



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**

Monika Šiaulytė

**PJŪVIAMS ATSPARIŲ TRISLUOKSNIŲ MEGZTINIŲ
MEDŽIAGŲ KŪRIMAS IR MECHANINIŲ CHARAKTERISTIKŲ
TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Doc. dr. Kristina Ancutienė

KAUNAS, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS
MEDŽIAGŲ INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas

Doc. dr. Vaida Jonaitienė

PJŪVIAMS ATSPARIŲ TRISLUOKSNIŲ MEGZTINIŲ
MEDŽIAGŲ KŪRIMAS IR MECHANINIŲ CHARAKTERISTIKŲ
TYRIMAS

Baigiamasis magistro projektas
Aprangos mados inžinerija (kodas 621J40004)

Vadovas

Doc. dr. Kristina Ancutienė

Recenzentas

Prof. dr. Virginija Daukantiene

Projektą atliko

Monika Šiaulytė

KAUNAS, 2015



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

(Fakultetas)

Monika Šiaulytė

(Studento vardas, pavardė)

Aprangos mados inžinerija (kodas 621J40004)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo magistro projekto „Pjūviams atsparių trisluoksnių megztinių medžiagų kūrimas ir mechaninių charakteristikų tyrimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 15 m. gegužės 29 d.
Kaunas

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

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

TURINYS

IVADAS	7
1. LITERATŪROS APŽVALGA	8
1.1. Apsauga nuo mechaninių poveikių.....	9
1.2. Megztinių medžiagų struktūriniai ypatumai ir pritaikomumas.....	9
1.3. Pjūviams atsparių tekstilės medžiagų patentinė apžvalga	10
1.4. Literatūros apžvalgos apibendrinimas	16
2. TYRIMŲ METODIKA	17
2.1. Tyrimo objektai.....	17
2.2. Megztinių medžiagų atsparumo pjovimui tyrimo metodika.....	20
2.3. Megztinių medžiagų atsparumo pradūrimui tyrimo metodika.....	22
2.4. Megztinių medžiagų grifo nustatymo metodika	24
3. EKSPERIMENTINIŲ TYRIMŲ REZULTATAI	26
3.1. Megztinių medžiagų atsparumo pjovimui tyrimas	26
3.2. Megztinių medžiagų atsparumo pradūrimui tyrimas	33
3.2.1. Viršutinio (1) sluoksnio įtaka pradūrimui.....	35
3.2.2. Jungiamojo (2) sluoksnio įtaka pradūrimui	39
3.2.3. Apatinio (3) sluoksnio įtaka pradūrimui	42
3.3. Megztinių medžiagų grifo tyrimas.....	45
3.3.1. Viršutinio (1) sluoksnio įtaka grifui.....	49
3.3.2. Jungiamojo (2) sluoksnio įtaka grifui	53
3.3.3. Apatinio (3) sluoksnio įtaka grifui.....	56
3.4. Eksperimentinių tyrimų rezultatų apibendrinimas.....	59
IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS	61
LITERATŪROS SĄRAŠAS	63
BRĖŽINIAI	66
1 BRĖŽINYS. KIRTIKLIO KONSTRUKCIJA	67
2 BRĖŽINYS. KOLEKCIJOS „VEKTORIUS“ PLANŠETAI	68
PRIEDAI	70
1 PRIEDAS. SERTIFIKATAS PATVIRTINANTIS DALYVAVIMĄ JAUNŲJŲ MOKSLININKŲ PARODOJE – KONFERENCIJOJE „TECHNORAMA 2015“	70
2 PRIEDAS. JAUNŲJŲ MOKSLININKŲ PARODOJE-KONFERENCIJOJE „TECHNORAMA 2015 NAUDOTAS PRISTATOMASIS PLAKATAS	71

Šiaulytė, M. Pjūviams atsparių trisluoksnių megztinių medžiagų kūrimas ir mechaninių charakteristikų tyrimas. Polimerų ir tekstilės technologijos kvalifikacinio laipsnio baigiamasis magistro projektas / vadovas doc. dr. Kristina Ancutienė; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas, Medžiagų inžinerijos katedra.

Kaunas, 2015. 67 psl.

SANTRAUKA

Apsauginės aprangos rinkoje naudojamos pjūviams atsparios tekstilės medžiagos atlieka vieną pagrindinę funkciją – mažina riziką susižeisti aštriais paviršiais ir įrankiais, tačiau neretai yra labai standžios, storos, nelanksčios arba siūlų pluoštinė sudėtis neleidžia užtikrinti komfortabilumo liečiant, todėl reikia naudoti papildomus medžiagų sluoksnius – pamušalus. Nors papildomi medžiagų sluoksniai apsaugo odą nuo galimo jos dirginimo, tačiau storina gaminį.

Darbe sukurta 18-ka skirtingų kombinacijų pjūviams atsparių trisluoksnių megztinių medžiagų, kurių sluoksniams priskiriama skirtinga paskirtis. Medžiagų atsparumo plovimui tyrimas atliktas standartizuota plovimo mašina. Tyrimo metu didžiausiu atsparumu pjūviams pasižymėjo M1 ir M2 medžiagos, kurios pagamintos iš aukštos molekulinės masės polietileno HPPE, paraaramidinio pluošto Kevlaro, 0,05 mm storio plieninės vielutės ir PES Coolpus siūlų.

Taip pat atliktas standartizuotas atsparumo pradūrimui tyrimas, kurio metu nustatyta, kad M1, M2, M15-M18 medžiagos pasižymi didžiausiu atsparumu ir pasipriešinimu pradūrimui, kurį įtakojo HPPE siūlai. Itin didelį tąsumą, kas yra svarbu gaminio dėvėjimo metu, turi M9 ir M10 trisluoksnės megztinės medžiagos, o likusių medžiagų tąsumas yra panašus.

Aukšto mechaninio atsparumo megztinė medžiaga, naudojama apsauginės aprangos rinkoje, privalo neprarasti tokių savybių kaip lankstumas, tąsumas ir minkštumas. Šių savybių įvertinimui buvo atliktas instrumentinis grifo tyrimas ir geriausiu rezultatu pasižymėjo M4 medžiaga, nors visuose trijuose jos sluoksniuose yra naudojami Kevlaro siūlai, kai tuo tarpu apatiniame medžiagos sluoksnyje galėtų būti naudojami PES Coolplus siūlai, kurie nesukelia diskomforto esant tiesioginiam sąlyčiui su oda dėvėjimo metu.

Tyrimų rezultatai parodė, kad net penkios naujai sukurtos pjūviams atsparios trisluoksnės megztinės medžiagos pasižymi aukščiausiu atsparumu plovimui lygiu (5 lygis remiantis LST EN:388 standartu), tuo pačiu yra lanksčios ir užtikrina komfortabilumą eksploatacijos metu. Tokiomis savybėmis pasižyminčias medžiagas tinka naudoti pirštinių bei apsauginių drabužių gamyboje.

Darbas pristatytas jaunųjų mokslininkų darbų parodoje-konkurse „Technorama 2015“.

Šiaulytė, M. Development of Three – Layer Cut Resistant Knitted Materials and Research of Mechanical Characteristics. Polymer and textile technology master`s qualification project / supervisor assoc. prof. Kristina Ancutienė; Kaunas University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Design, Department of Materials Engineering.

Kaunas, 2015. 67 p.

ABSTRACT

Cut resistant knitted materials used in work safety clothing market perform one major function - reduce the risk of injury by sharp surfaces and tools, however, they are frequently very rigid, thick, non elastic or fibre composition of yarn does not allow assuring comfortability to touch these, therefore, additional layers of fabric, i.e. linings shall be used. Though additional layers of fabric protect skin against potential irritation, however these make the item thicker.

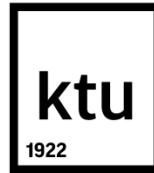
In this work was created 18 different combinations of three-layer cut resistant knitted materials where every layer has different purpose. Research of cut resistant material was performed by standardized cutting machine. The research reflected that the best cut resistant are materials M1 and M2 which are fabricated with high molecular mass polyethylene HPPE, para-aramid Kevlar, 0.05 mm thickness steel wire and PES Coolplus yarn.

Standardized puncture test has also been made, which identified that materials M1, M2, M15-M18 are the most resistant to punctures. Especially high ductility have M9 and M10 three-layer knitted materials. Ductility is very important during product wearing.

High mechanical resistance knitted material used in the safety clothing market shall not lose the characteristics such as elasticity, ductility and softness. KTU-Griff-Tester helped to determine this characteristics. The best results were achieved with material M4 though Kevlar yarn is used in all of its three layers meanwhile PES Coolplus yarn could be used for bottom layer of the material which do not make discomfort at the direct contact with skin during wearing.

Test results reflected that event five newly created three-layer cut resistant knitted materials have the characteristics of highest cut resistant level (Level 5 based on LST EN:388), they are ductility and comfortable during wearing also.

The work was presented in an exhibition/competitini for young scientists „Technorama 2015“.



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS
MEDŽIAGŲ INŽINERIJOS KATEDRA

MAGISTRO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Studentui(-ei) Monikai Šiaulytei

1. Magistro baigiamojo Projekto tema: Pjūviams atsparių trisluoksnių megztnių medžiagų kūrimas ir mechaninių charakteristikų tyrimas.
2. Užbaigto Projekto atidavimo terminas 2015 m. gegužės mėn. 29 d.
3. Darbo tikslas: sukurti naujas pjūviams atsparias trisluoksnes megztnines medžiagas, nustatyti jų mechanines charakteristikas, palyginti gautus duomenis su rinkoje esančiomis pjūviams atspariomis medžiagomis.
4. Pagrindiniai reikalavimai ir sąlygos: darbas turi būti aiškus ir originalus, atliktas pagal magistrantūros studijų baigiamųjų darbų reikalavimus ir jų rengimo tvarką.
5. Pradiniai Projekto duomenys: pjūviams atsparios megztninės medžiagos, LST EN 388 standartas.
6. Projekto teksto struktūra: TITULINIS IR ANTRAŠTINIAI LAPAI, AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA, TURINYS, SANTRAUKA, ABSTRACT, MAGISTRO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS, ĮVADAS, LITERATŪROS APŽVALGA, TYRIMŲ METODIKA, EKSPERIMENTINIŲ TYRIMŲ REZULTATAI, IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS, LITERATŪROS SĄRAŠAS, BRĖŽINIAI, PRIEDAI.
7. Grafinės Projekto dalies sudėtis: - kolekcijos planšetai, kirtiklio konstrukcija, darbą pristatantis plakatas.
8. Projekto konsultantai: -

Magistrantas: (vardas, pavardė, parašas, data)

Projekto vadovas..... (vardas, pavardė, parašas, data)

Studijų programos vadovas..... (vardas, pavardė, parašas, data)

ĮVADAS

Šiandien aprangai skirta apsauga yra neatsiejamas darbo saugos taisyklių laikymasis, kurio privalu laikytis ypač pavojingose darbo vietose dirbantiems asmenims. Nors kiekviena žmogaus kūno dalis turi būti apsaugota, itin didelės apsaugos reikalauja rankos, kurios turi tiesioginį sąlytį su aštriais paviršiais ar įrankiais. Nuo įpjovimų dažniausiai saugo pirštinės, kuriose yra naudojamos pjūviams atsparios tekstilės medžiagos, tačiau jos tik apsaugo, nepaisant to, kad dėl savo storio ar riboto lankstumo yra standžios, kietos ir taip gali pabloginti liečiamąsias ir dėvėjimo sąlygas. Todėl atsižvelgus ir išsianalizavus rinkoje esančias pjūviams atsparias tekstilės medžiagas matyti, kad nėra pjūviams atsparių medžiagų, kurios pasižymėtų daugiafunkcionalumu, kaip kad atsparumu pjūviams, drėgmės transportavimu nuo odos paviršiaus į išorę bei komfortabilumu dėvint kai yra tiesioginis sąlytis su odos paviršiumi.

Šiame darbe remiantis esamu pjūviams atsparių daugiafunkčių medžiagų poreikiui sukurta nauja pjūviams atspari trisluoksnė megztinė medžiaga, kurios kiekvienas sluoksnis atlieka skirtingos paskirties funkcijas. Tokių medžiagų panaudojimas gali būti taikomas ne tik pirštinių gamyboje, tačiau ir apsauginių drabužių gamybai kaip tam tikros atskiros detalės ar net visas gaminy, kuris kuo puikiau užtikrins komfortabilumą dėvėjimo metu. Kadangi sukurtų pjūviams atsparių trisluoksnių megztinių medžiagų mechaninėms charakteristikoms nustatyti reikėta ne tik specialių pluoštų, bet ir ganėtinai neįprastų įrenginių, todėl naujų produktų kūrimas ir tyrimai buvo atlikti bendradarbiaujant su Norvegijos įmone „Granberg AS“, kuri šiais metais laimėjo pasaulinį pramoninio dizaino apdovanojimą „Red Dot Award-2015“ apsauginės aprangos kategorijoje už ekstremalaus darbo pirštines GRANBERG 9001 ir 9002.

1. LITERATŪROS APŽVALGA

Žmogus drabužius naudoja ne tik norėdamas paslėpti figūros trūkumus ir išryškinti privalumus bei sukurti įvaizdį ir pasipuošti, bet ir apsisaugoti nuo aplinkos poveikio. Aprangos funkcijos skirstomos pagal paskirtį [1]:

1. Apsaugoti nuo:
 - klimatinių veiksnių (saulės, vėjo, lietaus ir pan.);
 - sužeidimų (įpjovimų, įdūrimų, nudegimų ir kt.);
 - gyvūnų įkandimų, įgėlimų (grybautojų ar bitininkų apranga).
2. Pridengti kūną.
3. Parodyti etninę, kultūrinę ar organizacinę priklausomybę (tautiniai drabužiai, organizacijos ar karinė uniforma).
4. Papuošti (mados industrija).
5. Maskuoti (karinės uniformos, medžiotojų apranga).
6. Daiktams nešti (kišenės ir kiti funkciniai elementai).

Visi šie aspektai yra labai svarbūs, tačiau iš visų svarbiausia – apsauga, nes reikia apsisaugoti ne tik nuo aplinkos poveikio, bet ir užtikrinti specialiose darbo vietose dirbančių asmenų saugumą. Ypač tai aktualu pavojingose situacijose dirbantiems: policininkams, ugniagesiams, statybininkams ar naftos platformų darbuotojams, o taip pat užsiimantiems ekstremaliu ir pavojingu sportu (nardymas, važinėjimas motociklu, laipiojimas kalnais ir pan.).

Ekstremalaus darbo aprangos pavyzdys gali būti ir neperšaunamos liemenės. Jos dažniausiai gaminamos iš keliolikos sluoksnių para-aramidinių audinių, anglies pluoštų ar ypač didelio stiprumo polietileno [2]. Neperšaunamos liemenės turi ne tik sustabdyti kulka, kad ji nepatektų į žmogaus kūną, bet ir išsklaidyti kinetinę energiją, priešingu atveju padaryta žala gali būti ne tik mėlynė, bet ir labai sunkūs vidaus organų sužalojimai, kurie gali baigtis mirtimi.

Ne ką mažiau svarbūs yra ir ugniagesių drabužiai, kurie gaminami iš mišraus meta-aramidinio bei para-aramidinio audinio [2]. Para-aramidinis pluoštas gerina atsparumą pjovimui, nes gaisro metu ugniagesiai turi saugotis stiklo šukių ar medienos liekanose užsilikusių vinių, kadangi matomumą blogina susidarę dūmų kamuoliai. Jų aprangos gamybai taikomas daugiasluoksniškumas, kur nė viename sluoksnyje negali būti lengvai užsidegančių pluoštų, išimties kada naudojami medvilniniai audiniai, gali būti taikomos tik pagalbiniam personalui, kuris neturi tiesioginio kontakto su ugnimi.

Techninės tekstilės gamyboje taip pat skiriamas didelis dėmesys medžiagų stiprumui, ilgaamžiškumui, atsparumui klimatinėms sąlygoms, trinčiam, pjūviams, dūriams [2] ir pan. Tokių audinių gamybai reikia modernių ir kokybiškų audimo staklių, bet kaip teigiama, daugeliu atveju jos neatitinka keliamų reikalavimų ir visgi gaminant techninę tekstilę su turimais įrenginiais, jie labai dažnai lūžta, nes neatlaiko didelių deformacijų, kurias sukelia pernelyg didelės jėgos. Būtent dėl tokios priežasties nuolatos vyksta ieškojimai ir bandymai kaip elgtis medžiagų gamybos metu, ką naujo ir tikslingo pritaikyti, kad būtų galima ne tik panaudoti turimą įrangą, bet ir gauti maksimaliai gerą rezultatą.

Tad grįžtant prie mažesnės apimties gaminių – drabužių, kurių panaudojimas, kaip jau minėta, ypač platus įvairių profesijų srityse, negalima pamiršti ir kitų visuomenės veikėjų, kurių darbo sąlygos ar gyvenimo tempas, nereikalauja specialios aprangos.

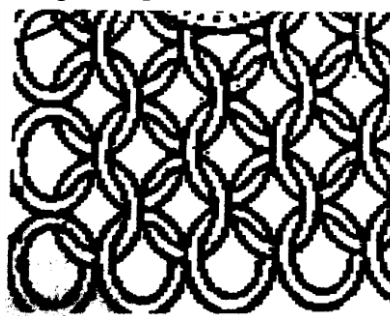
Kaip teigiama Policijos departamento prie Vidaus reikalų ministerijos 2014 metų veiklos ataskaitoje, užpuolimų ar žmogžudysčių skaičius nemažėja [3], todėl apsauga yra būtina visiems ir visur, net ir patiems mažiausiems, o norint suteikti tokią apsaugą, reikalinga medžiaga, kurią būtų galima pritaikyti ne tik specialių apsauginių drabužių gamyboje, bet ir kasdienėje aprangoje, kuri vartotojus tenkintų kokybės ir kainos atžvilgiu. Dėvimi gaminiai privalo apsaugoti ne tik nuo kasdienio aplinkos poveikio, kuris gali pakenkti žmogaus odai ir savijautai, bet ir nuo gatvėse tykančio pavojaus.

1.1. Apsauga nuo mechaninių poveikių

Nors apsaugai nuo mechaninių poveikių yra projektuojami labai įvairūs drabužiai, tačiau tai priklauso nuo darbo specifikos ir galimo mechaninio poveikio.

