklų, *DE* padidėja nuo 2,88 % iki 5,36 %.
5. Klijuotinės juostelės išilgine kryptimi turi įtaką pagrindo medžiagos ciklinio tempimo rodikliams: tempimo deformacija sumažėja nuo 64,46 % iki 79,56 %, o liekamoji deformacija sumažėja nuo 71,28 % iki 86,3 %. Išilgai orientuota klijuotinė juostelė turi teigiamą įtaką elastingumo laipsniui *DE*: po 5-ių ciklų, *DE* padidėja nuo 2,80 % iki 7,43 %.
6. Nustatyta, kad klijuotinės juostelės sumažina medžiagos M12 tempimo deformaciją, todėl kompresija padidėja tiek įstriža, tiek išilgine klijuotinės juostelės kryptimi. Įstriža kryptimi klijuojama juostelė padidina sistemos kompresiją nuo 40,82 % iki 51,52 %, klijuojant išilgine kryptimi – nuo 134,8 % iki 209 %.
7. Klijuotines juosteles orientuojant išilgine kryptimi sukeliama kompresija nuo 96,34 hPa iki 126,86 hPa, todėl nėra tinkama sporto ir aktyvaus laisvalaikio aprangos gamybai, nes patenka į 4 kompresinę klasę, kuri nurodo medicininių ar specialiųjų gaminių sukeltą slėgį.
8. Virtualios technologijas gali būti naudojamos kompresinių gaminių sukeltam slėgiui į kūną prognozavimui, kadangi eksperimentinis pavienės megztinės ir klijuotinės sistemos movos sukeltas slėgis į cilindrinį kūną, išmatuotas jutikliais, atitinka slėgio vertes virtualioje movoje. Nesutapimas pavienėje medžiagoje yra nuo 1,04 % iki 2,58 %, o klijuotinėje sistemoje nuo 3,41% iki 9,15 %.
9. Eksperimentiniais ir skaitiniais metodais nustatytas klijuotinės sistemos slėgis patvirtino, kad gaminant kintančios kompresijos sporto ir aktyvaus laisvalaikio aprangą, sukelti kintantį slėgį norimoje gaminių zonoje ar taške, galima pasitelkiant elastingas klijuotines plėveles. Didžiausias slėgis į kūną registruojamas ties klijuotine juoste – padidėja 159,17 %, lyginant su paviene medžiaga, tačiau nustatyta, kad slėgis padidėja ir tarp klijuotinių juostelių (nuo 20,77 % iki 21,99%).
10. Kuriant sporto ir aktyvaus laisvalaikio kintančios kompresijos aprangos gaminius naudojant klijavimo technologijas, svarbu pasirinkti klijavimo plėvelę bei jos geometrinius parametrus ir išdėstymą gaminyje, kad kompresiniu gaminiu nesukelti slėgio į žmogaus kūną, viršijančio profilaktinės kompresinės klasės ribas (0-25mmHg).