Apsauginių drabužių pagrindinė paskirtis – apsaugoti žmogaus kūną nuo sužeidimų lanksčiosiose dalyse, t. y. ties keliais, alkūnėmis, klubais ir rankomis. Tokios kasdienės apsaugos užtikrinimui gali būti naudojamos tiesiog lininės arba pusvilnonės medžiagos arba pusiau sferinės formos stangrūs skydeliai [4, 17]. Konstruojant apsauginius drabužius reikia išvengti siūlių sujungimų pavojingose ir atvirose drabužio vietose, nes tai mažina apsauginę gaminio funkciją.

Ypač didelę reikšmę apsaugai nuo mechaninių poveikių turi pirštinės bei rankogaliai [4], kurie dažniausiai gaminami iš nerūdijančio plieno, vario-cinko lydinio, formuojant medžiagą iš mažų žiedelių (1.1 pav.) [4]. Jei gaminiai turi būti atsparūs ir karščiui, jų gamybai gali būti naudojami plačiausiai žinomi aramidiniai ir para-aramidiniai pluoštai [4]. Iš aramidinių nedegių pluoštų grupei priskiriami meta-aramidiniai. Para-aramidiniai taip pat yra nedegūs, tačiau jų vartojamosios savybės yra didelis stiprumas ir maža ištįsa. Para-aramidiniai komponentai suteikia didelį atsparumą tempimui, pjovimui ir kirpimui [2].



1.1 pav. Metaliniai žiedeliai formuojantys pirštinę [4]

Yra žinomi ir kiti mišrūs siūlai, kurių pluoštų sudėtis yra atspari karščiui: „Nomex III“ – 95 % „Nomex“ ir 5 % „Kevlar“ pluošto, „Nomex Delta C“ bei „Nomex Delta A“ – 93 % „Nomex“, 5 % „Kevlar“ ir 2 % antistatinio „P 140“ pluošto [2].

Nors iki šiol stengiamasi kuo labiau apsaugoti žmones nuo mechaninių sužeidimų, visgi yra poreikis naujų medžiagų, kurios būtų patogesnės ir funkcionalesnės ne tik apsaugoti, bet ir atlaikyti visą planuojamą eksploatacijos laiką. Pastebėta, kad dauguma tokių apsauginių medžiagų yra audžiamos, bet audimo metu susiduriama su keblumais, įrangos netinkamumu, t.y. jos nėra itin modernios, o dažnai žmonėms jas keisti taip pat yra nuostolinga ir netsakinga, todėl ir stengiamasi su turimomis priemonėmis kurti ir gaminti tai, kas atitiktų norimus lūkesčius.

Būtent dėl šios priežasties verta atkreipti dėmesį į megztines medžiagas, jų siūlų ir mezgimo gamybos ypatumus bei pritaikomumą.

1.2. Megztinių medžiagų struktūriniai ypatumai ir pritaikomumas

Standumas turi įtakos daugeliui siūlų perdirbimo technologinių procesų, nes kuo standesni siūlai, tuo storesni yra jų sudarantys elementai (plaukeliai ar gijos), o didėjant siūlų storiui (jei plaukelių ar gijų storis pastovus), jų standumas didėja [5]. Nors siūlai – tai tik ilginiai produktai, tačiau juos įvairiai tarpusavyje sujungus, gaunami tekstilės gaminiai-audiniai, mezziniai ir net dalis neaustinių medžiagų ir kt. [5].

Siūlai gaminami įvairiais būdais, tačiau atsižvelgiant į pluoštinę sudėtį, galima išskirti tris pagrindines siūlų grupes:

- gijiniai siūlai (vienagijai arba daugiagijai), t.y. siūlai, sudaryti iš gijų;
- verpalai, t.y. siūlai, sudaryti iš plaukelių;
- sudėtiniai siūlai, kurie sudaryti ir iš plaukelių, ir iš gijų (apvytiniai bei armuotieji verpalai ir kt.).

Paprasčiausios sandaros yra vienagijai siūlai. Juos sudaro viena gija, tik daug storesnė nei daugiagijų siūlų gijos, o daugiagijų siūlų sandara yra tolydi, nes išilgai daugiagijo siūlo gijų

skaičius siūlo skerspjūvyje nekinta [5]. Nepaisant to, kokio tipo yra siūlai ir kokiais būdais jie gaminami, dažniausias pluoštų sąsajos tipas yra siūlo sukrumas. Įvairiems siūlams sukrumo vaidmuo gali būti labai skirtingas. Verpalams būtinas gana intensyvus sukrumas, kad tarp riboto ilgio plaukelių susidarytų pakankamai didelis trinties jėgų laukas, neleidžiantis plaukeliams slysti vienas kito atžvilgiu. Sukrumas užtikrina verpalų stiprumą, todėl jis būtinas tam, kad verpalas egzistuotų kaip konstrukcija. Daugiagijų siūlų stiprumui užtikrinti sukrumas visiškai nebūtinus [6].

Mezginys – tai tekstilės gaminys [7]. Būdingas mezginio sandaros bruožas – kilpomis išlankstyti, tarpusavyje persipinantys siūlai [8, 9]. Mezginė medžiaga – mezgimo mašina numegztas didelio ilgio ir plokščias arba rankovinis mezginys [6]. Mezginiai naudojami aprangai, buityje ir technikoje, iš kurių siuvami viršutiniai, apatiniai, sporto, laisvalaikio drabužiai, mezgamos kojinės, pirštinės ir t.t.

Mezginės medžiagos skirstomos į vienasluoksnes ir daugiasluoksnes [2], priklausomai nuo to, kokių galutinių rezultatų yra tikimasi. Viengubi pynimai dažniausiai sudaromi vienos adatos, o daugiasluoksniai – dviejų ar daugiau adatinių mezgimo mašinomis. Pasirinkus daugiasluoksnius mezginės medžiagos pynimo būdus, atsiranda galimybė kombinuoti skirtingos pluoštinės sudėties siūlus, o gamybos metu atitinkamų siūlų pagalba išgauti ir neįprastus medžiagų paviršius, kurie, žinoma, gali ne tik pagerinti, bet ir pabloginti medžiagos numatytąsias savybes jos projektavimo ir gamybos metu. O norint įvertinti bet kokių tekstilės gaminių savybes, yra atliekami tyrimai, kurie pasirenkami atsižvelgiant į planuotus lūkesčius.

Ilgą laiką tekstilės medžiagos buvo vertinamos tik subjektyviai, t.y. medžiagą tampant, lankstant ar glamžant rankose. Nors toks vertinimas nėra tikslus, tačiau tik taip galima sužinoti vartotojų nuomonę apie tiriamas medžiagas bei jos savybes, kurioms vartotojai dažniausiai teikia pirmenybę [10]. Pasitelkus subjektyvų vertinimo metodą, nustatyta, kad aklieji daug tiksliau įvertina medžiagų grifą (liečiamąsias savybes), tik rekomenduojama tokiam vertinimo modeliui parinkti kuo reikšmingesnes savybes, kurios būdingos pasirinktam asortimentui [10].

Siekiant tiriamų medžiagų grifo savybes įvertinti tiksliai, yra sukurtas prietaisas tekstilės grifui nustatyti [11]. Šis prietaisas pasižymi paprastumu ir universalumu, leidžiančiu kontroliuoti visų tekstilės medžiagų grifo dydį eksploatacijos ir technologinio ciklo metu [11], todėl šis prietaisas ištobulintas bei užpatentuotas [12].

Taigi, tekstilės grifo vertinimo metodus galima suskirstyti į subjektyvius ir objektyvius (instrumentinius) [13]. Subjektyvų vertinimo metodas atspindi vartotojų nuomonę atitinkamos medžiagos atžvilgiu, tačiau dėl ekspertų nuomonių skirtumų nėra labai tikslus [14, 15].

Objektyvų tekstilės grifo vertinimo modelis paremtas medžiagų mechaninių parametrų įvertinimu ir medžiagos elgsenos analize, todėl norint gauti kuo tikslesnius ir informatyvesnius rezultatus, dažnai eksperimentai atliekami abiem metodais [13]. Nustatyta, kad kompleksinis grifo vertinimo rodiklis tiksliau vertina medžiagos grifą, kadangi jame atsispindi skaitinės parametrų vertės, todėl kaip tikslesnis yra rekomenduojamas instrumentinis vertinimo metodas [13, 16].



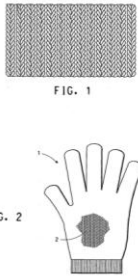
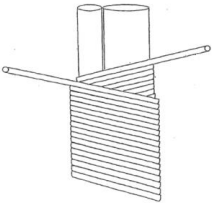
O atsižvelgiant į apsauginę aprangą, kuri kuriama norint išvengti tam tikrų sužeidimų, tokių kaip pradūrimas, prapjovimas, dūriai, trintis, ugnis ir panašiai, rekomenduotina pasitelkti standartizuotas metodikas ir jų nurodymais atlikti konkrečius tyrimus.

1.3. Pjūviams atsparių tekstilės medžiagų patentinė apžvalga


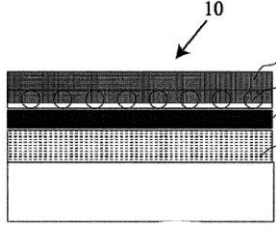
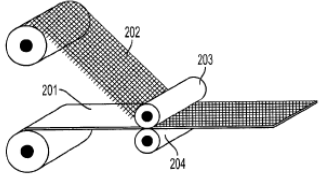
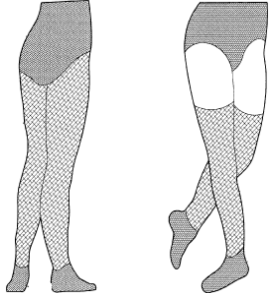
Kadangi šiame darbe yra kuriamos pjūviams atsparios trisluoksniės mezginės medžiagos, todėl buvo atlikta patentinė apžvalga ir susipažinta su jau sukurtomis tekstilinėmis medžiagomis. Atliekant patentų paiešką, pastebėta, kad yra nemažai patentų, kuriuos gamintojai nuolat atnaujina arba pagerina sukurtąsias medžiagas.

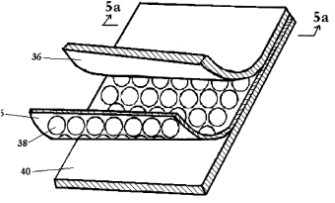
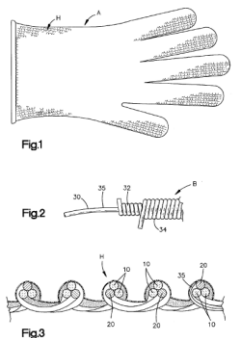
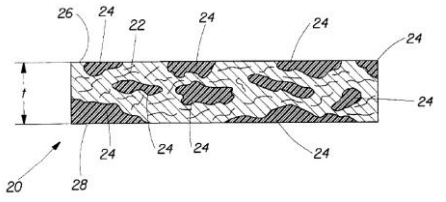
Nepaisant itin plačios patentinės apžvalgos rezultatų, stengtasi į visus įsigilinti ir susipažinti kaip kuriamos ir gaminamos pjūviams atsparios medžiagos, o žemiau esančioje lentelėje pateikiami tik atrinkti ir reikšmingiausi patentai (1.1 lent.).

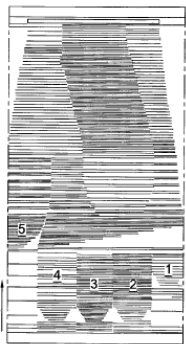
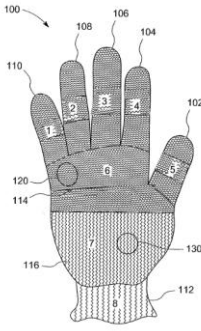
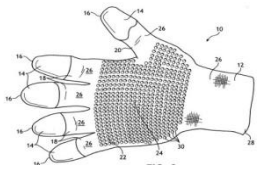
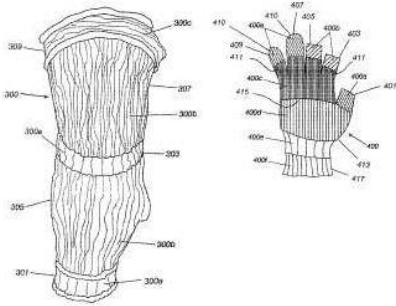
1.1 lentelė. Pjūviams atsparių tekstilinių medžiagų patentinė apžvalga

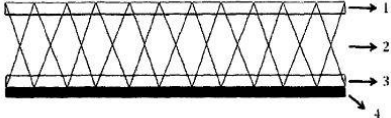
Eil nr.	Autorius Dokumento nr. Šalies simbolis Paskelbimo data	Objekto pavadinimas ir trumpas aprašymas su schema
1	2	3
1.	Ialenti Steve 2775538 A1 CA 2012-10-28	<p><i>NUO PJŪVIŲ APSAUGANTI SPORTINĖS APRANGOS TEKSTILINĖ MEDŽIAGA / PROTECTIVE CUT-RESISTANT SPORTSWEAR MATERIAL.</i></p> <p>Pjūviams atspari ir antimikrobiniu poveikiu pasižyminti austa tekstilinė medžiaga, kurios sudėtyje gaminant dominuoja Kevlaro ir medvilniniai siūlai. Šiai medžiagai gamybos metu, iš anksto numatytose zonose yra pritaikomas skirtingas audimo tankumas. Tokia medžiaga orientuota sportinės aprangos detalių gamybai, todėl dažnai naudojama ledo ritulininkų drabužiuose, ypač kojinese, blauzdinėse, rankovėse, apykaklių detalėse ir pan. [18].</p> 
2.	Florent Veillet 2468121B1 EU 2013-07-10	<p><i>PJŪVIAMS ATSPARIOS MEGZTINĖS PIRŠTINĖS BE STIKLO PLUOŠTO / KNITTED CUT-RESISTANT GLOVE, WITHOUT FIBERGLASS.</i></p> <p>Dvipusio mezgimo megztinė medžiaga, kurios siūlų gamybos metu plieninė vielutė yra apvijama dildymui atspariu poliamidiniu siūlu, yra atspari pjūviams. Tokios medžiagos siūlų gamybos metu nenaudojami stiklo pluoštai, kurie dažniausiai gerina medžiagų atsparumą pjūviams. Ši megztinė medžiaga dažniausiai naudojama besiūlių pirštinių gamyboje, kas tik dar labiau gerina medžiagos atsparumą pjūviams, nes esant nekokybiškiems siūlių sujungimams atsiranda didesnis pajovus susižeisti gaminio eksploatavimo metu [19].</p> 
3.	Larry John Prickett 2097580B1 US 2013-05-22	<p><i>DĖMĖS ATSTUMIANČIOS IR PJŪVIAMS ATSPARIOS PIRŠTINĖS BEI JŲ GAMYBOS BŪDAS / STAIN MASKING CUT RESISTANT GLOVES AND PROCESS FOR MAKING SAME.</i></p> <p>Pirštinės pagamintos iš pjūviams atsparios megztinės medžiagos, kurios siūlų gamybai panaudoti alifatiniai, poliamidiniai, poliolefininiai, poliesteriniai, akriliniai pluoštai ir jų mišiniai. Esant poreikiui, parinkti mišiniai gali būti dažomi pritaikant specialias technologijas [20].</p> 
4.	Takata, Teruyoshi 1911866B1 JP 2013-02-20	<p><i>PJŪVIAMS ATSPARIOS PIRŠTINĖS / CUT RESISTANT GLOVE.</i></p> <p>Pjūviams atsparių megztinių pirštinių siūlų gamybai naudojamos dideliu atsparumu dildymui pasižymintys siūlai, kurie keliais skirtingais sluoksniais yra apskami apie metalinę vielutę – šerdį. Turint tokiu būdu pagamintus siūlus, iš jų yra mezgamos medžiagos, kurios naudojamos apsauginių drabužių gamyboje, kaip kad prijuosčių, rankogalių, pirštinių siuvime ir pan. Tokie apsauginiai gaminiai naudojami mėsos, žuvies, stiklo, metalo ir panašiuose pramonės sektoriuose, kur yra dažnas sąlytis su aštriais daiktais ir paviršiais [21].</p> 

1.1 lentelės tęsinys kitame puslapyje

1	2	3
5.	David Solares ir kt. 0510093B1 US 1994-07-24	<p><i>PJŪVIAMS ATSPARIOS APSAUGINĖS PIRŠTINĖS / CUT-RESISTANCE PROTECTIVE GLOVE.</i></p> <p>Itin lengvos, puikiai prisitaikančios, megztinės pjūviams atsparios chirurginės pirštinės, kurios pagamintos atsisakant Kevlaro ar plieninės vielutės, nes yra naudojami tik specialūs aukštos kokybės polimeriniai kombinuotieji dariniai, kurie ir suteikia atsparumą pjūviams. Pirštines paveikus dezinfekavimo skysčiais ar kitokiais cheminiais preparatais, jos nepraranda savo apsauginių savybių. Dėl šių pirštinių plonumo, galima jas dėvėti ir su kitomis pirštinėmis, šias naudojant kaip pagalbines, esančias arčiau odos [22].</p> 
6.	Paul Saunders, Michael Flather, Dave Narasimhan 2009/0077713 A1 US 2009-04-26	<p><i>PJŪVIAMS ATSPARIOS IR APSAUGANČIOS NUO CHEMINIO POVEIKIO PIRŠTINĖS / CHEMICAL RESISTANT GLOVE HAVING CUT RESISTANT PROPERTIES.</i></p> <p>Šios pirštinės pasižymi puikiu lankstumu, lengvumu, o dėl polimerinės dangos nepraleidžia skysčių. Jas gaminant naudojamas daugiasluoksniškumas, kaip kad ir matyti paveiksle (10 – medžiagos skersinis pjūvis; 14 – polimerinė danga; 13 – pjūviams atsparūs pluoštai; 12 – labai lipnūs klijai; 11 – skysčiui nelaidus chemiškai atsparus nitrilo polimerinis sluoksnis) [23].</p> 
7.	Kathleen Zetune ir kt. 2013/0139294 A1 US 2013-07-06	<p><i>DŪRIAMS IR PJŪVIAMS ATSPARIOS PIRŠTINĖS, PASIŽYMINČIOS MAKSIMALIU LANKSTUMU IR PATOGUMU / PUNCTURE AND/OR CUT RESISTANT GLOVE HAVING MAXIMIZED DEXTERITY, TACTILITY, AND COMFORT.</i></p> <p>Šių pirštinių gamybai tekstilinė medžiaga (201) yra laminuojama tarp įkaitintų volelių (203, 204) specialia pjūviams ir dūriams atsparia poliuretanine plėvelė (202). Toks medžiagos apdorojimas yra tinkamas ir itin plonomis medžiagoms, nes poliuretaninė plėvelė nepakenkia medžiagos lankstumui ir dėvėjimo patogumui bei pirštinių dydžio atitikimui [24].</p> 
8.	Reiyao Zhu 2010/0186455A1 US 2010-07-29	<p><i>PJŪVIAMS ATSPARIOS PIRŠTINĖS, KURIŲ SUDĖTYJE YRA STIKLO IR PARA-ARAMIDINIŲ PLUOŠTŲ / CUT-RESISTANT GLOVES CONTAINING FIBERGLASS AND PARA-ARAMID.</i></p> <p>Šių pirštinių gamybai naudoti pjūviams atsparūs para-aramidiniai bei stiklo pluoštai, kurių pagrindinė paskirtis apsaugoti nuo sužalojimų ir pirštinėse yra išdėstomi kuo toliau nuo odos paviršiaus, tam, kad nebūtų diskomforto dėvėjimo metu esant sąlyčiui su oda. O apsaugai nuo galimo odos dirginimo panaudoti medvilniniai siūlai [25].</p>
9.	Nathaniel H.Kolmes, Dan Brittain, James Edward Herring 2010/0050699 A1 US 2010-04-04	<p><i>LENGVI PJŪVIAMS IR TRINČIAI ATSPARŪS GAMINIAI SKIRTI APSAUGINIŲ IR PANAŠIOS PASKIRTIES DRABUŽIŲ GAMYBAI / LIGHTWEIGHT, CUT AND / OR ABRASION RESISTANT GARMENTS, AND RELATES PROTECTIVE WEAR.</i></p> <p>Ši medžiaga pasižymi puikiu atsparumu pjūviams ir trinčiais, yra lengva, maloni dėvėti ir ypač lanksti. Jos gamybai naudojamos specialios pjūviams</p> 

1	2	3
		atsparios gijos, atsisakoma metalinė vielutės. Medžiagos storis gamybos metu lengvai gali būti keičiamas pasirenkant atitinkamus siūlus, todėl tokia medžiaga tinkama plonų gaminių gamybai ar kaip papildomi sluoksniai siuvamuose gaminiuose, kurie gali būti skirti ir ledo ritulininkams, snieglentininkams, futbolininkams, dviratininkams ar motociklininkams [26].
10.	Deng Baiquan 1616250 CN 2005-05-18	<p><i>MEZGIMAS IŠ METALINIŲ SIŪLINIŲ JUOSTELIŲ BEI JŲ GAMYBOS METODAS / METAL KNITTING DECORATIVE MATERIAL AND ITS PRODUCING METHOD.</i></p> <p>Mezgimas iš metalinių siūlinių juostelių gali būti atliekamas keliais būdais: mezgant metalines juosteles ar jas supinant ir taip gaunant trimatį (3D) efektą. Šis išradimas neturi dydžio apribojimų, todėl gali būti naudojamas neriboto dydžio objektams bei įvairios srities gaminiams, kuriems reikia suteikti atsparumą pjūviams bei (trimatį) 3D mezgimą. Toks medžiagos gamybos būdas gali būti pritaikomas ir techninėje tekstilėje, kuri naudojama statyboje ir architektūroje [27].</p>
11.	Sundnes John WO 2007/111753 A2 US 2007-12-027	<p><i>DŪRIAMS IR PJŪVIAMS ATSPARI MEDŽIAGA / PUNCTURE AND CUT RESISTANT MATERIAL.</i></p> <p>Šią medžiagą galima naudoti vandens sportui kaip neopreno ar nailono pakaitalą, kuri nepraleidžia vandens, bet kvėpuoja bei apsaugo nuo pjūvių ir dūrių. Medžiaga naudojama narų ar panašia veikla užsiimančių asmenų aprangai siūti. Narų apranga siekiama apsaugoti nuo ryklio dantų, pelekų ar aštrių rifo briaunų. Medžiaga gaminama remiantis sluoksniškumu: tarp dviejų medžiagų, kurios pasižymi elastingumu yra įterpiamas dar vienas medžiagos sluoksnis, o šis sluoksnis padengtas pjūviams atspariomis keramikinėmis plokštelėmis. Iš tokios medžiagos pagaminti gaminiai nevaržo judesių, leidžia patogiai ir saugiai užsiimti reikiama veikla. Be to medžiaga lengvai gaminama [28].</p> 
12.	Joseph Hummel 0064865 A1 US 2004-04-08	<p><i>PJŪVIAMS ATSPARI MEDŽIAGA IR PIRŠTINĖS / CUT RESISTANT FABRIC AND GLOVE.</i></p> <p>Pjūviams atspari mezgtinė medžiaga naudojama apsauginiuose drabužiuose pagerinti apsaugą nuo pjūvių ir suteikti patogumo. Medžiaga yra numegzta iš trijų skirtingos struktūros verpalų siūlo (Kevlaro siūlo ir dviejų poliesterio siūlų bei kontrastingos spalvos gijos) [29].</p> 
13.	John Kit Carson, Steven Michael Schennum 6 592 983 B1 US 2003-07-15	<p><i>ABSORBCINĖ PJŪVIAMS ATSPARI MEDŽIAGA IR JOS GAMYBOS BŪDAS / ABSORBENT SHEET MATERIAL HAVING CUT-RESISTANT PARTICLES AND METHODS FOR MAKING THE SAME.</i></p> <p>Išradimo esmė – lakštinės medžiagos, kurios yra supjaustytos ir suklijuotos. Ši medžiaga atspari dildymui, pjūviams, sugeria drėgmę. Pjūviams atsparios dalelės (paveiksle – 24) gali būti sudarytos iš bet kokios medžiagos, kurios yra tvirtos ir atsparios pjūviams (pvz. nebenaudojami ir susmulkinti virtuvės peiliai) [30].</p> 

1	2	3
14.	Tilak Dias, Kimberley Mitcam 8322167 B2 US 2012-12-04	<p><i>PJŪVIAMS ATSPARIOS PIRŠTINĖS / CUT-RESISTANT GLOVES.</i></p> <p>Pirštinės, kurių mezgimui naudota plieninė vielutė. Pirštinės pagamintos pritaikant įprastą mezgimą, tik mezgimo tankumas parinktas skirtingas atitinkamose pirštinių zonose (kaip kad pateikta paveiksle) tam, kad būtų pasiekama maksimali apsauga nuo pjūvių. Tokias pirštines tinka naudoti mėsos, putų pjūvimo, stiklo ir panašiuose pramonės sektoriuose [31].</p> 
15.	James H. Moreland ir kt. 2013/0213094A1 US 2013-08-22	<p><i>TAM TIKROSE ZONOSE PJŪVIAMS ATSPARIOS PIRŠTINĖS / ZONAL CUT RESISTANT GLOVES.</i></p> <p>Megztinės besiūlės pjūviams atsparios pirštinės, kurių gamybai, kaip pagrindinė sudedamoji dalis, yra naudojami Kevlaro siūlai. Mezgant tokias pirštines taikytinas įvairus mezgimo tankumas numatytose pirštinės dalyse, norint pagerinti atsparumą pjūviams. Kaip matyti pateiktame paveiksle, pirštų ir viršutinėje delno dalyje taikytas tankesnis megztinės medžiagos pynimas, o nuo delno dalies link riešo tankumas mažėja [32].</p>  <p style="text-align: right;">FIG. 1</p>
16.	Jason Alan Baker, Matthew Lawrence Wagner 1959770 B1 US 2012-09-19	<p><i>PJŪVIAMS ATSPARI PIRŠTINĖ / CUT RESISTANCE GLOVE.</i></p> <p>Pateikta pirštinė atspari pjūviams ir trinčiams. Ji pasižymi puikiu oro pralaidumu bei pagerintu sukibimu su įvairiais paviršiais, net ir jai sušlapus. Šios pirštinės gana plonos, todėl yra lanksčios ir nevaržo judesių. Pirštinės pirštų galuose papildomai naudota pjūviams atspari medžiaga, kuri užtikrina maksimalią apsaugą [33].</p> 
17.	Andrews Mark A., Andrews Gregory V., Miles James B. 6155084 US 2000-12-05	<p><i>APSAUGINIAI GAMINIAI PAGAMINTI IŠ KOMPOZICINĖS MEDŽIAGOS / PROTECTIVE ARTICLES MADE OF A COMPOSITE FABRIC.</i></p> <p>Iš kombinuotos medžiagos gaminamos darbinės pirštinės ar rankovės. Šios medžiagos sudedamosios dalys yra pjūviams atsparūs siūlai ir lietimui jautrumą bei lankstumą gerinančios medžiagos, kas jas daro patogias dėvėti [34].</p> 
18.	Yarborough Portia D. ir kt. 2005002376 US 2005-01-13	<p><i>PJŪVIAMS IR UGNIAI ATSPARIOS TERMOREGULIACINĖS MEDŽIAGOS BEI GAMINIAI IŠ JŲ / CUT RESISTANT, WICKING AND THERMOREGULATING FABRIC AND ARTICLES MADE THEREFROM.</i></p> <p>Tai įprastos pjūviams atsparios pirštinės, kurios gaminamos iš nerūdijančio plieno (plieninė vielutės principu), stiklo, polietileno ar kitų komponentų. Nedideli mechaniškai atsparių pluoštų kiekiai siūlinėje konstrukcijoje megzta ar austą gaminį daro atspariu pjūviams [35].</p>

1	2	3
19.	De Sousa Fangueiro Raul Manuel Esteves ir kt. 2011108954 A1 CN 2011-09-09	<p><i>INTEGRUOTOS, PLAUNAMOS IR TRIMATĖS (3D) DAUGIAFUNKCINĖS MEGZTINĖS MEDŽIAGOS STRUKTŪRA IR JŲ GAMYBOS METODAS / AN INTEGRATED, WASHABLE AND REUSABLE THREE-DIMENSIONAL (3D) MULTIFUNCTIONAL KNITTED FABRIC STRUCTURE AND METHOD TO PRODUCE THE SAME.</i></p> <p>Trimatės (3D) technologijos būdu pagaminta medžiaga skirta šlapimo sulaikymo problemų turintiems asmenims. Tokia medžiaga naudojama apatiniuose drabužiuose, jos viršutinis (1) sluoksnis pagamintas iš polipropileno (PP), jungiamasis (2) iš poliesterio (PES), o apatiniame (3-4) naudoti dvigubi viskoziniai siūlai (CV). Trimatė (3D) medžiagos struktūra bei jos sudėtis geba transportuoti drėgmę į išorę ir neleidžia jai grįžti atgal, be to leidžia odai kvėpuoti [36].</p> 
20.	Ding Qingyi CN 202378364 US 2012-08-15	<p><i>DAUGIAFUNKCINĖ TRIMATĖ (3D) MEDŽIAGA / MULTIFUNCTIONAL 3D (THREE-DIMENSIONAL) FABRIC.</i> Daugiafunkcinė trimatė (3D) medžiaga sudaryta iš viršutinio (1) sluoksnio, kuris turi mažesnę paviršinių tankį nei kiti du, jungiamojo (2) bei apatinio (3) sluoksnių. Pagrindinė šios medžiagos sudedamoji – poliesterio siūlai, kurie specialiu būdu apdorojami tam, kad medžiaga būtų minkšta, komfortiška ir net ekologiška – draugiška aplinkai [37].</p>

Pateiktoje patentinėje paieškos analizėje galima išskirti keletą tendencingų sprendimų. Dalis išradėjų ir gamintojų kuria šerdinės struktūros siūlus, kurių šerdis yra pjūviams atsparūs pluoštai (Kevlaro, HPPE siūlai ar plieninė vielutė) ir jie yra ap sukami kitos rūšies pluoštais. Kiti išradėjai susuka skirtingos paskirties gijas į vieną siūlą, kuriame yra, ir pjūviams atsparūs, ir komfortabilumą suteikiantys pluoštai. Pagaminus tokius siūlus, naudojant įvairius parametrus, yra mezgamos vienasluoksnės pjūviams atsparios megztinės medžiagos. Tačiau yra dar viena dalis išradėjų ir gamintojų, kurie siūlo gaminti medžiagas, kurios sudarytos iš atskirų funkcinių sluoksnių, kurių vienas yra skirtas apsaugoti nuo pjūvių, pvz. sluoksnis iš tekstilės, ant kurios yra padengtos įvairios formos keraminės plokštelės su tarpeliais (oro laidumui) tarp jų. Vienas iš pagrindinių tokios medžiagos minusų yra didelis medžiagos standumas, ribotas lankstumas bei tūsumas.

Patentų analizėje pastebėtos megztos trimatės (3D) medžiagos patentas (Nr. 19), skirtas geram drėgmės ištransportavimui nuo žmogaus kūno į išorę. Naudojant skirtingos rūšies pluoštus, tokioje medžiagoje, paprasto ir greito mezgimo metu galima išgauti sluoksniškumą. Todėl šis patentas pasirinktas kaip pagrindinis, kurio principu taikant skirtingus pluoštus, tarp jų ir pjūviams atsparius, šiame darbe bus kuriama nauja pjūviams atspari trisluoksnė megztinė medžiaga.

Dažniausiai pjūviams atsparios medžiagos naudojamos pirštinėse, nes jos yra pagrindinė apsauginė priemonė rankoms, kurioms ir kyla didžiausias pavojus, ypač ekstremalaus darbo metu. Daugumos pjūviams atsparių medžiagų gamybos metodai ganėtinai sudėtingi bei reikalauja specialių įrenginių. Pastebėtas ir pagrindinis šių medžiagų minusas – esant sąlyčiui su oda yra dirginamas jos paviršius, o jei bandoma to išvengti naudojant papildomus medžiagų sluoksnius, neretai pjūviams atsparūs gaminiai, praranda lankstumą bei patogumą dėvėjimo metu, todėl tai yra taip pat labai svarbu kuriant naujas medžiagas.

Kasdien vis labiau žengiant į inovatyvų ir funkcionalų pasaulį, negalima pamiršti ir medžiagų, kurios gali pasižymėti išskirtinėmis savybėmis, išvaizda bei savo funkcionalumo pateikimu ir pritaikymu.

1.4. Literatūros apžvalgos apibendrinimas

Literatūros apžvalga parodė, kad ypatingas dėmesys yra sutelkiamas į apsauginę aprangą, kurios galimas pritaikymas yra labai plačiuose rėmuose – nuo apsauginių aprangos tam tikrų detalių iki techninės tekstilės panaudojimo. Tad kuriant funkcionalias, ypatingomis savybėmis pasižyminčias medžiagas, svarbu atkreipti dėmesį į pluoštus, kaip jie bus pritaikomi ir derinami siūlų gamybai su kitais pluoštais ar net naudojama įranga, nes, kaip minėta, ne visos įrangos yra itin modernios, todėl kyla keblumų su jų suderinamumu bei naujų medžiagų gamyba.

Atliekant literatūros apžvalgą susipažinta su rinkoje jau sukurtomis ir naudojamomis pjūviams atspariomis medžiagomis, kurių gamybai dažniausiai pasirenkamas tik vienas arba keletas skirtingos sudėties pluoštų, tokių kaip anglies pluoštas, aramidiniai ar para-aramidiniai pluoštai, itin aukštos molekulinės masės polietilenas ir pan., jie derinami kartu siūlų gamyboje bei atliekama medžiagos gamyba. Tačiau viso to eigoje atsiranda poreikis ir yra siūloma naudoti papildomus, dažniausiai medvilninius medžiagos sluoksnius, pamušalus ar plonus gaminius, kurie apsaugotų odos paviršių nuo galimo sudirginimo eksploatacijos metu, nes apsauginiai pluoštai gali dirginti odą ir dėvintysis jaus diskomfortą.

Atsižvelgus į atliktą patentinę apžvalgą, galima daryti išvadą, kad reikia naujos pjūviams atsparios medžiagos, kuriai būtų pritaikytas daugiasluoksnis mezgimas, kur kiekviename iš jų būtų naudojami skirtingos paskirties siūlai.

Taigi, šio darbo tikslas – sukurti naujas pjūviams atsparias trisluoksnes megztines medžiagas ir nustatyti jų mechanines charakteristikas.

Tikslui pasiekti išsikelti šie uždaviniai:

- sukurti naują trisluoksnę megztinės medžiagos struktūrą, t.y. pynimą ir skirtingos paskirties siūlų derinius;
- pagaminti suprojektuotas trisluoksnes megztines medžiagas;
- ištirti trisluoksnių megztinių medžiagų atsparumą pjūviams;
- ištirti trisluoksnių megztinių medžiagų atsparumą pradūrimui;
- ištirti trisluoksnių megztinių medžiagų grifo charakteristikas;
- įvertinus atsparumą pjūviams, pradūrimui ir grifo mechanines charakteristikas, išrinkti medžiagas, kurios gali būti komercializuojamos.

2. TYRIMŲ METODIKA

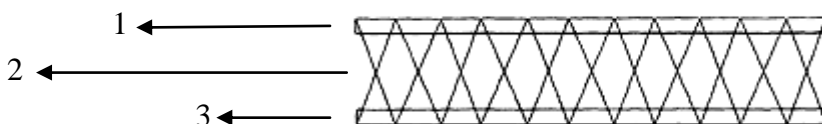
Šiame skyriuje pateikiamos sudarytos metodikos, kokie siūlai naudoti, kaip kurtos naujos pjūviams atsparios trisluoksnės megztinės medžiagos ir kokie tyrimai naudoti jų mechaninėms charakteristikoms nustatyti.

2.1. Tyrimo objektai

Apsauginės aprangos rinkoje naudojamos pjūviams atsparios tekstilės medžiagos mažina riziką susižeisti aštriais paviršiais ir įrankiais, tačiau tokios medžiagos turi būti lanksčios, plonos ir malonios dėvėti. Darbe sukurta 18-ka naujų megztinių medžiagų, kurių gamybai panaudotas lygusis skersinis pynimas. Medžiagų kūrimo pirmajame etape buvo kuriamos medžiagos, parenkant skirtingos paskirties siūlus atitinkamuose medžiagos sluoksniuose, siekiant patikrinti gamybos metodą ir susipažinti su preliminariais rezultatais. Antrajame medžiagų kombinacijų kūrimo etape siekta, kad naujai sukurtos megztinės medžiagos būtų sudarytos iš trijų skirtingos paskirties sluoksnių:

- viršutinis (1) – atsparus pjūviams;
- jungiamasis (2) – amortizuojantis ir jungiantis viršutinį sluoksnį su apatiniu;
- apatinis (3) – užtikrinantys komfortabilumą dėvint (2.1 pav.).