Literatūros sąrašas

1. JANA, P. Assembling technologies for functional garments – An overview. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 2011, 36, pp. 380-387.
2. FARMIS ITALIA, Activewear and Sports wear, NOSO bonding technology [Interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2019-03-10]. Prieiga per: <https://www.framis.it/noso/activewear-sportswear/functional>.
3. IDEAL FASTENER CORPORATION (US). Adhesive zipper tape [interaktyvus]. Išradėjai: Michael E. BLACKFORD. Int. Cl: A41D 1/00, A44B 19/34, A41H 37/00. US patent, 9,398,789 B2. 2016-07-26. Google Patents [žiūrėta 2019-02-20]. Prieiga per: <https://patentimages.storage.googleapis.com/e8/e1/65/592fe5377bdd9e/US9398789.pdf>
4. BEAUDETTE, E., & PARK, H. Impact of seam types on thermal properties of athletic bodywear. *Textile Research Journal*, 2017, 87(9), 1052–1059. Prieiga per doi: <https://doi.org/10.1177/0040517516648506>.
5. JEVŠNIK, S., VASILADIS, S., BAHADIR, S. K., GRUJIĆ, D. and Z. STJEPANOVIĆ. The principles of joining the textiles using heat. Iš (In): Applying Heat for Joining Textile Materials, Joining Technologies [interaktyvus]. Mahadzir Ishak: IntechOpen, 2016. Prieiga per doi: 10.5772/64309.
6. DBAPPAREL OPERATIONS (FR). Textile lingerie article with improved hold [interaktyvus]. Išradėjai: Manon Turlan VAN DER HOEVEN. Int. Cl: A41C 3/06, A41B 11/12, A41B 17/00. US patents, 0157529 A1. 2016-06-09. Google Patents [žiūrėta 2019-02-20]. Prieiga per: <https://patents.google.com/patent/US20160157529A1/en>.
7. SWEDISH FALL. GMBH (DE). Slip resistant garment [interaktyvus]. Išradėjai: Lara STALLBAUM, Silja STALLBAUM, Marius KRUEGER, Philipp MUELLER, Stefan TIM and August ALBERS. Int. Cl: A41D 1/089, A41D 1/08, A41D 31/00. US patent, 0325189 A1. 2018-11-15. European Patent Office [žiūrėta 2018-12-29]. Prieiga per: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?CC=US&NR=2018325189A1&KC=A1&FT=D&ND=3&date=20181115&DB=&locale=en_EP.
8. DICKSON & DICKSON HEALTHCARE LIMITED (AU). Anti-slip stocking sole [interaktyvus]. Išradėjai: Dianne DICKSON. Int. Cl: A41B 11/00, A61F 13/08, A61H 1/00. US patent, 9,301,552 B2. 2016-04-05. Google Patents [žiūrėta 2019-02-20]. Prieiga per: <https://patents.google.com/patent/US9301552B2/en>.
9. BEREIŠKIENĖ, T., JAKUBČIONIENĖ, V. Ir V. MASTEIKAITĖ. Aprangos elementų jungimo termoplastine plėvele ypatumai. Kaunas: Technologija, pp. 24-29.
10. PIANCOGNO (IT) AND COSTA VOLPINO (IT). Athletic shirt [interaktyvus]. Išradėjai: Matteo PLACANICA, Romina SCALVINONI. Int. Cl: A41D 13/00. US patent, 0237926 A1. 2015-08-27. European Patent Office [žiūrėta: 2019-01-21]. Prieiga per: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&II=2&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20150827&CC=US&NR=2015237926A1&KC=A1.
11. BORN, D. P., HOLMBERG, H. C., GOERNERT, F. and B. SPERLICH. A novel compression garment with adhesive silicone stripes improves repeated sprint performance – a multi-experimental approach on the underlying mechanisms. *BMC Sports Science, Medicine, and Rehabilitation*, 2014, 6(21), 2052-1847.
12. CSAPO, R and L. M. ALEGREC. Effects of Kinesio taping on skeletal muscle strength—A meta-analysis of current evidence. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2015, 18(4), pp. 450-456.
13. Enerskin [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2019-03-25]. Prieiga per: <https://www.enerskin.com/collections/e50-e70-mens-sleeves/products/e70-unisex-knee-sleeves>.
14. TAE GILL PARK (KR), GMK CO., LTD. (KR), ENERSKIN INC (KR). Clothing having anion-emitting silicone patch attached, thereto and method for manufacturing same [interaktyvus]. Išradėjai: Gyeonggi-do. Int. Cl: A41D 27/08, A41H 42/00, A61K 9/70, A61K 47/34, A61K 31/192, A61K 33/22. US patent, 0249776 A1. 2018-09-06. European Patent Office [žiūrėta 2018-12-12]. Prieiga per: <https://www.enerskin.com/collections/e50-e70-mens-sleeves/products/e70-unisex-knee-sleeves>.