Visi šie trys sluoksniai mezgami kartu.



2.1 pav. Megztos medžiagos schematinis vaizdas, išskiriant sluoksnius

Naujų pjūviams atsparių trisluoksnių megztinių medžiagų gamybai naudoti žemiau išvardinti siūlai. Visi jie sukti S kryptimi 100 m^{-1} . Jeigu siūlas dvigubas, tokiu atveju du siūlai, kurie prieš tai buvo susukti „S“ kryptimi, susukami kartu „Z“ susukimo kryptimi.

- Kevlaras (Kevlar[®]) – tai aromatinė angliavandenių pagrindu sudarytas paraaramidinis pluoštas. Kevlaras pasižymi dideliu atsparumu tempimui. Lyginant pagal svorį, jis yra 5 kartus stipresnis už plieną, nedegus, nelaidus elektrai. Šio pluošto plaušai ištempiami iš išlydyto Kevlaro, o ne gaunami pynimo būdu, kaip kad gaminant kitokį poliamidinį pluoštą. Naujųjų pjūviams atsparių trisluoksnių megztinių medžiagų išmezgimui naudotas ne tik viengubas Kevlaro siūlas, kurio ilginis tankis – 20 tex, bet kai kuriose medžiagose ir dvigubas (2xKevlaras = 40 tex).

- HPPE – daugiagijis aukštos molekulinės masės polietilenas (20 tex). Tai bekvapė, netoksiška, korozijai ir chemikalams atspari medžiaga. Nors ir minimaliai, tačiau geba absorbuoti drėgmę bei yra 15 kartų atsparesnė trinčiai nei anglies pluoštai [38].

- PES Coolplus (20 tex) – tai ganėtinai nauja funkcinės paskirties daugiagijo poliesterinio pluošto rūšis, kuri šalina drėgmę nuo odos paviršiaus į išorę, greitai džiūsta bei leidžia odai kvėpuoti, taip ją išlaikant sausą ir apsaugotą nuo nemalonaus pojūčio [39].

- CO – medvilnė (20 tex). Tai augalinis pluoštas, gaunamas iš vilnamedžio genties augalų sėklų paviršiaus plaukelių. Medvilnės pluoštas dažniausiai perdirbamas į siūlus, kurie tinkami minkštų, orui pralaidžių tekstilės audinių gamybai. Medvilnė yra plačiausiai pasaulyje naudojama natūralaus pluošto aprangai.

- CF – anglinis pluoštas (3,6 tex) – tai techninės paskirties cheminis pluoštas, susidedantis iš ne mažiau kaip 90 % anglies. Anglies pluoštai yra ypač standūs, atsparūs tempimo jėgoms, korozijai, cheminiam poveikiui, jie yra nesunkūs ir mažai traukiasi (plečiasi) kintant temperatūrai. Anglies pluoštas gaunamas iš organinių pluoštų terminio karbonizavimo būdu.

- PBT (Radyarn® Stretch) (4,4 tex) – polibutileno tereftalatas – priklauso poliesterio termoplastikų šeimai. Tai pusiau kristalinis polimeras, gaminamas tereftalato rūgštį arba dimetiltereftalata jungiant su 1,4-butadioliu polikondensacijos būdu. Gali būti dažomas įvairiomis spalvomis, atsparus šarmams, nesunkus, minkštesnis nei kiti polimerai. Naudojant PBT pluoštus ar kombinuojant juos su kitais, užtikrinama visiška judėjimo laisvė bei patogumas, palaikomas tinkamas mikroklimatas. Elastano dėka, gaminiai pagaminti su PBT ne tik tempiasi, bet ir geba grįžti į pradinę gaminio būseną. Taigi medžiagos, kuriose naudojamas šis pluoštas (užtenka ir 30 % ar 35 %) puikiai tinka net ir dažnai nešiojamiems gaminiams.

- Plieninė vielutė – 0,05 mm skersmens. Dažniausiai naudojama norint sustiprinti medžiagas, kad jos būtų atsparesnės, kaip šiuo atveju – atsparios pjūviams. Nors plieninės vielutės panaudojimas ganėtinai platus, viskas priklauso nuo jos skersmens bei susukimo, nes per stipriai susukus, vielutė gali pradėti lūžinėti.

- Bazalto pluoštas (16 tex) – neorganinis cheminis pluoštas, gaminamas iš ypač plonų bazalto lydalo gijų. Naudojamas karščiui atspariems drabužiams, karštų skysčių filtrams, kompozitams. Bazalto pluoštas yra panašus į anglies pluoštą bei stiklo pluoštą, bet turi geresnes fizikines ir mechanines savybes nei stiklo pluoštas ir žymiai pigesnis nei anglies pluoštas. Ugniai atspari tekstilė iš bazalto pluošto naudojama aviacijos ir kosmoso bei automobilių pramonėse.

Naujųjų sukurtų pjūviams atsparių trisluoksnių megztinių medžiagų sudėtis ir sandaros charakteristikos pateikiamos 2.1 lentelėje.

2.1 lentelė. Pjūviams atsparių trisluoksnių megztinių medžiagų sąrašas ir charakteristikos

Žymėjimas	Sluoksnių numeracija ir sudėtis	Ilginis tankis T, tex (sluoksniuose)			Tankumas (1/cm)		Storis, mm	Paviršinis tankis, g/m ²
		1	2	3	Stulpelių kr.	Eilučių kr.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
M1	1. Kevlaras + HPPE; 2. HPPE + plieninė vielutė; 3. PES Coolplus.	40	35,3	20	9	17	2,08	591,5
M2	1. Kevlaras + HPPE; 2. Kevlaras + plieninė vielutė; 3. PES Coolplus.	40	35,3	20	9	17	2,05	593,8
M3	1. Kevlaras + plieninė vielutė; 2. Kevlaras + plieninė vielutė; 3. PES Coolplus.	35,3	35,3	20	9	13	1,51	515,8
M4	1. Kevlaras; 2. Kevlaras; 3. Kevlaras.	20	20	20	11	12	1,56	321,0
M5	1. Kevlaras; 2. Kevlaras + plieninė vielutė; 3. Kevlaras.	20	35,3	20	10	12	1,59	411,5
M6	1. Kevlaras; 2. HPPE + plieninė vielutė; 3. Kevlaras.	20	35,3	20	10	12	1,54	433,5

2.1 lentelės tęsinys kitame puslapyje

2.1 lentelės tęsinys

1	2	3	4	5	6	7	8	9
M7	1. Kevlaras; 2. HPPE + Kevlaras; 3. Kevlaras.	20	40	20	10	12	1,95	529,5
M8	1. Kevlaras; 2. Bazaltas + Kevlaras; 3. Kevlaras.	20	36	20	11	12	2,09	549,3
M9	1. HPPE + CF; 2. Kevlaras; 3. PES Coolplus.	23,6	20	20	7	8	3,03	789,0
M10	1. Kevlaras; 2. HPPE; 3. PES Coolplus.	20	20	20	6	9	2,59	640,1
M11	1. 2xKevlaras + plieninė vielutė; 2. Kevlaras; 3. Kevlaras.	55,3	20	20	10	13	1,90	625,4
M12	1. 2xKevlaras + plieninė vielutė; 2. Kevlaras; 3. CO.	55,3	20	20	9	12	1,88	501,8
M13	1. 2xKevlaras + plieninė vielutė; 2. Kevlaras; 3. PES Coolplus.	55,3	20	20	10	12	1,76	607,3
M14	1. 2xKevlaras + plieninė vielutė; 2. PES Coolplus; 3. PES Coolplus.	55,3	20	20	10	12	1,76	602,8
M15	1. 2xHPPE + plieninė vielutė; 2. PES Coolplus; 3. PES Coolplus.	55,3	20	20	9	15	1,86	754,7
M16	1. 2xHPPE + plieninė vielutė; 2. HPPE + PBT; 3. PES Coolplus.	55,3	24,4	20	9	16	1,92	846,6
M17	1. 2xHPPE + plieninė vielutė; 2. HPPE + PBT; 3. HPPE + PBT.	55,3	24,4	24,4	9	16	1,90	863,6
M18	1. 2xHPPE; 2. PES Coolplus; 3. PES Coolplus.	40	20	20	10	16	1,83	624,2

2.2. lentelėje pateiktos pjūviams atsparios vienasluoksnės megztinės medžiagos (M19-M22) ir audinys (M23), kurios, pagal pateiktus duomenis, atitinka 5-tą atsparumo pjūviams lygį pagal standartą LST EN:388 ir yra jau rinkoje naudojamose apsauginiuose gaminiuose.

2.2 lentelė. Vienasluoksnų pjūviams atsparių medžiagų sąrašas ir charakteristikos

Žymėjimas	Artikulas	Sudėtis	Pynimas	Tankumas (1/cm)		Storis, mm	Paviršinis tankis, g/m ²	Pagaminimo šalis
				Stulpelių kr.	Eilučių kr.			
M19	PT – 5002	60 % GF, 35 % HPPE, 5 % EL	Lygusis skersinis	7	7	1,71	331,8	Taivanas
M20	PT – 5891	45 % GF, 35 % PES, 15 % HPPE, 5 % EL	Lygusis skersinis	6	7	1,38	330,7	Taivanas
M21	BLK (SP)	45 % Kevlaro, 10% GF, 45 % PES	Interlokinis	6	8	2,24	745,8	JAV
M22	5 Yellow (SP)	60 % Kevlaro, 20% PES, 15 % CO, 5 % EL	Interlokinis	6	9	2,31	801,1	JAV
M23	5 Grey (E)	45 % GF, 30 % PES, 20 % HPPE, 5 % EL	Drobinis	14*	13*	0,85	291,9	JAV

* tankumas metmenų ir ataudų kryptimis

Šių medžiagų sudėtyje yra keletas pluoštų, kurie neaptarti anksčiau, tai yra:

- GF – stiklo pluoštas – tai cheminis neorganinis pluoštas, pagamintas iš suldyto stiklo masės. Naudojamas kaip sustiprinanti medžiaga daugeliui plastiko produktų.
- EL – elastanas (arba spandeksas) – sintetinis elastomerinis pluoštas, sudarytas iš ne mažiau kaip 85 % (pagal masę) segmentuoto poliuretano, žinomas dėl savo didelio elastingumo. Dažniausias panaudojimas tekstilės pramonėje: liemenėlių, diržų, pirštinių, džinsų, kojinių gamyboje bei sportiniuose kostiumuose, skirtuose plaukimo, slidinėjimo, imtynių, dviračių, tinklinio ar bėgimo varžybų dalyviams aprengti.

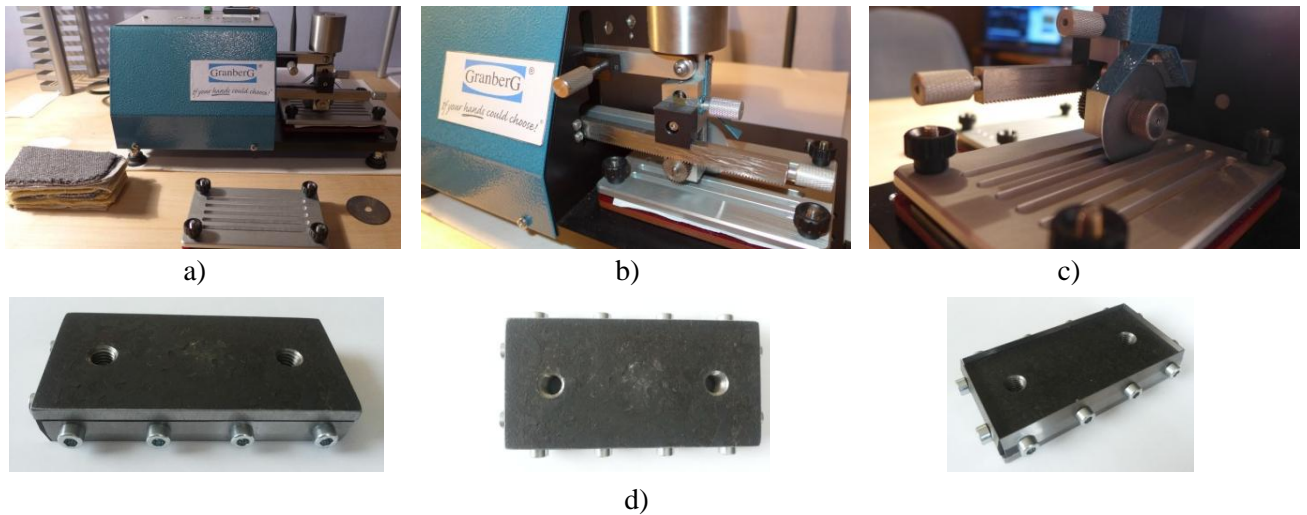
2.2. Megztinių medžiagų atsparumo pjovimui tyrimo metodika

Medžiagų atsparumo pjovimui tyrimo tikslas – nustatyti ar medžiagos yra atsparios pjūviams bei kokiam lygiui jos gali būti priskiriamos.

Tyrimas atliktas remiantis standarto LST EN 388:2003 nuostatų 6.2 punktu [40].

Įrenginiai ir priemonės:

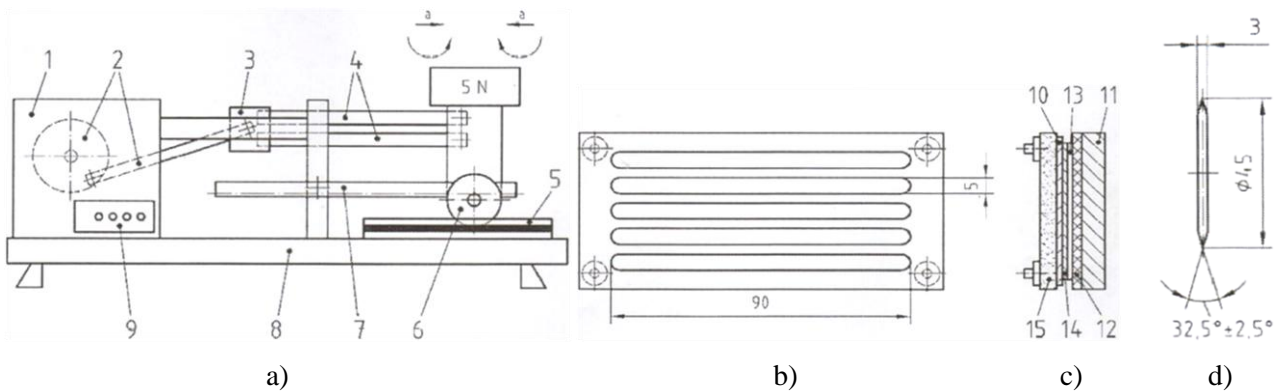
- Tiriamos visos sukurtos trisluoksnės megztinės medžiagos: M1-M18; vienasluoksnės megztinės medžiagos: M19, M21 ir M22, (M20 medžiaga tyrime nenaudota, nes jos bandinio paruošimui nepakako medžiagos) bei M23 drobinio pynimo audinys;
- Standartinė diskinio peilio pjovimo mašina – „SATRA STM 611 (2.2 pav. a) [41];
- Kirtiklis medžiagos iškirtimui (2.2 pav. d), kuris pagamintas būtent šio tyrimo atlikimui, kadangi medžiagų iškirpimas paprastomis priemonėmis ypač sudėtingas (1 brėžinys);



2.2 pav. „SATRA STM 611“ mašina: a) bendras vaizdas; b) mašinos vaizdas; c) peilis; d) kirtiklio vaizdas

Mašinos sudedamosios dalys:

- Besisukantis diskinis peilis (6) (2.3 pav. a) juda horizontalia kryptimi link bandinio darbatalio (8). Šio judesio kelio ilgis yra 50 mm, o peilis (6) sukasi šiam judesiui priešinga kryptimi. Peilio (6) didžiausias atstojamasis sinusinis pjovimo greitis yra 10 m/s;
- Peilį (6) veikiančios masės atstojamoji jėga yra $5 \pm 0,05$ N;
- Diskinis peilis (6) – 45 mm skersmens, 3 mm pločio ir suminiu $30^\circ - 35^\circ$ pjovimo kampu (2.3 pav. d). Diskinis peilis (6) pagamintas iš volframinio plieno, kurio kietumas nuo 740 HV iki 800 HV;
- Elektrai laidžios gumos atrama (11) (kietumas $80 \pm 0,3$ IHRD), ant kurios dedamas tiriamasis bandinys (10) (2.3 pav. c);
- Tiriamojo bandinio tvirtinimo rėmas (5), kaip aprašyta 2.3 paveiksle a;
- Automatinė sistema perpjovimo momentui nustatyti (3);
- Ciklą skaitiklis, kalibruotas vienos dešimtosios ciklo tikslumu (1).

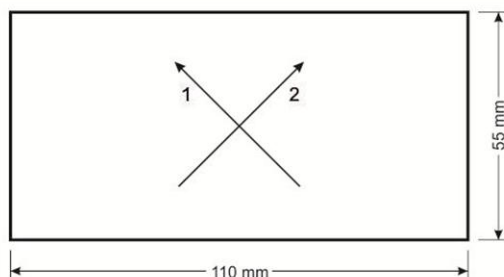


- | | | | | | |
|---|--|----|---------------------|----|-----------------------|
| a | disko sukimasis kintama kryptimi | 6 | diskinis peilis; | 12 | laidžioji guma; |
| 1 | variklio ir elektroninio registravimo skyrius; | 7 | krumpliastiebis; | 13 | aliuminio folija; |
| 2 | ratas ir pavaros trauklė; | 8 | atramos plokštė; | 14 | filtravimo popierius; |
| 3 | slankioji sistema; | 9 | skaitiklis; | 15 | viršutinė dalis; |
| 4 | stypai; | 10 | bandinys; | | |
| 5 | bandinio tvirtinimo įtaisas; | 11 | izoliuotoji atrama; | | |

2.3 pav. Bandymo įranga: a) sudedamosios įrangos dalys; b) bandinio tvirtinimo įtaiso vaizdas iš viršaus; c) bandinio tvirtinimo į spraustuvą vaizdas iš šono; d) diskinio peilio specifikacija

Darbo eiga:

Iš turimų medžiagų, kirtiklio pagalba 45° kampu, atsižvelgiant į medžiagų eilučių bei stulpelių kryptis, iškertama po 1 bandinį, kurio dydis 110 x 55 mm (2.4 pav.).



čia:

- 1 stulpelių arba išilginė kryptis
- 2 eilučių arba skersinė kryptis

2.4 pav. Bandinio matmenys

Visų pirma atliekamas kontrolinis pjūvis ir taip įvertinamas diskinio peilio aštrumas. Nustatomas ciklų skaičius, kurio užteko prapjauti kontrolinę medžiagą. Sekantys pjūviai atliekami norint įvertinti medžiagos atsparumą pjovimui. Bandiniai pjaunami priešpriešais besisukančiu diskiniu peiliu, kuris sukasi kintama kryptimi esant nustatytai apkrovai. Automatinė įrangos sistema skaičiuoja ir nustato, kiek yra atliekama pjūvių, rezultatai parodomi elektroninio registravimo skydelyje. Po to iškart pjaunama kontrolinė medžiaga ir fiksuojamas ciklų skaičius. Kontrolinės medžiagos pjovimų ciklų skaičius prieš tyrimą ir po jo, leidžia įvertinti diskinio peilio aštrumą, todėl tyrimo metu nuolatos turi būti įvertinamas diskinio peilio briaunos aštrumas.

Atlikus tyrimą, gauti rezultatai apdorojami ir pagal vertinimo skalę (2.3 lent.) medžiagai yra priskiriamas atsparumo pjovimui lygis. Iš viso yra 5 atsparumo pjovimui lygiai, kur 5-asis yra vertinamas geriausiai – atspariausias pjūviams, o 1-asis – blogiausiai.

2.3 lentelė. Pjovimo lygiai ir jų rodikliai

Atsparumas įpjovimui (lygiais)	1	2	3	4	5
Atsparumas įpjovimui ašmenimis (rodiklis)	$1,2 \leq$	$2,5 \leq$	$5,0 \leq$	$10,0 \leq$	$20,0 \leq$

2.3. Megztinių medžiagų atsparumo pradūrimui tyrimo metodika

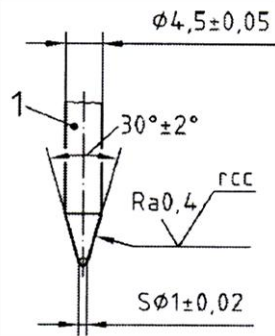
Megztinių medžiagų atsparumo pradūrimui tyrimo tikslas – nustatyti, ar medžiagos yra atsparios nustatytų matmenų plieninės adatos pradūrimui bei kokia jėga panaudota pradūrimui.

Tyrimas atliktas remiantis standarto LST EN 388:2003 nuostatų 6.4 punktu [41].

Įrenginiai ir priemonės:

- Tiriamos visos turimos medžiagos (M1-M18 trisluoksnės megztinės medžiagos, M19-M22 vienasluoksnės megztinės medžiagos ir M23 drobinio pynimo audinys).
- Kompiuterizuota CRE tipo „Tinius Olsen HT10KT“ tempimo mašina.
- Nustatytus reikalavimus ir matmenis atitinkanti plieninė adata (2.5 pav.).
- Laikikliai, kuriuose tvirtinami sucentruoti tiriamieji bandiniai (2.6 pav. a).

Tyrimui atlikti buvo pagaminta plieninė adata (2.5 pav. b) bei laikikliai (2.6 pav. b).



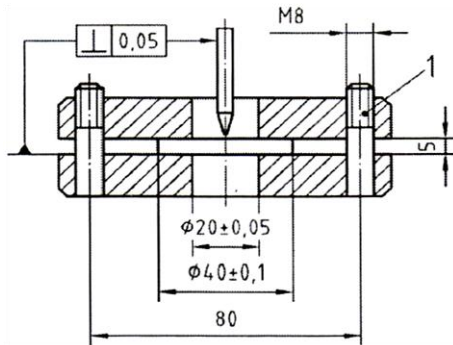
1 – Plienas RO6 pagal Rockwell`ą.

a)



b)

2.5 pav. Plieninė adata: a) reikalavimai ir matmenys; b) adatos vaizdas



1 – suveržimo varžtas.

a)



b)

2.6 pav. Laikikliai: a) reikalavimai ir matmenys; b) laikiklio vaizdas

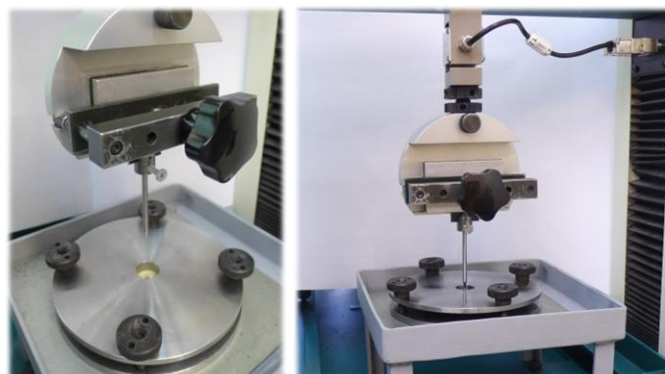
Darbo eiga:

Iš M1 – M18 trisluoksnių megztinių medžiagų paruošiama po 3 bandinius, o dėl riboto medžiagų kiekio, iš M19 – M23 medžiagų tik po 1 bandinį. Bandinio dydis 70 x 70 mm.

Kiekvienas bandinys viršutine puse dedamas ant laikiklių, sutaikant bandinio ir laikiklio centrus. Uždedama viršutinė laikiklio dalis ir bandinys suspaudžiamas tarp laikiklio žiedų.

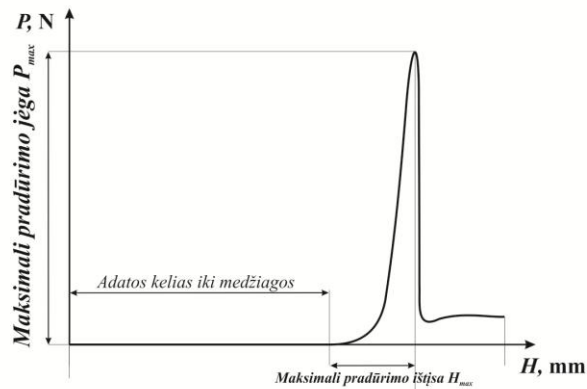
Adata įtvirtinama tempimo mašinos spraustuvuose, o laikiklis su įtvirtinta medžiaga padedami taip, kad besileidžianti adata pataikytų į bandinio centro tašką, kuris matomas laikiklio angoje, nes būtent medžiagos centre atsiras vienodai pasiskirsčiusi ištisa.

Rėmas su įtvirtinta adata leidžiamas žemyn, kol pasiekiamas medžiagos paviršius. Įjungžiama tempimo mašinos pavara greičiu $v = 100 \text{ mm/min}$, ne daugiau kaip 50 mm atstumu žemyn, net jei tiriamas bandinys nebūtų praduriamas (2.7 pav.).



2.7 pav. Mašinos ir bandinių vaizdas atsparumo pradūrimui tyrimo metu

Bandymo metu registruojama kreivė $H - P$ (ištįsa – jėga) (2.8 pav.), o iš gautų duomenų nustatoma maksimali pradūrimo jėga P_{max} , ištįsa H_{max} , apskaičiuojamos verčių paklaidos.



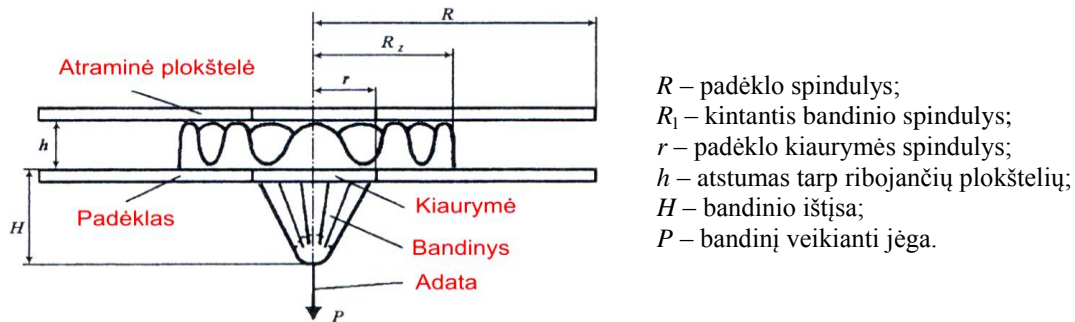
2.8 pav. Tipinė pradūrimo kreivė $H - P$ pradūrimo tyrimo metu

2.4. Megztinių medžiagų grifo nustatymo metodika

Megztinių medžiagų grifo tyrimo tikslas – įvertinti megztinių medžiagų grifo parametrus, apdoroti gautus rezultatus ir juos išanalizuoti.

Įrenginiai ir priemonės:

- Kompiuterizuota CRE tipo „Tinius Olsen HT10KT“ tempimo mašina;
- Prietaisas KTU-Griff-Tester (2.9 pav. pat.LT5293 [23]);
- Storio matuoklis (Textil – Dickenmesser DPT 60 digital);
- Iš 23-ų turimų medžiagų grifo tyrime buvo naudota 17-a: M3–M6, M8–M11, M13–M16, M19–M23, dėl per didelio medžiagos standumo ir kai kurių medžiagų trūkumo (nepakako medžiagos paruošti reikiamo dydžio bandinį).



2.9 pav. Principinė prietaiso KTU-Griff-Tester schema

Darbo eiga:

Iš medžiagų paruošiama po 3 disko formos bandinius, kurių $R = 45\text{mm}$.

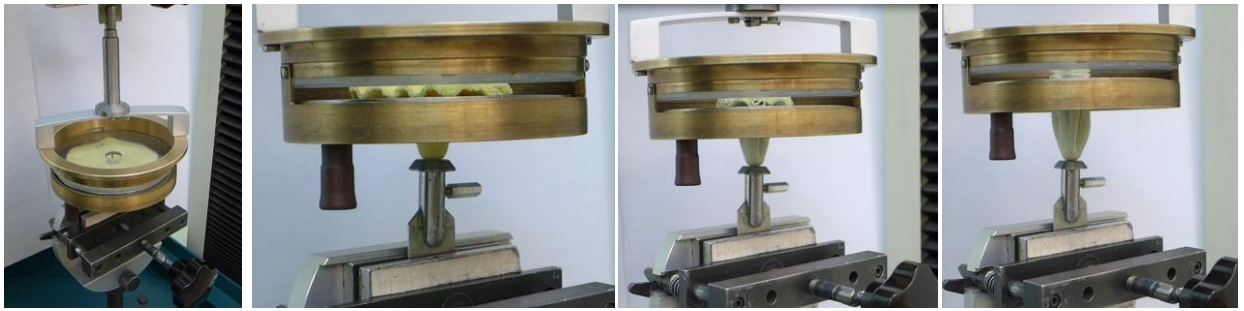
Storio matuokliu išmatuojami bandinių storiai δ (0,1 mm tikslumu), esant dviem suspaudimo slėgiams p_1 ir p_2 . Nustatomas medžiagos minkštumo rodiklis $\Delta\delta$ (1):

$$\Delta\delta = \frac{\delta_1 - \delta_2}{\delta_1} \cdot 100\% \quad (1)$$

kur δ_1 - medžiagos storis, kai matavimo slėgis $p_1 = 0,5\text{kPa}$;

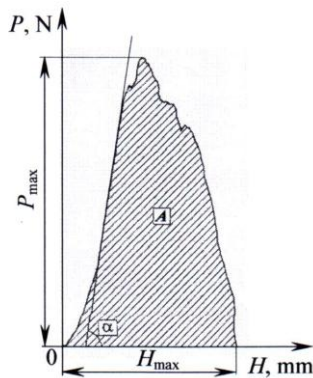
δ_2 - medžiagos storis, kai matavimo slėgis $p_2 = 2,5\text{kPa}$.

Prietaisas KTU-Griff-Tester tvirtinamas tempimo mašinoje (2.10 pav.) ir tarp padėklo bei plokštelės gerąja (viršutine) puse įdedamas bandinys.



2.10 pav. Prietaiso ir bandinių vaizdas grifo tyrimo metu

Paleidžiama tempimo mašinos pavara greičiu $v = 100 \text{ mm/min}$, prietaiso KTU-Griff-Tester viršutinė dalis keliama aukšty, kol medžiaga ištraukiama pro kiaurymę. Kompiuterio programoje brėžiama kreivė $H-P$ (ištįsa–jėga), o iš gautų duomenų nustatomos kitų parametru $P_{max}, tg\alpha, A, H_{max}$ vertės (2.11 pav.).



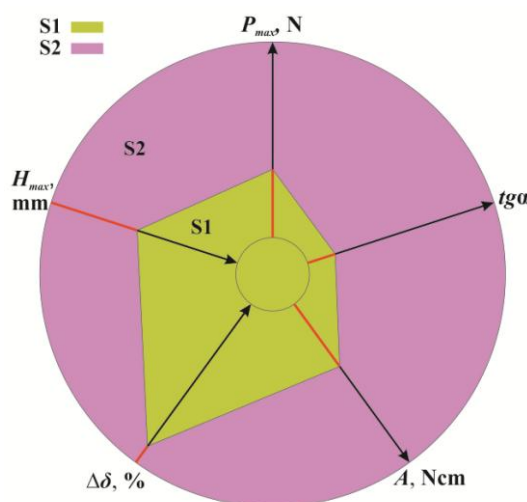
P_{max} – maksimali ištraukimo jėga;
 H_{max} – maksimali ištįsa;
 A – atliktas darbas ištraukiant medžiagą;
 $tg\alpha$ – kreivės posvyrio kampas.

2.11 pav. Tipinė ištraukimo per kiaurymę kreivė $H-P$ grifo tyrimo metu

Nustatomas kompleksinis grifo rodiklis Q (bedimensinis) kaip plotų santykis, naudojant polinę diagramą, kurioje atidėti visi grifo rodikliai (2.12 pav.):

$$Q = \frac{S1}{S2} \quad (2)$$

kur $S1$ – tiriamos medžiagos polinės diagramos plotas; $S2$ – apskritimo plotas.



Kuo medžiagos polinės diagramos plotas artimesnis apskritimui, tuo kompleksinis grifo rodiklis Q didesnis, o medžiaga standesnė, kietesnė. Taigi minkštos ir liaunos medžiagos Q vertė maža.

2.12 pav. Kompleksinio rodiklio Q nustatymo schema ir parametru išdėstymo tvarka bei jų ašiu orientacijos kryptys (rodiklio didėjimo tvarka)

3. EKSPERIMENTINIŲ TYRIMŲ REZULTATAI

3.1. Megztinių medžiagų atsparumo pjovimui tyrimas

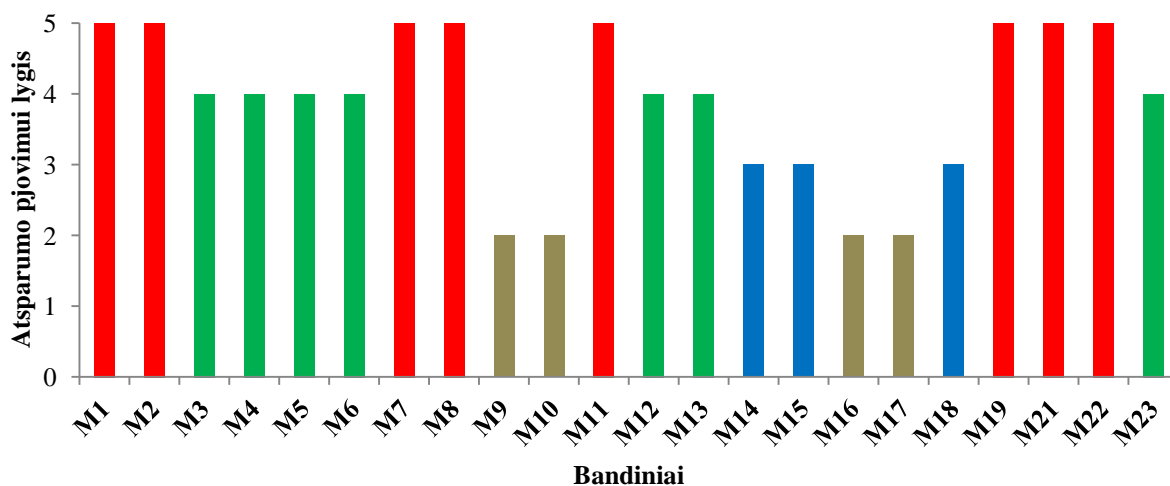
Šiuo tyrimu siekiama išsiaiškinti, ar sukurtos medžiagos yra atsparios pjovimui ir kurį atsparumo pjovimui lygį atitinka. Tyrimo metu gauti duomenys apdorojami, o gauti rezultatai (3.1 lent.) rodo, kuriam pjovimo lygiui (pagal 2.3 lentelę) gali būti priskiriama tirtoji medžiaga.

3.1 lentelė. Atsparumo pjovimui ašmenimis tyrimo rezultatai

Medžiagos žymėjimas	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M21	M22	M23
Atsparumas pjovimui ašmenimis (rodiklis)	36,6	31,9	17,0	11,9	18,1	15,2	24,2	66,6	4,3	2,8	28,5	15,6	10,9	9,1	7,1	4,4	4,5	8,9	20,9	50,9	71,9	13,4
Atsparumas pjovimui (lygiais)	5	5	4	4	4	4	5	5	2	2	5	4	4	3	3	2	2	3	5	5	5	4

3.1 paveiksle matyti, kad žemiausią pjovimo lygį, kuris šio tyrimo metu buvo 2-asis, atitinka keturios megztinės medžiagos (M9, M10, M16, M17), o 3-iajam lygiui priskiriamos trys medžiagos (M14, M15, M18). Septynios medžiagos (M3, M4, M5, M6, M12, M13, M23) atitinka 4-ąjį lygį ir net aštuonios (M1, M2, M7, M8, M11, M19, M21, M22) 5-tą, iš jų penkios – naujai sukurtos (M1, M2, M7, M8, M11), o likusios trys (M19, M21, M22) įmonių jau naudojamos pjūviams atsparios medžiagos, kurios pagal pateikiamus duomenis jau yra sertifikuotos ir atitinka 5-tą atsparumo pjovimui lygį.