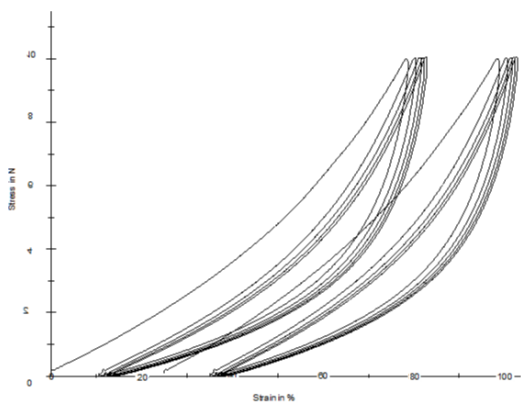
15. V!GO GROUP N.V. (BE). Improved sportswear [interaktyvus]. Išradėjai: Wim SEVENANTS. Int.Cl: A41D 1/08, A41D 13/00. World intellectual property organisation patent, 004365 A1. 2012-01-12. Google Patents [žiūrėta 2019-02-27]. Prieiga: <https://patents.google.com/patent/WO2012004365A1>.
16. SALMON S.A.S (FR). Close-fitting sports garment [interaktyvus]. Išradėjai: Serge CHAPUIS. Int. Cl: A41D 1/00, A41B 1/00, A41B 11/00. US patent, 0302686 A1. 2011-12-15. European Patent Office [žiūrėta 2018-12-16]. Prieiga per: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?II=4&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20111214&CC=CN&NR=102273741A&KC=A.
17. GREGORY ANTHONY NIXON, JR. (US). Separable compression clothing [interaktyvus]. Išradėjai: Gregory Anthony NIXON, JR. Int. Cl: A41D 1/08. US patent, 0081402 A1. 2016-03-24. European Patent Office [žiūrėta 2018.05.28]. Prieiga per: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?II=0&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20160324&CC=US&NR=2016081402A1&KC=A1.
18. AZENGEAR [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2019.04.02]. Prieiga per: <https://azengear.com/portfolio/calf-compression-sleeves/>.
19. PHYSIX GEAR SPORT [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2019.04.02]. Prieiga per: <https://www.physixgear.com/products/best-calf-compression-sleeve-for-men-women-footless-compression-socks-for-shin-splints-running-leg-pain-nurses-pregnancy>.
20. SKINS Essentials Compression MX Calf Tights [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2018.12.12]. Prieiga per: <https://www.amazon.com/SKINS-Essentials-Compression-Calf-Tights/dp/B01BO1O7KW?th=1>.
21. SKINS INTERNATIONAL TRADING AG (CH). Compression garments and method of manufacture [interaktyvus]. Išradėjai: Bradley T. DUFFY, Susan K. DUFFY. Int. Cl: A41D 1/04, A41D 1/08. US patent, 0222187 A1. 2015-07-09. Google Patents [žiūrėta 2019.02.20]. Prieiga per: <https://patents.google.com/patent/US20150189922A1/en?q=US+2015%2f0189922+A1>.
22. SKINS SCIENCE [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2019.04.15]. Prieiga per: <https://www.skins.net/au/skins-science/>.
23. TROYNIKOV, O., ASHAYERI, E., BURTON, M., SUBIC, A., ALAM, F. And S. MARTEAU. Factors influencing the effectiveness of compression garments used in sports. *Procedia Eng*, 2010, (2), 2823–2829.
24. HILL, J.A., HOWATSON, G., VAN SOMEREN, K.A. et al. The variation in pressures exerted by commercially available compression garments *Sports Eng*, 2015, 18(115). Prieiga per doi:10.1007/s12283-015-0170-x.
25. HAYES S.G. and P. VENKATRAMAN. Wrap Knitting. Iš (In): *Materials and Technology for Sportswear and Performance Apparel*. Boca Raton: CRC press, 2017, pp. 92-95. ISBN 9781138748354 - CAT# K32646.
26. ZHAO, L., LI, X., YU, J., LI, C., LI, G. Compression sleeves design based on Laplace laws. *Journal of Textile Engineering & Fashion Technology*, 2017, 2(2), pp. 314-320.
27. TREIGIENĖ, R. Ir D. MIKUČIONIENĖ. Kompresinės medžiagų savybės. Iš: *Mezginių mechanika ir projektavimas* [interaktyvus]. Kaunas: Technologija, 2012, pp. 80-83 [žiūrėta: 2019-01-20]. ISBN 978-609-02-0720-8. Prieiga per internetą: <https://www.ebooks.ktu.lt/einfo/938/mezginiu-mechanika-ir-projektavimas/>.
28. STYGIENĖ, Laimutė ir Sigitas KRAULEDAS. Techninės paskirties megztinių medžiagų asortimentas ir jų gamybos metodai. Iš (In): *Elastinės megztinės medžiagos, skirtos medicinai ir kosmoso pramonei*. Šiauliai: Šiaulių universiteto leidykla, 2007, pp. 5-12 [žiūrėta: 2019-02-20]. Prieiga per: <https://www.ebooks.ktu.lt/eb/415/technines-paskirties-megztiniu-medziagu-asortimentas-ir-ju-gamybos-metodai/>.
29. ФИЛАТОВ, В.Н. Упругие текстильные оболочки. Москва: легпромъытиздат, 1987, 33-37.