Netikėti rezultatai gauti su M23 medžiagos bandiniu, nes gauta, jog ji atitinka 4-tą atsparumo pjovimui lygį, nors pagal pateiktus duomenis ji yra 5 lygio. Negalima tvirtinti, kad tyrimas atliktas netiksliai, nes buvo laikytasi standarto sąlygų, galima daryti tik prielaidą, kad masinei gamybai naudojami siūlai minėtai medžiagai pagaminti yra žemesnės kokybės nei kad buvo naudota medžiagos tikrinimui ir jos atsparumo pjovimui lygio nustatymui.



3.1 pav. Visų tirtų medžiagų atsparumo pjovimui rezultatai

Pastebima, kad 5-tą lygį atitinkančiose medžiagose (M1, M2, M7, M8, M11) (3.2 lent.) viršutiniuose (1) sluoksniuose yra Kevlaro, kuris M1 ir M2 medžiagose susuktas su HPPE siūlu, o M11 medžiagoje naudotas dvigubas Kevlaro siūlas su plienine vielute. Atsižvelgiant į gautus atsparumo pjovimui rodiklius matoma, kad M8 medžiagos rodiklis 66,6, kas yra daugiau nei trigubai daugiau norint, kad medžiaga būtų priskiriama 5 lygiui (2.3 lent.).

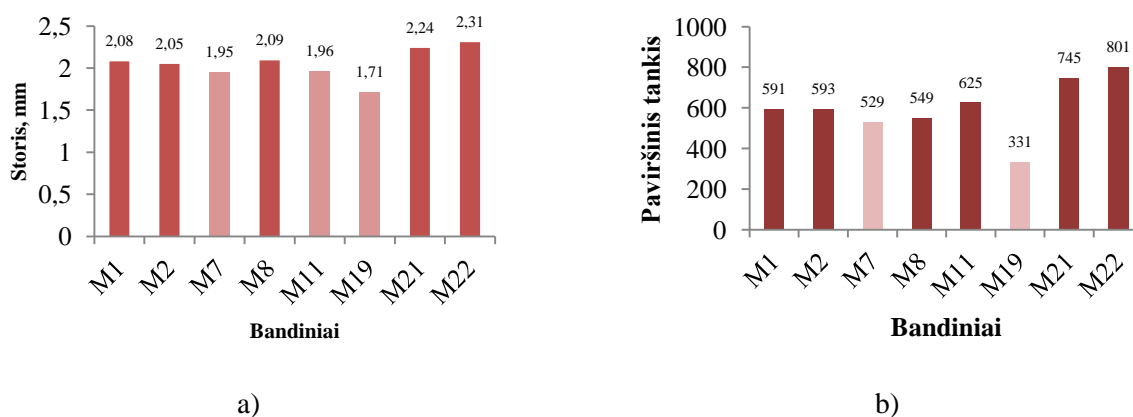
3.2 lentelė. Trisluoksnės megztos medžiagos (5 atsparumo pjovimui lygis)

Medžiagos žymėjimas	M1	M2	M7	M8	M11
Viršutinis sluoksnis	Kevlaras + HPPE		Kevlaras		2xKevlaras + plieninė vielutė
Jungiamasis sluoksnis	HPPE + plieninė vielutė	Kevlaras + plieninė vielutė	HPPE + Kevlaras	Bazaltas + Kevlaras	Kevlaras
Apatinis sluoksnis	PES Coolplus		Kevlaras		

Būtina įvertinti ir kitas medžiagų mechanines charakteristikas, lemiančias medžiagų liečiamąsias savybes, kadangi kuriamas medžiagas planuojama naudoti pirštinių gamyboje, tačiau jos gali būti pritaikytos ir apsauginių darbo drabužių gamyboje. Todėl siūloma neapsiriboti tik pirštinėmis ir pjūviams atsparias megztines medžiagas naudoti sukurtoje kolekcijoje „Vektoriai“ (2 brėžinys).

Viena iš jų – tai medžiagų storio įvertinimas. Kuo plonesnė medžiaga, tuo ji mažiau varžys judesius, nesuteiks gaminiui papildomo storio bei bus geresnis pojūtis liečiant įvairius paviršius ir ypač smulkius daiktus. 3.2 paveiksle matyti, kad pati ploniausia yra M19 medžiaga, o iš naujai kurtų – M7 bei M11.

5-tą atsparumo pjovimui lygį atitinkusių medžiagų paviršinis tankis (3.2 pav. b) rodo, kad M19 medžiaga pasižymi mažiausiu paviršiniu tankiu, o iš darbe sukurtų medžiagų, mažiausią paviršinį tankį turi M7, šiek tiek didesnę M8 medžiaga ir toliau didėjančios M1, M2 bei M11 medžiagos.



3.2 pav. 5-tą atsparumo pjovimui lygį atitinkančių medžiagų: a) storis; b) paviršiniai tankiai

Atkreipiant dėmesį į darbe sukurtų 5-to atsparumo pjovimui lygio medžiagų ilginį tankį (galima analizuoti tik M1-M18 medžiagas, nes jos yra 3 sluoksnių) (2.1 lent.) pastebima, kad mažiausiu ilginiu tankiu pasižymi M8 medžiaga. Kiekvienoje iš medžiagų siūlų ilginis tankis sluoksniuose yra skirtingas, tik apatiniuose (3) sluoksniuose yra po 20 tex, nors sudėtis ir yra skirtinga, nes M1 ir M2 medžiagų sudėtyje yra PES Coolplus siūlas, o M7, M8 ir M11 medžiagose – Kevlaras. Šių medžiagų viršutiniuose (1) sluoksniuose siūlų ilginis tankis svyruoja nuo 20 iki 55,3 tex, jungiamuosiuose (2) nuo 20 iki 40 tex.

Taigi matyti, kad 5-tasis atsparumo pjovimui lygis gali būti pasiekiamas esant įvairioms atskirų sluoksnių siūlų ilginių tankių kombinacijoms, tačiau dažniau viršutinis (1) sluoksnis yra didesnio ilginio tankio už kitus du sluoksnius (M1, M2, M11). Tai galima pastebėti ir kitose, žemesnius atsparumo pjovimui lygius atitikusiose M12–M15 ir M18 medžiagose (2.1 lent.).

Pagal gautus duomenis nuspręsti, kuri iš 5-to lygio medžiagų yra geriausia ir tinkamiausia pjūviams atsparių trisluoksnių megztinių medžiagų gamybai, galutinai dar negalima, nes reikia įvertinti ir kitų tyrimų rezultatus, bet pagal esamus jau matyti, kad M7 medžiaga pasižymi puikiomis savybėmis, kadangi yra ploniausia, lengviausia, nedidelio siūlų ilginio tankio ir tuo pačiu atitinka aukščiausią atsparumo pjovimui lygį.

Bandant išvengti nepageidaujamų rezultatų, kuriant naujas medžiagų kombinacijas, verta paanalizuoti ir tas medžiagas, kurios atitiko žemesnius atsparumo pjovimui lygius, t.y. 4-tą, 3-ią ir šiuo atveju žemiausią – 2-ą.

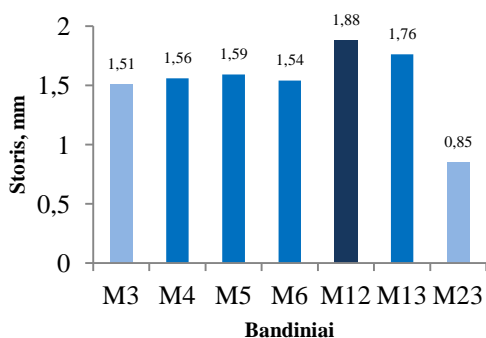
3.3 lentelė. Trisluoksnės megztos medžiagos (4 atsparumo pjovimui lygis)

Medžiagos žymėjimas	M3	M4	M5	M6	M12	M13
Viršutinis sluoksnis	Kevlaras + plieninė vielutė	Kevlaras			2xKevlaras + plieninė vielutė	
Jungiamasis sluoksnis	Kevlaras + plieninė vielutė	Kevlaras	Kevlaras + plieninė vielutė	HPPE + plieninė vielutė	Kevlaras	
Apatinis sluoksnis	PES Coolplus	Kevlaras			CO	PES Coolplus

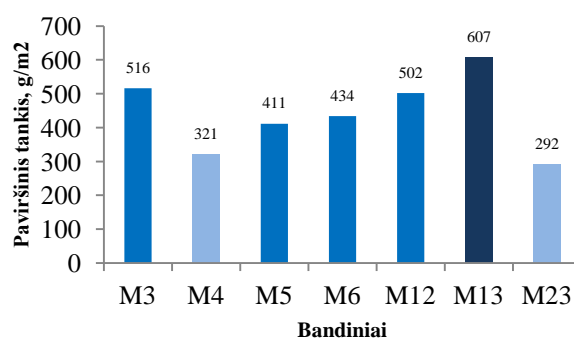
4-tą atsparumo pjovimui lygį atitinkančių medžiagų (3.3 lent.) viršutinių (1) sluoksnių sudėtyje yra Kevlaro siūlai bei plieninė vielutė. Jungiamuosiuose (2) šių medžiagų sluoksniuose taip pat yra Kevlaras ir plieninė vielutė, išskyrus M6 medžiagą, kurioje HPPE siūlas susuktas su plienine vielute. Ir nors daugumos (M4, M5, M6) medžiagų apatinio (3) sluoksnio sudėtyje yra Kevlaro siūlas, to nepakako, kad medžiagos atitiktų 5-ą atsparumo pjovimui lygį, o PES Coolplus ar medvilniniai siūlai, atsparumo pjovimui, kurio gali suteikti HPPE siūlas kombinuojamas keliuose sluoksniuose su Kevlaro siūlu, nesuteikia.

Ploniausia yra M23 medžiaga (3.3 pav. a), tačiau ji vienasluoksnė. Iš naujai sukurtų pjūviams atsparių trisluoksnių megztinių medžiagų ploniausia yra M3, o storiausia – M12 medžiaga.

4-tą atsparumo pjovimui lygį atitinkančių medžiagų paviršinis tankis (3.3 pav. b) svyruoja ganėtinai plačiame intervale, įtraukiant M23 medžiagą, nuo 292 iki 607 g/m². Nagrinėjant tik naujai sukurtas medžiagas matyti, kad mažiausią paviršinį tankį turi M4, o didžiausią – M13 medžiagos.



a)



b)

3.3 pav. 4-tą atsparumo pjovimui lygį atitinkančių tirtų medžiagų: a) storiai; b) paviršiniai tankiai

Mažiausiu siūlų ilginiu tankiu pasižymi M4, didžiausiu – M12 ir M13 medžiagos (2.1 lent.). Ilginio tankio išsidėstymas atskiruose medžiagų sluoksniuose yra skirtingas, tik apatiniuose (3) sluoksniuose (kaip ir 5-tą atsparumo pjovimui lygį atitinkančių medžiagų) yra po 20 tex, nors sudėtis skirtinga. M4, M5 ir M6 medžiagų apatiniuose (3) sluoksniuose yra Kevlaro siūlai, M3 ir M13 PES Coolplus siūlai, o M12 – medvilniniai. Viršutiniuose (1) sluoksniuose ilginis tankis svyruoja nuo 20 iki 55,3 tex (kaip ir 5-tame atsparumo pjovimui lygyje), o jungiamuosiuose (2) sluoksniuose nuo 20 iki 35,3 tex.

Pastebima, kad viršutiniuose (1) medžiagų sluoksniuose vyrauja panaši sudėtis: M3, M12 ir M13 medžiagose Kevlaro siūlas susuktas su plienine vielute, M12 ir M13 medžiagose – dvigubi Kevlaro siūlai, be to būtent šių medžiagų ilginiai tankiai ir yra didžiausi viršutiniuose (1)

sluoksniuose. M4, M5 ir M6 medžiagų viršutiniuose (1) sluoksniuose yra tik Kevlaras, tad ir ilginis tankis tik 20 tex.

Detaliau paanalizavus ir palyginus 5-tą ir 4-tą atsparumo pjovimui lygius atitinkančias medžiagas pastebima, kad yra medžiagų, kurios jungiamuosiuose (2) sluoksniuose skiriasi tik vienu sudėtinio komponentu, t. y. M7 ir M8 medžiagos 5-tame atsparumo pjovimui lygyje ir M4, M5 bei M6 medžiagos 4-tame atsparumo pjovimui lygyje. Visose šiose medžiagose viršutinius (1) ir apatinius (3) sluoksnius sudaro Kevlaro siūlai. Lyginant M7 ir M6 medžiagas matoma, kad M7 medžiagos jungiamasis (2) sluoksnis sudarytas iš susuktų HPPE ir Kevlaro siūlų, o M6 medžiagoje HPPE siūlas susuktas su plienine vielute, kas nulėmė šios medžiagos atitikimą jau 4-tajam atsparumo pjovimui lygiui. Lyginant M8 ir M5 medžiagas, kur M8 medžiagos jungiamajame (2) sluoksnyje bazalto siūlas yra susuktas su Kevlaro siūlu, o M5 medžiagoje – Kevlaro siūlas susuktas su plienine vielute ir dėl to jau patenka į 4-tą lygį. Iš to seka, kad geriau naudoti Kevlaro siūlą, kuris yra susuktas su kitu siūlu, bet ne su plienine vielute ar naudojamas vienas, kaip kad M4 medžiagoje, nes tokios sudėties medžiaga nebeatitinka 5-to atsparumo pjovimui lygio.

Nustatyta, kad 4-tą atsparumo pjovimui lygį atitinkančios medžiagos yra plonesnės nei 5-tojo. Medžiagų paviršinio tankio pokyčio intervalas beveik 3 kartus didesnis nei 5-to atsparumo pjovimui lygio: medžiagų paviršinis tankis 5-ame atsparumo pjovimui lygyje yra 529,53 – 625,41 g/m², o 4-tame 320,99 – 607,27 g/m². Siūlų ilginio tankio verčių intervalai nežymiai skiriasi abiejuose atsparumo pjovimui lygiuose.

3-ią atsparumo pjovimui lygį atitinka M14, M15 ir M18 medžiagos (3.4 lentelė). Šios trys medžiagos yra labai panašios, skiriasi tik viršutinių (1) sluoksnių sudėtys, o jungiamuosiuose (2) ir apatiniuose (3) sluoksniuose yra PES Coolplus siūlai. M14 medžiagos viršutiniame (1) sluoksnyje dvigubas Kevlaro siūlas yra susuktas su plienine vielute, M15 medžiagoje – dvigubas HPPE siūlas susuktas su plienine vielute, o M18 medžiagoje susuktas dvigubas HPPE siūlas.

3.4 lentelė. Trisluoksnės megztos medžiagos (3 atsparumo pjovimui lygis)

Medžiagos žymėjimas	M14	M15	M18
Viršutinis sluoksnis	2xKevlaras + plieninė vielutė	2xHPPE + plieninė vielutė	2xHPPE
Jungiamasis sluoksnis	PES Coolplus		
Apatinis sluoksnis	PES Coolplus		

Tokių viršutinio (1) sluoksnio sudėties kombinacijų yra ir kitose medžiagose. Dvigubas Kevlaro siūlas susuktas su plienine vielute, kaip M14 medžiagoje, yra ir kitus prapjovimo lygius atitinkančiose medžiagose: M10 (2-as lygis), M12 ir M13 (4-as) bei M11 (5-as). Dvigubas HPPE siūlas susuktas su plienine vielute (kaip M15 viršutinis (1) sluoksnis) yra ir M16 bei M17 medžiagose, tačiau šios dvi medžiagos yra priskiriamos tik 2-am atsparumo pjovimui lygiui. Jų jungiamuosiuose (2) sluoksniuose yra HPPE siūlas susuktas kartu su PBT siūlu, o apatiniuose (3) PES Coolplus siūlas (M16) arba HPPE siūlas susuktas su polibutileno teraftalatu (PBT) (M17). Tai nulėmė šių medžiagų mažiausio atsparumo pjovimui lygį. Tuo tarpu naudojant PES Coolplus jungiamuosiuose (2) ir apatiniuose (3) sluoksniuose, priskiriamas 3-iasis atsparumo pjovimui lygis.

M16 ir M17 medžiagose, jungiamieji (2) ir apatiniai (3) sluoksniai iš pažiūros turi tvirtesnius siūlus nei PES Coolplus siūlai, bet eksperimentinio tyrimo metu gauti rezultatai parodo, kad jos neatitinka 3-io atsparumo pjovimui lygio.

Apibendrinant 3-ią atsparumo pjovimui lygį atitinkančias medžiagas galima pasakyti, kad šio lygio medžiagos yra plonesnės už 5-to atsparumo pjovimui lygio medžiagas, o paviršinis tankis didesnis nei 5-to ir 4-to atsparumo pjovimui lygių medžiagų. Atsižvelgiant į siūlų ilginį tankį atskiruose sluoksniuose matoma, kad viršutiniuose (1) sluoksniuose jis yra didesnis už daugumą 5-to ir 4-to atsparumo pjovimui lygių medžiagų. Jungiamuosiuose (2) sluoksniuose siūlų ilginis tankis yra mažesnis arba lygus 5-to ir 4-to lygių medžiagoms. Apatinių (3) sluoksnių ilginis tankis 3-io, 4-to ir 5-to atsparumo pjovimui lygių medžiagose yra vienodas – 20 tex.

Žemiausią, šiuo atveju 2-ą, atsparumo pjovimui lygį atitiko keturios medžiagos: M9, M10, M16 ir M17 (3.5 lentelė). Vienodos sudėtinės dalies, kuri vyrauja visose 4-iose medžiagose atitinkamame sluoksnyje – nėra. Nepaisant to, kad šį atsparumo pjovimui lygį atitikusių medžiagų sudėtyje yra ir HPPE, ir Kevlaro siūlų, kurie turėtų daryti medžiagą atsparesnę pjūviams, tačiau taip nėra. M9 ir M10 medžiagose kiekviename sluoksnyje siūlai nėra komponuojami su kitais siūlais, o tai jas padaro ne tokias atsparias pjūviams. Ir nors M16 ir M17 medžiagos derinamos su kitais siūlais, tačiau akivaizdu, kad polibutileno teraftalatas (PBT) nėra tinkamas tokių medžiagų gamybai.

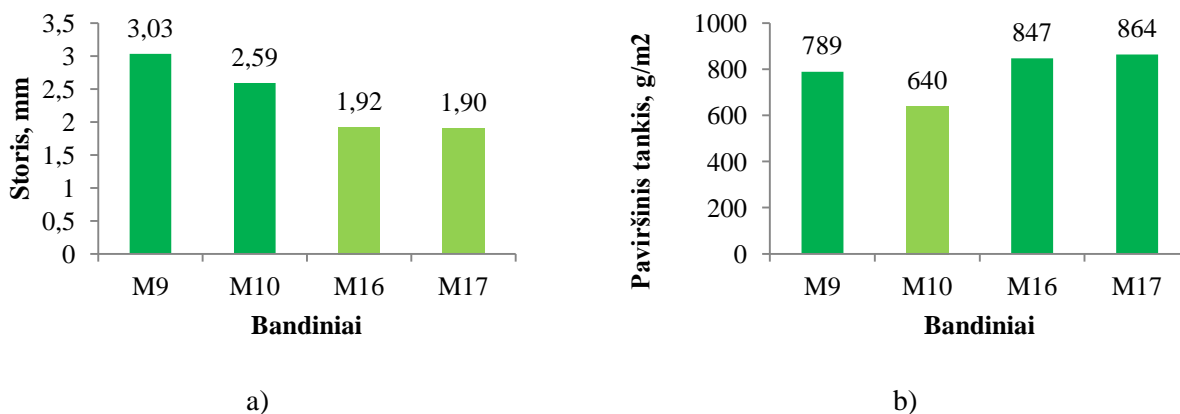
3.5 lentelė. Trisluoksnės megztos medžiagos (2 atsparumo pjovimui lygis)

Medžiagos žymėjimas	M9	M10	M16	M17
Viršutinis sluoksnis	HPPE + CF	Kevlaras	2xHPPE + plieninė vielutė	
Jungiamasis sluoksnis	Kevlaras	HPPE	HPPE + PBT	
Apatinis sluoksnis	PES Coolplus			HPPE + PBT

2-ame prapjovimo lygyje M16 ir M17 medžiagos yra ploniausios (3.4 pav. a), o storiausia – M9 medžiaga, ir tai beveik 45 % daugiau nei 5-to atsparumo pjovimui lygio storiausia medžiaga, tačiau kategoriškai teigti, kad storis turi lemiamos įtakos medžiagų atsparumo pjovimui lygiui negalima, nes tik dvi medžiagos (M9 ir M10) yra storesnės, o kitų dviejų (M16 ir M17) storiai patenka į 5-to atsparumo pjovimui lygio medžiagų storio intervalą.

Iš 2-ą atsparumo pjovimui lygį atitinkančių medžiagų mažiausias paviršinis tankis (3.4 pav. b) yra M10 medžiagos, o didžiausias M17. Apibendrintai galima pastebėti, kad 2-o atsparumo pjovimui lygio medžiagų paviršinis tankis yra didžiausias už visų kitų pjovimo lygių medžiagas.

2-o lygio medžiagų siūlų ilginiai tankiai (2.1 lent.) yra 56 % didesni nei 5-to lygio medžiagų. Jų viršutiniuose (1) sluoksniuose siūlų ilginis tankis visur yra daugiau negu dvigubai didesnis nei jungiamuosiuose (2) ar apatiniuose (3) sluoksniuose. Viršutiniuose (1) sluoksniuose mažiausiu ilginiu tankiu pasižymi M9 medžiaga, o kituose dviejuose sluoksniuose ilginis tankis labai panašus.



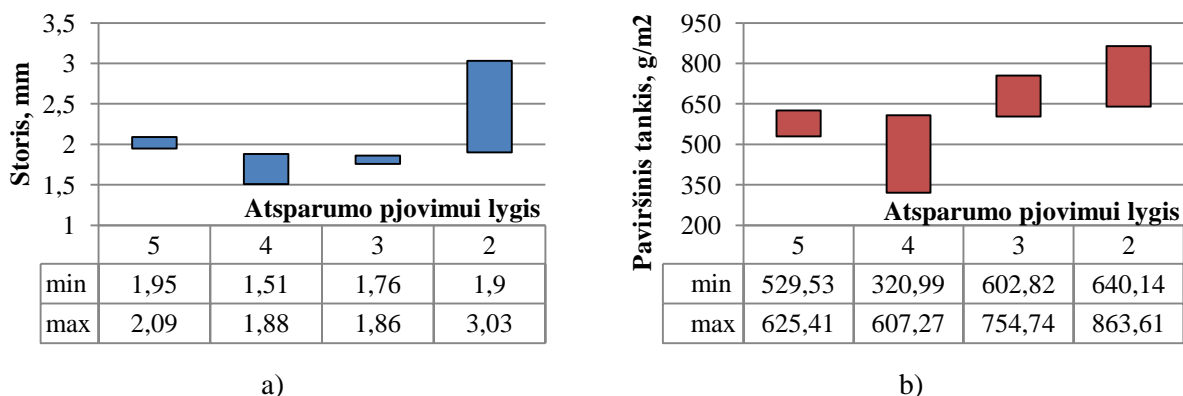
3.4 pav. 2-ą atsparumo pjovimui lygį atitinkančių medžiagų: a) storiai; b) paviršiniai tankiai

2-ą atsparumo pjovimui lygį atitinkančios medžiagos yra storiausios lyginant su kitų prapjovimo lygių medžiagomis (3.5 pav. a). Storis siekia net iki 3,03 mm, nors ploniausia yra 1,90 mm storio medžiaga ir beveik patektų į 5-to atsparumo pjovimui lygio medžiagų storį, kuris yra 1,95 – 2,09 mm ribose. Taigi galima manyti, kad didesnis nei 2,09 mm storis kartu su kitomis sandaros charakteristikomis gali sumažinti atsparumo pjovimui lygį. Storis išlieka svarbus kalbant apie patogumą dėvint pjūviams atsparius gaminius, kaip kad pirštines.

2-ojo atsparumo pjovimui lygio medžiagos pasižymi itin dideliu paviršiniu tankiu, net iki 863,61 g/m², tuo tarpu kai 5-to ir 4-to atsparumo pjovimui lygių medžiagų didžiausi paviršiniai tankiai nesiekia 2-ojo atsparumo pjovimui lygio mažiausio paviršinio tankio (3.5 pav. b). Taigi

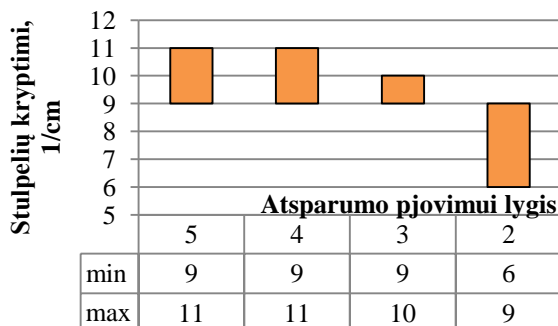
galima teigti, kad paviršinio tankio įtaka medžiagų atsparumo pjovimui nustatymui yra svarbesnė nei storio.

Nustatyta, kad koreliacinis ryšys tarp atsparumo pjovimui lygių ir medžiagų storio labai silpnas ($r=-0,36$), tačiau kuo mažesnis tirtų medžiagų paviršinis tankis, tuo geresnis atsparumo pjovimui lygis ($r=-0,62$).



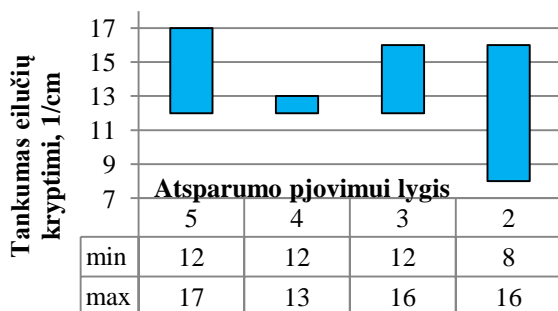
3.5 pav. Visų tirtų medžiagų atskirų atsparumo pjovimui lygių: a) storio; b) paviršinio tankio minimalių - maksimalių verčių intervalų palyginimas

Analizuojant skirtingų atsparumo pjovimui lygių medžiagų tankumą (3.6 pav.), matyti, kad 2-o atsparumo pjovimui lygio kilpų skaičius kinta nuo 6 iki 9 (1/cm), tuo tarpu kai kituose atsparumo pjovimui lygiuose tankumas ≥ 9 (1/cm). Paanalizavus koreliacinį ryšį tarp atsparumo pjovimui lygių ir tankumo, gauta tendencija, jog kuo didesnis kilpų skaičius stulpelių kryptimi, tuo geresnis ir atsparumo pjovimui lygis ($r=0,59$).



3.6 pav. Visų darbe sukurtų trisluoksnių medžiagų atsparumo pjovimui lygių ir tankumo stulpelių kryptimi minimalių - maksimalių verčių intervalų palyginimas

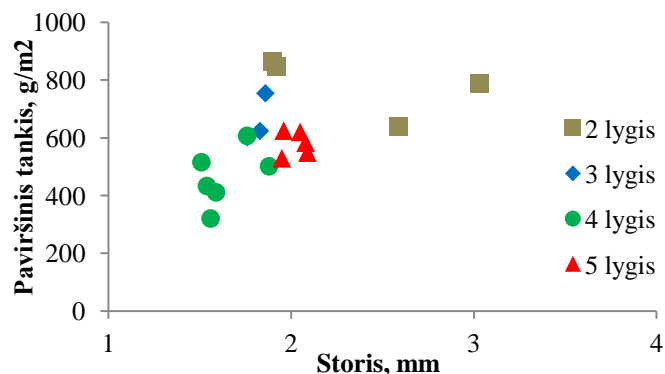
Medžiagų tankumas eilučių kryptimi (3.7 pav.) išsiskiria tuo, kad 2-ame atsparumo pjovimui lygyje viename centimetre yra nuo 8 iki 16 kilpų, o kituose lygiuose visais atvejais ≥ 12 (1/cm). 5-ame atsparumo pjovimui lygyje siekia net iki 17 kilpų (1/cm). Taigi nustatyta, kad koreliacinio ryšio nėra, tačiau tendencija, kad kuo mažesnis tankumas, tuo mažesnis atsparumo pjovimui lygis, išlieka.



3.7 pav. Visų darbe sukurtų trisluoksnių medžiagų atsparumo pjovimui lygių ir tankumo eilučių kryptimi minimalių - maksimalių verčių intervalų palyginimas

Analizuojant koreliacinį ryšį tarp sukurtų medžiagų paviršinio tankio ir tankumo, pastebima tendencija, jog kuo mažesnis tankumas stulpelių kryptimi, tuo didesnis paviršinis tankis ($r=-0,50$), tuo tarpu tankumo eilučių kryptimi ryšys su paviršiniu tankiu nenustatytas.

Palyginus visų medžiagų storį ir paviršinį tankį su atsparumo pjovimui lygiu matyti (3.8 pav.), kad 4-to atsparumo pjovimui lygio medžiagos pasižymi mažiausiu storium ir paviršiniu tankiu, tuo tarpu 2-o atsparumo pjovimui – storiiausios ir vienos sunkiausių.



3.8 pav. Visų atsparumo pjovimui lygių medžiagų storio ir paviršinio tankio palyginimas

Taigi, apžvelgus visus atsparumo pjovimui lygius, jiems atitinkamas medžiagas bei jų sudėtį ir charakteristikas, galima nusakyti, kas yra tinkamiausia naudoti pjūviams atsparios trisluoksnės megztinės medžiagos gamybai.

Pagal turimus atsparumo pjovimui rezultatus nustatyta, kad 5-tą atsparumo pjovimui lygį atitinkanti M7 medžiaga iš 5-to lygio medžiagų yra ploniausia, lengviausia bei nedidelio siūlų ilginio tankio, taigi puikiai tinkama pjūviams atsparios trisluoksnės megztinės medžiagos gamybai. Minusai tik tame, kad M7 medžiagos apatiniame (3) sluoksnyje yra Kevlaro siūlai, kurie gali dirginti odos paviršių. O norint, kad medžiaga atitiktų aukščiausią atsparumo pjovimui lygį bei būtų maloni dėvėti esant sąlyčiui su oda, siūloma rinktis medžiagų sudėtį, kaip kad turi M1 ar M2 medžiagos. Jos taip pat atitinka 5-tą atsparumo pjovimui lygį ir tarpusavyje skiriasi tik jungiamuosiuose (2) sluoksniuose. Viršutiniuose (1) sluoksniuose Kevlaro siūlas susuktas kartu su HPPE siūlu, jungiamuosiuose (2) sluoksniuose HPPE arba Kevlaro siūlas susuktas su plienine vielute, o apatiniuose (3) – PES Coolplus siūlai. Nors rezultatų analizė parodė, kad geriau naudoti Kevlaro siūlą, kuris yra susuktas su kitu siūlu, bet ne su plienine vielute ar naudojamas vienas, nes plieninė vielutė turi savybę sumažinti atsparumą pjovimui.

Taigi, kuriant naują pjūviams atsparią trisluoksnę megztinę medžiagą, galima būtų siūlyti naudoti tokias sluoksnių sudėtis: viršutiniame (1) sluoksnyje – Kevlaro siūlas (20 tex), jungiamajame (2) sluoksnyje – HPPE siūlas (20 tex) susuktas kartu su Kevlaro siūlu (20 tex), o apatiniame (3) sluoksnyje – PES Coolplus siūlas (20 tex). Gaminant naują pjūviams atsparią trisluoksnę megztinę medžiagą, rekomenduojama, kad medžiaga būtų kuo plonesnė – taip ji mažiau varžys judesius ir bus patogesnė dėvėti. Paviršinis tankis neturėtų viršyti 650 g/m^2 , kadangi kuo didesnis paviršinis tankis, tuo gautas mažesnis atsparumas pjovimui. Būtina atkreipti dėmesį ir į tankumą, nes kuo didesnis kilpų skaičius stulpelių kryptimi, tuo medžiaga atsparesnė pjūviams. Suminis siūlų ilginis tankis medžiagų atsparumo pjovimui didelės įtakos neturi, bet svarbu kaip siūlų ilginis tankis yra išsidėstęs atskiruose medžiagos sluoksniuose. Nors viršutiniame (1) sluoksnyje užtenka 20 tex, tačiau būtų geriau jei būtų bent 40 tex, o kituose sluoksniuose atitinkamai mažėtų, taigi galimas dar vienas naujos megztinės medžiagos sudėties siūlomas variantas: viršutiniame (1) sluoksnyje – HPPE siūlas (20 tex) susuktas kartu su Kevlaro siūlu (20 tex), jungiamajame (2) sluoksnyje – Kevlaro siūlas (20 tex), o apatiniame (3) sluoksnyje – PES Coolplus siūlas (20 tex).

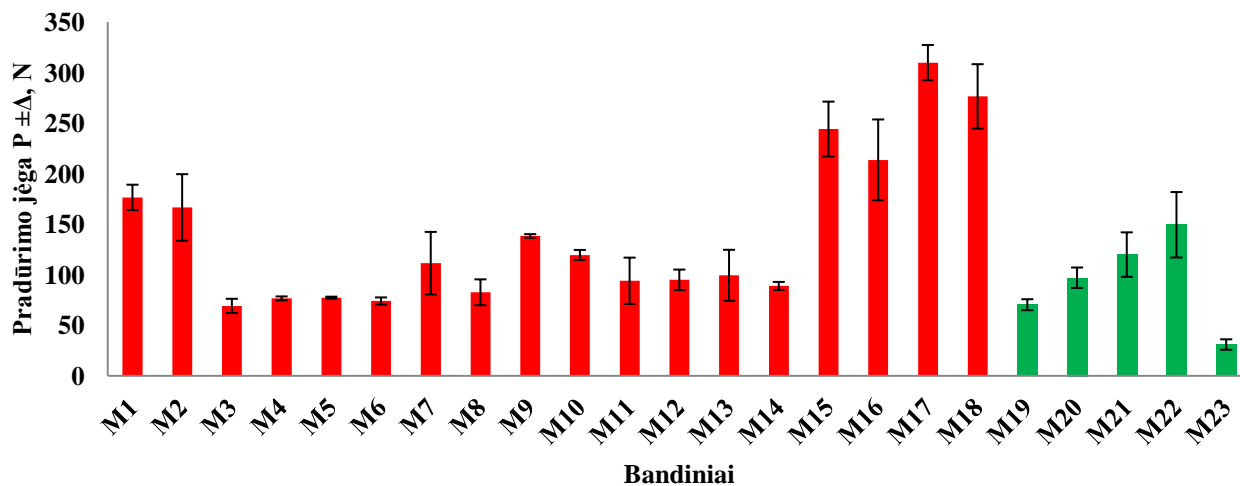
Vadovaujantis paminėtais kriterijais tikimasi, kad sukurta nauja pjūviams atspari 3D megztinė medžiaga bus atspari, o atliekant eksperimentinius tyrimus atitiks aukščiausią – 5-tą atsparumo pjovimui lygį.

3.2. Megztinių medžiagų atsparumo pradūrimui tyrimas

Megztinių medžiagų atsparumo pradūrimui tyrimo rezultatai pateikiami 3.6 lentelėje, o tirtų medžiagų pradūrimo jėgos bei ištįsų vertės su paklaidų ribomis pateikiamos 3.9 – 3.10 paveiksluose.