30. MIKUČIONIENĖ, D. and D. ALIŠAUSKIENĖ. Influence of the Rigid Element Area on the Compression Properties of Knitted Orthopaedic Supports. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 2012, 20, pp. 103-107.
31. TROYNIKOV, O., ASHAYERI, E., BURTON, M., SUBIC, A., ALAM, F., and MARTEAU, S. Factors influencing the effectiveness of compression garments used in sports. *Procedia Engineering*, 2010, 2(2), 2823-2829.
32. LIU, R., LIU, J., LAO, T. T., YING, M., & Wu, X. (2019). Determination of leg cross-sectional curvatures and application in pressure prediction for lower body compression garments. *Textile Research Journal*, 89(10), ISSN 1835–1852.
33. ILSKA, A., KOWALSKI, K., KŁONOWSKA, M., KUZAŃSKI, W., KOWALSKI, T. & SUJKA, W. (2017). Using a 3D Body Scanner in Designing Compression Products Supporting External Treatment. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*. 25. 107-112. 10.5604/01.3001.0010.4636.
34. PSIKUTA, A., FRACKIEWICZ-KACZMAREK, J., MERT, E., BUENO, M.E., ROSSI, R.M., Validation of a novel 3D scanning method for determination of the air gap in clothing. *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, 2015, 67, 61-70.
35. GILL. S. Human measurement and product development for high-performance apparel. *High-Performance Apparel, Materials, Development, and Applications Woodhead Publishing Series in Textiles*, 2018, pp. 191-208.
36. PORTERFIELD, A. and A. M. LAMAR. T. Examining the effectiveness of virtual fitting with 3D garment simulation. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 2017,10(3), pp. 320-330. Prieiga per doi:10.1080/17543266.2016.1250290.
37. SAYEM, A. S. M. Objective analysis of the drape behaviour of virtual shirt, part 2: technical parameters and findings. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 2017,10(2), pp. 180-189. Prieiga per doi: 10.1080/17543266.2016.1223810.
38. SAYEM, A. S. M. Objective analysis of the drape behaviour of virtual shirt, part 1: avatar morphing and virtual stitching. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 2017, 10(2), pp. 158-169. Prieiga per doi: 10.1080/17543266.2016.1223354.
39. CHOI, Y. L. A Case Study on Manufacturing Processes for Virtual Garment Sample. *Fashion and Textile Research Journal*, 2017, 19(5), pp. 595-601. Prieiga per doi: 10.5805/SFTI.2017.19.5.5954.
40. Aiman, A.F, Salleh, M.N. and Ismail, K.A. A New Invention Method to Determine the Reduction Factor for Low Fabric Tension Properties for Head Garment Fabrication. *MATEC Web of Conferences*, 2016, 78. Prieiga per doi: 10.1051/mateconf/20167801012.
41. CIESLAK, M., KARASZEWSKA, A., GROMADZINSKA, E., JASINSKA, I. and I. KAMINSKA. Comparison of methods for measurement of the pressure exerted by knitted fabrics. *Textile Research Journal*, 2017, 87(17), ISSN 2117–2126.
42. PARMAR, S., KHODASEVYCH, I., TROYNIKOV, O. Evaluation of Flexible Force Sensors for Pressure Monitoring in Treatment of Chronic Venous Disorders. *Sensors*, 2017, 17(8), 1923.
43. HAGEMANA, D. J., WU, S., LATIMER, D., VIRIDIA, K., WANG, C. H., MELISSA, L. and TATEA K. L. Comprehensive pressure profiling to develop next-generation compression treatment for lymphedema: Testing efficacy of high resolution sensors. *Sensors and Actuators A: Physical*, 2019, 289, pp. 100-107.
44. BRANDERHORST, W., DE GROOT, J.E., HIGHNAM, R., CHANC, A., BÖHM-VÉLEZ, M., BROEDERS M. J. M, DEN HEETEN, G. J. and GRIMBERGEN, C. A. Mammographic compression – A need for mechanical standardization. *European Journal of Radiology*, 2015, 84(4), pp. 596-602.
45. BERA, M., CHATTOPADHAY, R. & GUPTA, D. Effect of linear density of inlay yarns on the structural characteristics of knitted fabric tube and pressure generation on cylinder. *The Journal of The Textile Institute*, 106(1), PP. 39-46. Prieiga per doi: 10.1080/00405000.2014.902166.

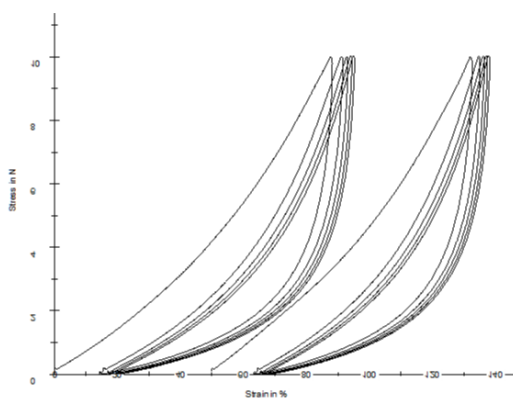
46. WANG, Y., ZHANG, P., FENG, F., YAO, J. New method for investigating the dynamic pressure behavior of compression garment. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2010, 22(5), pp. 374-383, ISSN 0955-6222.
47. Stirovap preso specifikacija [interaktyvus]. 1965. [žiūrėta 2018-02-15]. Prieiga per: <http://www.stirovap.com/html/eng/product/heatAdhesionPress/pressMP.html>
48. MASTEIKAITĖ, Vitalija, DOBILAITĖ, Vaida, VAITKEVIČIENĖ, Viktorija ir Jurgita DOMSKIENĖ. Audinių technologiškumo vertinimas FAST sistema. Iš (In): Aprangos kokybės vertinimas. Laboratoriniai darbai. KTU „Technologija“, 2005, pp. 35-38. ISBN 9955-09-920-6.
49. DAUKANTIENĖ, V., DOMSKIENĖ, J. ir V. VAITKEVIČIENĖ. Siuvinių medžiagų lenkiamojo standumo nustatymas. Iš (In): Siuvinių medžiagotyra. Mokomoji knyga. Kaunas: Technologija, 2007, pp. 44. ISBN 9955-09-972-0.
50. LST EN 14704-1 (2005). Medžiagų tamprumo nustatymas. 1 dalis. Juostelės tempimo bandymai.
51. TVARIJONAVIČIENĖ, B., LAURECKIENĖ, G. ir ADOMAVIČIŪTĖ, E. Study of Changes in Tensile Cyclic Characteristics of Cotton / Acrylic Blended Yarn after Knitting Process. *Materials Science (MEDŽIAGOTYRA)*, 2005, 11(1). ISSN 1392-1320.
52. FlexiForse Standart Model A201 [interaktyvus]. [žiūrėta 2018-12-21]. Prieiga per: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/FLX-A201-A.pdf>.
53. MARQUÉS-JIMÉNEZ, D., GONZALEZ, J. C., ARRATIBEL, I., DELESTRAT, A. & N. TERRADOS. Are compression garments effective for the recovery of exercise-induced muscle damage? A systematic review with meta-analysis. *Physiology & behavior*, 2015. Prieiga per doi: 153. 10.1016/j.physbeh.2015.10.027.
54. YINGLEI, L., KA-FAI, C., ZHANG, M., YI, L., LUXIMON, A. LEI, Y. and HU, J. An optimized design of compression sportswear fabric using numerical simulation and the response surface method. *Textile Research Journal*, 2011, 82(2) 108–116.
55. WILLIAMS, N. B, DRILLER, M. W, SHING, C. M, WILLIAM FELL, J and S. LEIGH HALSON. Confounding compression: the effects of posture, sizing and garment type on measured interface pressure in sports compression clothing. *Journal of Sports Sciences*, 2015, 33(13), 1403-1410.
56. Verban Physikalische therapie vpt, VPT Reinland-Pfalz Saar, Lymph-Taping [interaktyvus]. 2016. [žiūrėta 2018-10-15]. Prieiga per: <https://www.vpt-rps.de/fort-weiterbildung/kursdetails/lymph-taping-2.html>.
57. GIBONS, John. A practical guide to kinesiology Taping. United Kingdom: Lotus Pub, 2014, pp. 120. ISBN 1905367481.
58. 3M Reflective Scotchlite [interaktyvus]. 2018. [žiūrėta 2019-01-12]. Prieiga per: <https://brilliantreflective.com/what-is-reflective-material/>.
59. KAHN S. B and R. YINFEI XU. Medial-Tibial Stress Syndrome (Shin Splits). Iš (In): *Musculoskeletal Sports and Spine Disorders– A Comprehensive Guide*. New York: Spring International publisher, 2017, pp. 281-282. ISBN 3319505122, 9783319505121.
60. How to Get Rid of Shin Splints Using Compression Gear [interaktyvus]. 2019. [žiūrėti 2019-02-16]. Prieiga per: <https://www.camdengear.com/blogs/news/how-to-get-rid-of-shin-splints-using-compression-gear>.

PRIEDAI

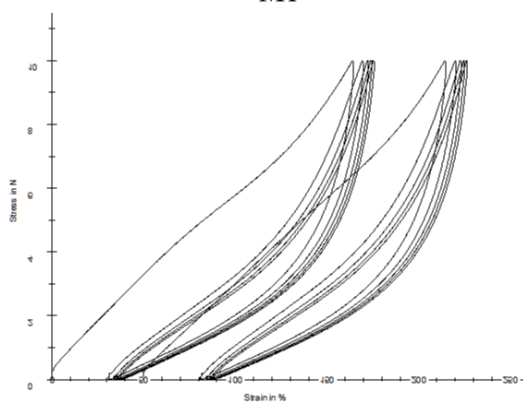
1 Priedas. Tiriamųjų megztinių medžiagų M1-M12 tempimo iki 10 N kreivės



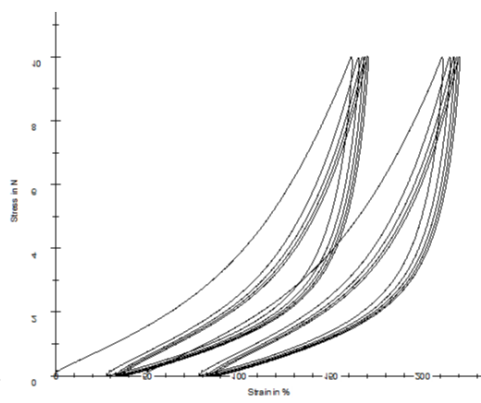
M1



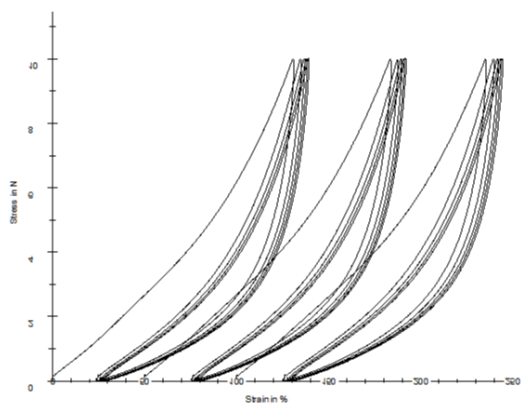
M2



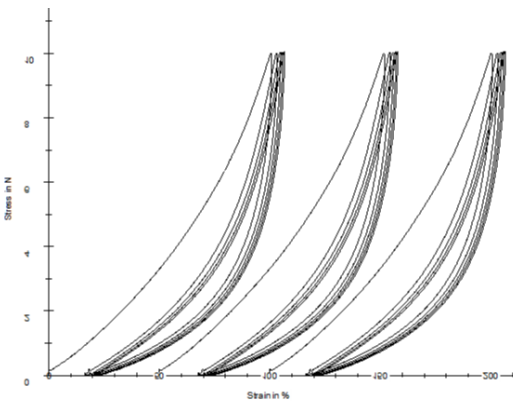
M3



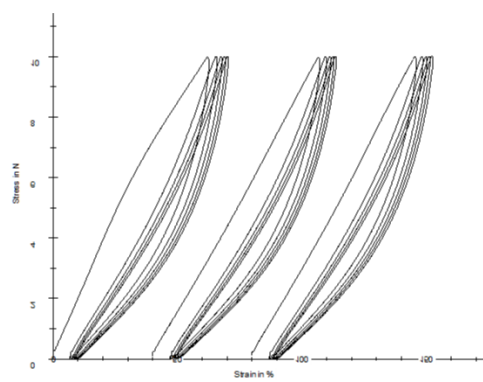
M4



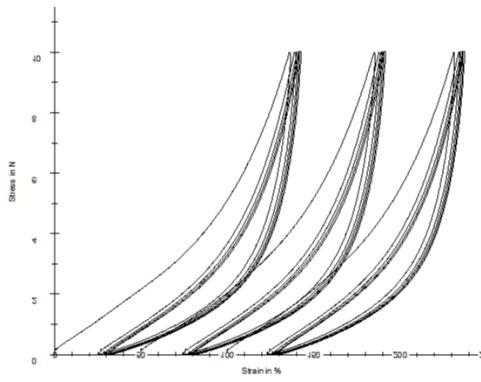
M5



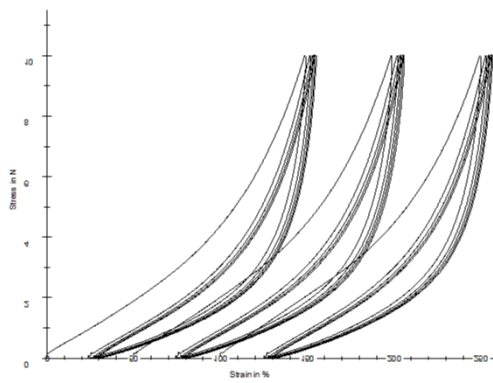
M6



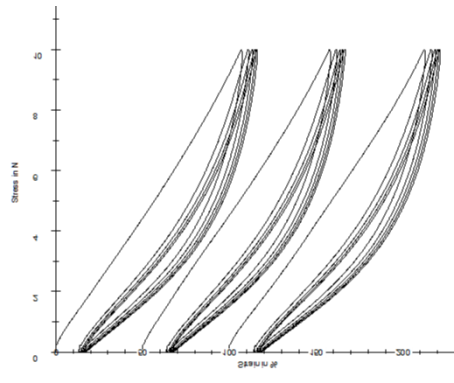
M7



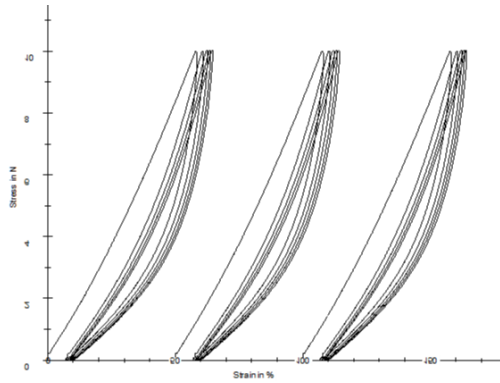
M8



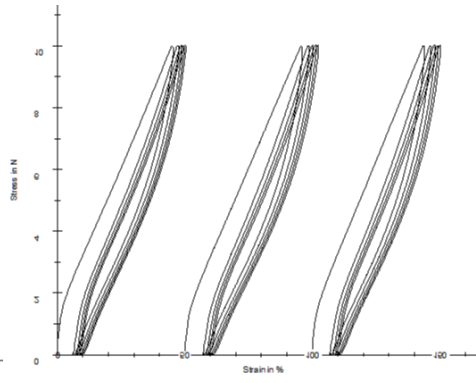
M9



M10

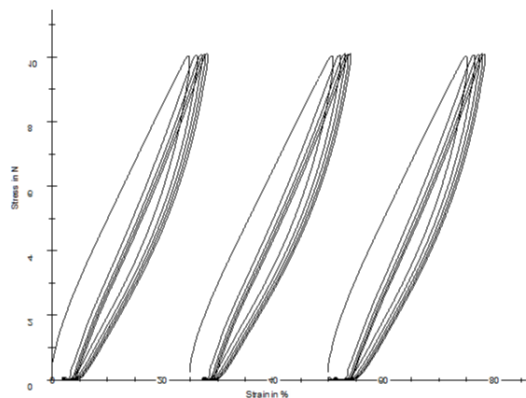


M11

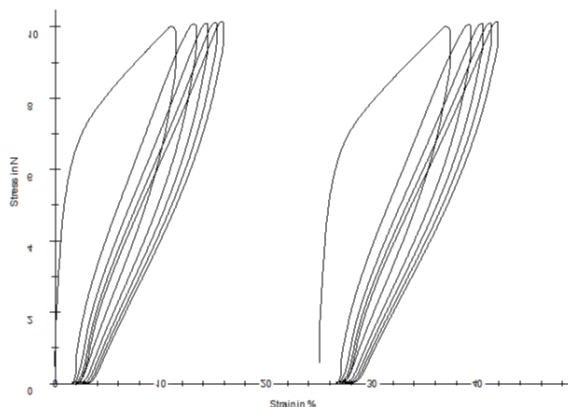


M12

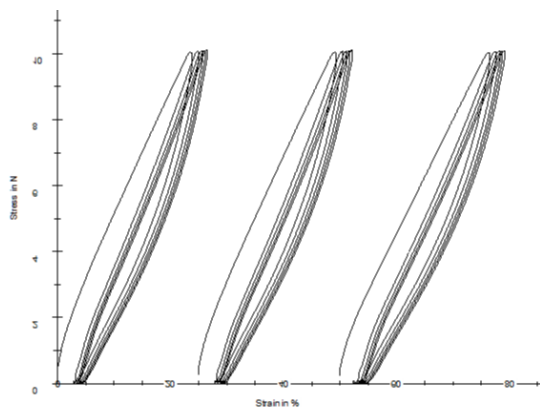
2 Priedas. Klijuotinių sistemų tempimo kreivės iki 10 N jėgos



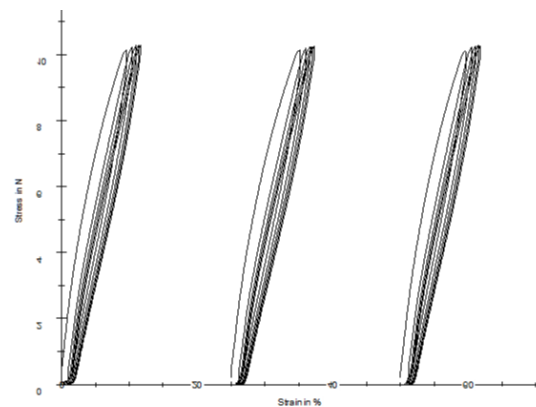
M12+ 3M C790 (įstrižai)



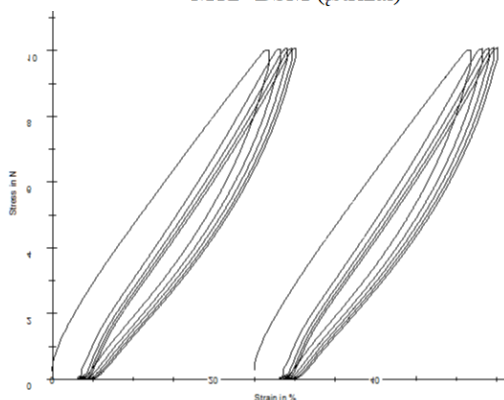
M12+ 3M C790 (išilgai)



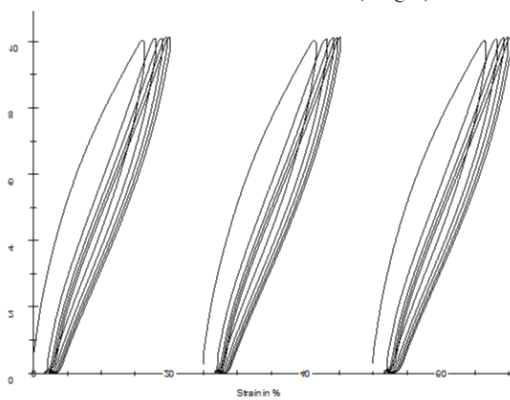
M12+BSM (įstrižai)



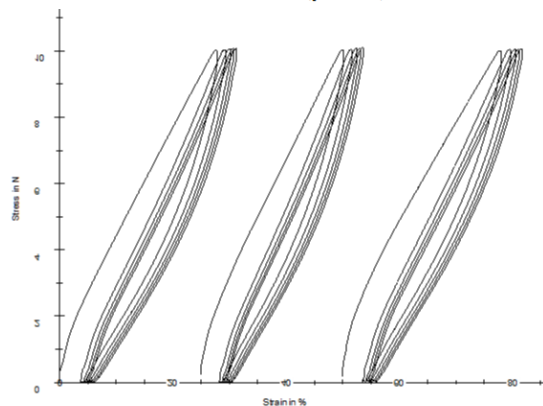
M12+BSM (išilgai)



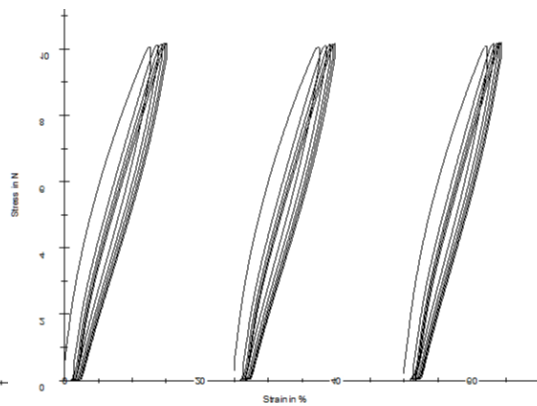
M12+RSS (įstrižai)



M12+RSS (išilgai)



M12+5500 Dream (įstrižai)



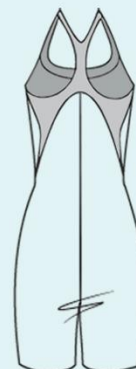
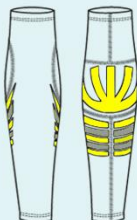
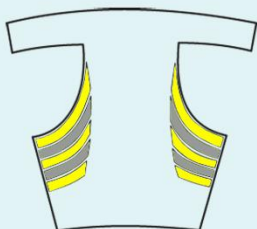
M12+5500 Dream (išilgai)

3 Priedas. Klijavimo technologijų dizaino sprendimai kintančios kompresijos sporto ir aktyvaus laisvalaikio blauzdinėse

KLIJAVIMO TECHNOLOGIJOS

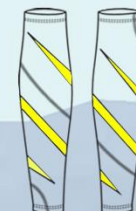
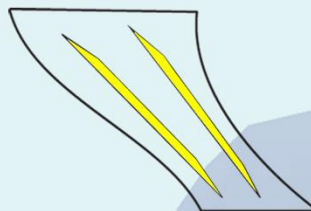
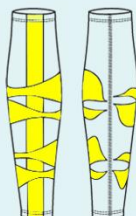
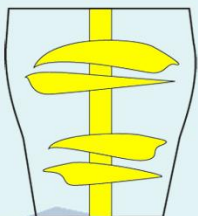
KINTANČIOS KOMPRESIJOS SPORTO IR AKTYVAUS

LAISVALAIKIO APRANGOJE



Blauzdinė **LOTUS**

Lotoso formą primenanti klijuotinė plėvelė ir juostelės sukelia kintančią kompresiją, pozicionuojant ant blauzdos raumens, prilaiko jį. Papildomam funkcionalumui suteikti naudojama ir šviesą atspindinti plėvelė.



Blauzdinė **BINDWEED**

Klijuotinė vertikali juosta priekinėje lekalo dalyje prilaiko priekio blauzdos raumenis, o vertikalios detalės sustiprina prilaikymą gaubdamos blauzdą.

Blauzdinė **FLESH**

Kintančios kompresijos efektą sudaro klijuotinės juostelės pozicionuojamos ant lekalo taip, kad sujungus siūle gaubtų blauzdą. Siūlė eidama ratu įsiterpia tarp klijuotinių juostelių sustiprindama prilaikymo efektą.

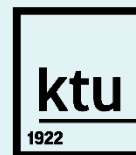


kauno
technologijos
universitetas

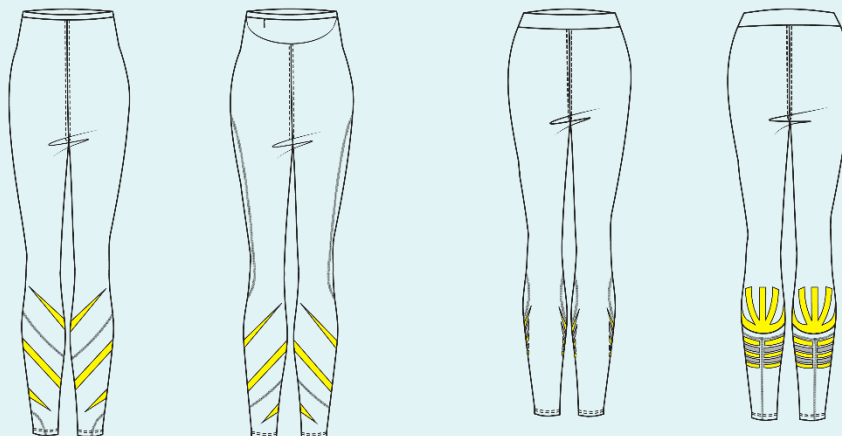
2019

4 Priedas. Klijavimo technologijų dizaino sprendimai kintančios kompresijos sporto ir aktyvaus laisvalaikio tamprėse

KLIAVIMO TECHNOLOGIJOS KINTANČIOS KOMPRESIJOS SPORTO IR AKTYVAUS LAISVALAIKIO APRANGOJE



kauno technologijos universitetas

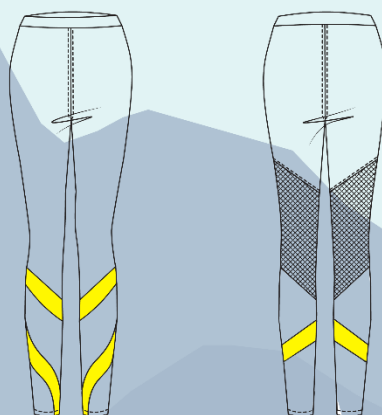


Tamprės **FLESH**

Kintančios kompresijos efektą sudaro klijuotinės juostelės pozicionuojamos tamprėse blauzdos srityje. Sukelia kintančią kompresiją bei gaubia ir prilaiko blauzdos raumenis.

Tamprės **LOTUS**

Lotoso formą primenanti klijuotinė plėvelė ir juostelės tamprėse sukelia kintančią kompresiją, pozicionuojant ant blauzdos raumens, prilaiko jį. Papildomam funkcionalumui suteikti tamprėse naudojama ir šviesą atspindinti plėvelė.



Tamprės **BINDWEED**

Klijuotinės juostos einančios diagonaliai, tiek priekinėje blauzdos dalyje, tiek nugaroje apgaubia blauzdos raumenis ir sustiprina raumenų prilaikymą.