3.6 lentelė. Atsparumo pradūrimui tyrimo rezultatai

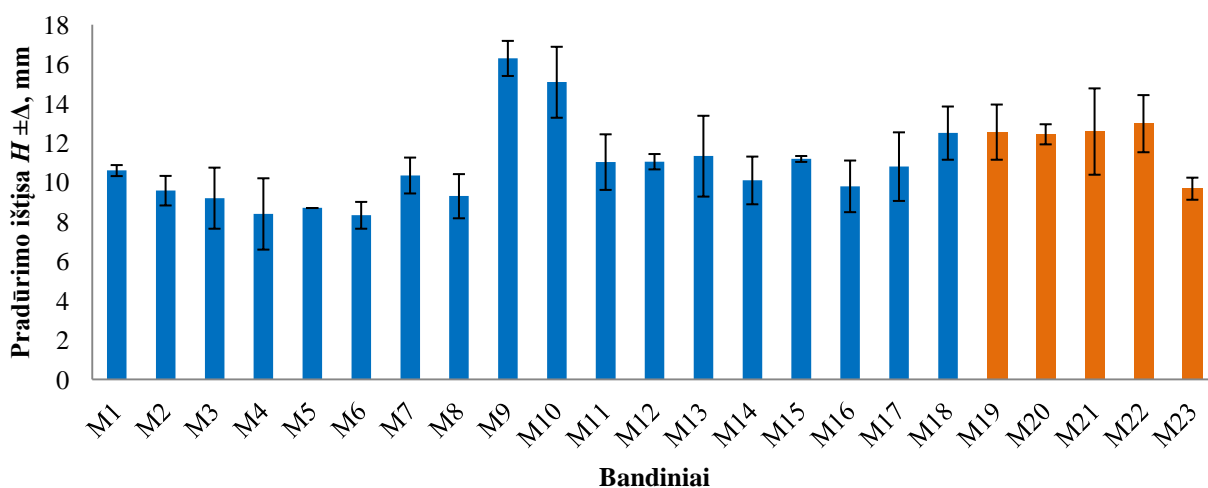
Medžiagos žymėjimas	Pradūrimo jėga $P \pm \Delta$, N	v , %	Pradūrimo ištįsa $H \pm \Delta$, mm	v , %
M1	176,40±12,54	2,86	10,60±0,28	1,08
M2	166,40±32,97	7,96	9,58±0,75	3,17
M3	69,03±7,03	4,10	9,20±1,55	6,79
M4	76,48±1,93	0,30	8,40±1,81	2,53
M5	77,20±0,97	0,15	8,70±0,0	0,00
M6	73,90±3,53	1,92	8,33±0,68	3,28
M7	111,30±30,94	3,26	10,35±0,91	1,03
M8	82,50±12,80	6,24	9,30±1,12	4,84
M9	138,20±1,81	0,15	16,29±0,89	2,21
M10	119,40±5,00	1,69	15,08±1,80	4,80
M11	93,90±22,9	9,8	11,03±1,41	5,14
M12	94,80±10,17	4,32	11,05±0,39	1,41
M13	99,30±25,24	10,24	11,33±2,05	7,28
M14	88,80±3,97	1,80	10,10±1,21	4,83
M15	244,0±27,17	1,30	11,19±0,15	0,16
M16	213,50±40,01	7,54	9,80±1,31	5,40
M17	309,70±17,45	2,26	10,80±1,74	6,48
M18	276,30±31,88	4,65	12,50±1,35	4,35
M19	70,20±5,43	0,14	12,55±1,40	4,49
M20	96,90±10,11	4,20	12,44±0,51	1,65
M21	119,80±22,00	7,39	12,58±2,19	7,00
M22	149,30±32,38	8,73	12,98±1,45	4,49
M23	30,80±5,17	6,76	9,68±0,56	2,33



3.9 pav. Tirtų medžiagų pradūrimo jėgų vertės su paklaidų ribomis

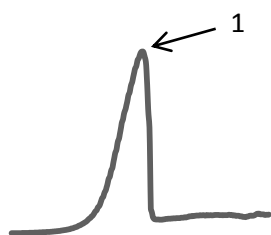
3.9 paveiksle matyti, kad šešios (M1, M2, M15, M16, M17, M18) sukurtos pjūviams atsparios trisluoksnišės megztinės medžiagos pasižymi didžiausiomis pradūrimo jėgomis. Likusių pjūviams atsparių trisluoksnių megztinių medžiagų pradūrimo vertės yra panašios į vienasluoksnių medžiagų pradūrimo vertes.

3.10 paveiksle pateiktos visų tirtų medžiagų pradūrimo ištisos. Didžiausia pradūrimo ištisa pasižymi M9 ir M10 medžiagos, o kitų medžiagų pradūrimo ištisos yra panašios ir daugumos jų vertės kinta paklaidų ribose. Atkreipiant dėmesį į gautas vertes, bet neatsižvelgiant į jų paklaidas, pastebima ir tai, kad M1 – M8 ir M14 bei M16 trisluoksnių megztinių medžiagų ištisos yra mažesnės nei vienasluoksnių, kas rodo, kad trisluoksnišės medžiagos nėra linkusios itin ištįsti pradūrimo metu.



3.10 pav. Tirtų medžiagų pradūrimo ištisų vertės su paklaidų ribomis

Atlikta pradūrimo būdingųjų kreivių analizė parodė, kad visas kreives galima suskirstyti į tris grupes, atitinkamai su vienu, dviem ir trimis pikais.



3.11 pav. Būdingoji pradūrimo tyrimo kreivė, turinti vieną piką

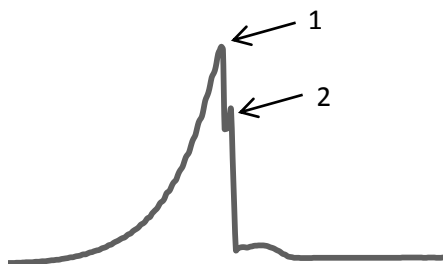
M13 medžiagų jungiamuosiuose (2) sluoksniuose yra Kevlaro siūlai, o M15 ir M18 – PES Coolplus siūlai. Visose šiai grupei priskiriamų medžiagų apatiniuose (3) sluoksniuose yra tik PES Coolplus siūlai.

2 grupė.

Antrai grupei priskiriamos: M1, M2, M3, M11, M12, M14, M21 ir M22 medžiagos. M11 medžiagos itin ryškūs pikai, tačiau grupuojant visas medžiagas, šios medžiagos būdingoji kreivė visgi priskiriama kaip 2 pikus turinti. Pastebima, kad sukurtųjų medžiagų viršutinių (1) sluoksnių sudėtyje vyrauja Kevlaro siūlas (su HPPE arba vielute), kuris galimai susijęs su maksimalia pradūrimo verte – pirmuoju piku. M2, M3, M11 ir M12 medžiagų jungiamuosiuose (2) sluoksniuose taip pat yra Kevlaro, kas galimai įtakoja antrojo piko atsiradimą – kai adata

1 grupė.

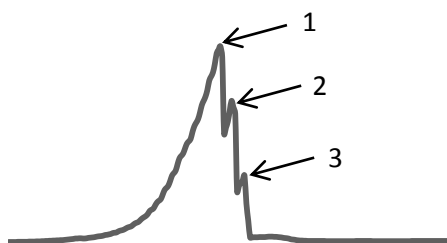
Pirmai grupei atstovaujanti būdingoji kreivė turi vieną maksimalią vertę (3.11 pav.). Šiai grupei priskiriamos M9, M10, M13, M15, M18, M19, M20 ir M23 medžiagos. Pradūrimo kreivės jėgos vertės tolygiai didėja iki maksimalios pradūrimo jėgos ir tolygiai mažėja. Šios kreivės savo forma labai panašios į vienasluoksnių tirtų M19, M20 ir M23 medžiagų pradūrimo kreives. Kalbant apie šiame darbe sukurtas medžiagas, matyti, kad 1 piką turinčių medžiagų viršutiniuose (1) sluoksniuose dažniausiai yra Kevlaro ir HPPE siūlų. M9 ir



3.12 pav. Būdingoji pradūrimo tyrimo kreivė, turinti du pikus

3 grupė.

Trečiai grupei priskiriamos: M4, M5, M6, M7, M8, M16 ir M17 medžiagos. Kadangi



3.13 pav. Būdingoji pradūrimo tyrimo kreivė, turinti tris pikus

HPPE siūlai, o būdingoji kreivė gauta su trim pikais. Taigi, galima manyti, kad dažniausiai piko atsiradimą įtakoja sudėtyje esantys Kevlaro ir HPPE siūlai.

Apibendrinant visus tris pradūrimo kreivių tipus galima teigti, kad pradūrimo kreivės atskirų pikų atsiradimas susijęs su Kevlaro ir HPPE siūlais bei plieninės vielutės naudojimu atskiruose medžiagos sluoksniuose. Pastebima, kad jei stiprūs pluoštai yra paskirstyti visuose sluoksniuose, tai lemia būdingųjų kreivių pobūdį, nes pradūrimo metu atsiranda jėgų pasiskirstymas tarp sluoksnių.

Taip pat pastebima, kad didėjant pikų kiekiui, pradūrimo jėga ir pradūrimo ištįsa mažėja. Didžiausia pradūrimo jėga (99,3 N – 276,3 N) bei ištįsa (11,09 % – 16,28 %) yra esant vienam kreivės pikui, o trijų pikų atveju jėga (73,9 N – 111,3 N) ir ištįsa (8,33 % – 10,35 %) yra mažiausia.

Toliau nagrinėjamos medžiagos suskirstant jas pagal sluoksnių sudėtį, kad būtų galima iširti, kokią įtaką pradūrimo charakteristikoms turi kiekvieno sluoksnio pluoštinė sudėtis.

3.2.1. Viršutinio (1) sluoksnio įtaka pradūrimui

Šiame skyrelyje analizuojamos medžiagos, kuriose jungiamasis (2) ir apatinis (3) sluoksniai yra vienodi savo pluoštine sudėtimi, skiriasi tik viršutinio (1) sluoksnio sudėtis. Tokiu būdu bus tiriami, kokią įtaką pradūrimo charakteristikoms turi viršutinio (1) sluoksnio sandara.

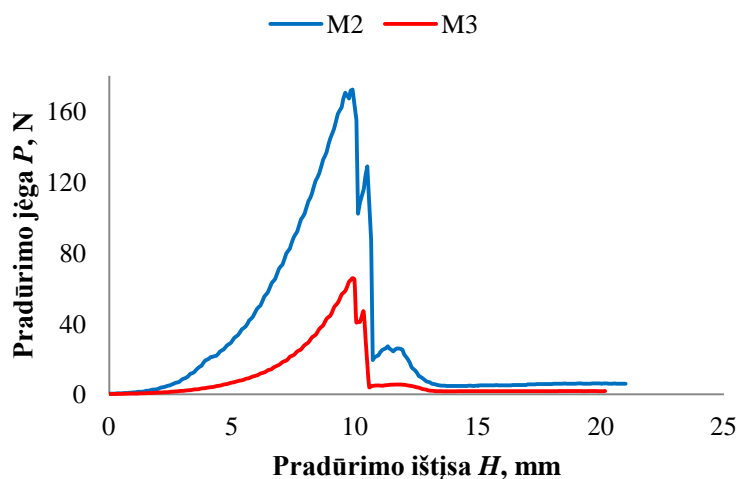
M2 ir M3 medžiagose (3.7 lent.) skiriasi tik viršutiniuose (1) sluoksniuose esančių siūlų sudėtis: abiejose medžiagose yra Kevlaro siūlai, skiriasi tai, jog M2 medžiagoje Kevlaro siūlas buvo susuktas su HPPE siūlu (aukštos molekulinės masės polietilenu), o M3 medžiagoje – Kevlaro siūlas buvo susuktas su plienine vielute. Žiūrint į medžiagų sandaros charakteristikas (2.1 lent.) matyti, kad M2 medžiaga yra ir storesnė (35,8 %), ir sunkesnė (paviršinis tankis yra 20,36 % didesnis).

pradurdama dar vieną sluoksnį platina kiaurymę (3.12 pav.). Tuo tarpu M1 medžiagos jungiamajame (2) sluoksnyje naudotas HPPE siūlas susuktas kartu su plienine vielute, o M11 ir M14 medžiagų viršutiniuose (1) sluoksniuose naudoti dvigubi Kevlaro siūlai, kurie susukti kartu su plienine vielute, kas taip pat gali būti susiję su antrojo piko atsiradimu. Taigi, galima manyti, kad su dviem pikais pradūrimo kreivėje yra susijęs Kevlaro siūlas bei plieninė vielutė, o PES Coolplus siūlas, kuris yra naudojamas daugumoje šios grupės medžiagų apatiniuose (3) sluoksniuose, pikų susidarymui įtakos neturi.

3.7 lentelė. Medžiagos su skirtingu viršutiniu (2) sluoksniu (M2 ir M3)

Medžiagos žymėjimas	M2	M3
Viršutinis sluoksnis	Kevlaras + HPPE	Kevlaras + plieninė vielutė
Jungiamasis sluoksnis	Kevlaras + plieninė vielutė	
Apatinis sluoksnis	PES Coolplus	
Pradūrimo jėga $P_{max} \pm \Delta$, N	166,40±32,97	69,03±7,03
Pradūrimo ištįsa $H_{max} \pm \Delta$, mm	9,58±0,75	9,20±1,55

M2 ir M3 medžiagų būdingosios pradūrimo jėgų ir ištįsų kreivės pavaizduotos 3.14 paveiksle.



Matoma, kad M2 medžiagos pradūrimui panaudota 141,05 % didesnė jėga nei M3 medžiagai, tuo tarpu ištįsa kinta paklaidų ribose. Galima manyti, kad adata lengviau pradūrė M3 medžiagą, nes jos sudėtyje yra naudojama plieninė vielutė, kuri adatos atžvilgiu yra pakankamai slidi.

Analizuojant viršutinio (1) sluoksnio įtaką pradūrimui, galima palyginti ir M4 bei M11 medžiagas (3.8 lent.), kuriose skiriasi tik viršutiniuose (1) sluoksniuose esančių siūlų sudėtis: abiejose medžiagose yra Kevlaro siūlai, tik

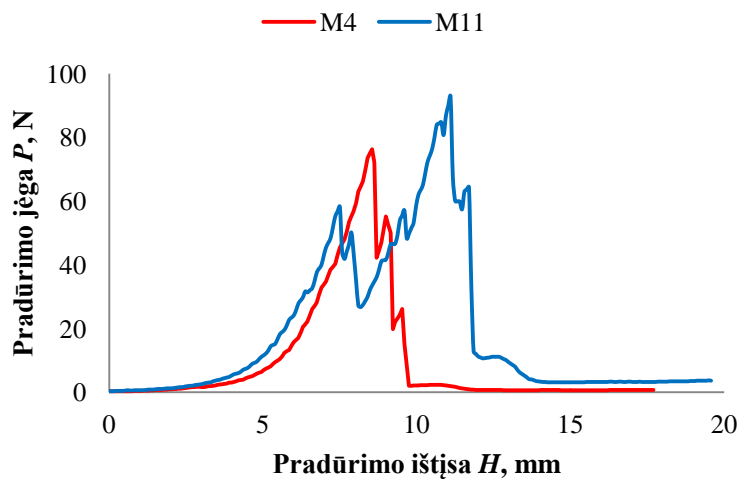
3.14 pav. M2 ir M3 medžiagų būdingosios pradūrimo kreivės

M11 medžiagoje – dvigubas Kevlaro siūlas susuktas kartu su plienine vielute. M4 medžiagos viršutinis (1) sluoksnis – 20 tex, M11 – 55,3 tex, o kiti sluoksniai vienodi. M11 medžiagoje kilpų skaičius eilučių kryptimi 8,03 % didesnis nei M4 medžiagoje, kurioje kilpų skaičius stulpelių kryptimi yra didesnis 10 %. M11 medžiaga storesnė (25,64 %) ir sunkesnė (paviršinis tankis yra 94,84 % didesnis).

3.8 lentelė. Medžiagos su skirtingu viršutiniu (1) sluoksniu (M4 ir M11)

Medžiagos žymėjimas	M4	M11
Viršutinis sluoksnis	Kevlaras	2xKevlaras + plieninė vielutė
Jungiamasis sluoksnis	Kevlaras	
Apatinis sluoksnis	Kevlaras	
Pradūrimo jėga $P_{max} \pm \Delta$, N	76,48±1,93	93,90±22,90
Pradūrimo ištįsa $H_{max} \pm \Delta$, mm	8,40±1,81	11,03±1,41

M4 ir M11 medžiagų pradūrimo jėgos ir ištįsos pavaizduotos 3.15 paveiksle, kur matyti, kad M11 medžiagos pradūrimui panaudota 22,78% didesnė jėga nei M4 medžiagoje, o ištįsa didesnė 31,31%. M11 medžiaga beveik dvigubai sunkesnė nei M4-oji, tačiau pradūrimo jėga kinta paklaidų



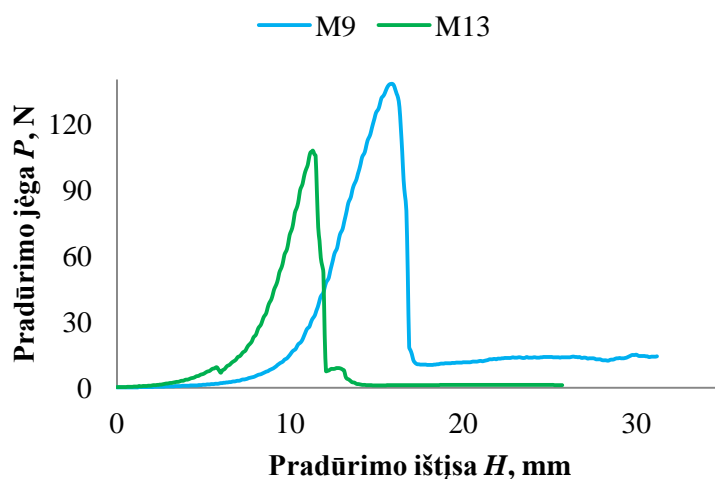
3.15 pav. M4 ir M11 medžiagų būdingosios pradūrimo kreivės pradūrimo charakteristikų atžvilgiu.

M9 ir M13 medžiagose jungiamieji (2) bei apatiniai (3) sluoksniai yra vienodi savo sudėtimi (3.9 lent.), skiriasi tik viršutiniai (1) sluoksniai. M9 medžiagos viršutinį (1) sluoksnį sudaro HPPE siūlas susuktas kartu su anglies pluošto siūlu, o M13 medžiagos – dvigubas Kevlaro siūlas susuktas kartu su plienine vielute.

3.9 lentelė. Medžiagos su skirtingu viršutiniu (1) sluoksniu (M9 ir M13)

Medžiagos žymėjimas	M9	M13
Viršutinis sluoksnis	HPPE + CF	2xKevlaras + plieninė vielutė
Jungiamasis sluoksnis	Kevlaras	
Apatinis sluoksnis	PES Coolplus	
Pradūrimo jėga $P_{max} \pm \Delta$, N	138,20±1,81	99,30±25,24
Pradūrimo ištįsa $H_{max} \pm \Delta$, mm	16,29±0,89	11,33±2,05

Žiūrint į medžiagų sandaros charakteristikas (2.1 lent.) matyti, kad M9 medžiagos viršutinio (1) sluoksnio ilginis tankis yra 23,6 tex, o M13 medžiagos – 55,3 tex. M9 medžiaga yra sunkesnė už M13 medžiagą 29,9 %.



3.16 pav. M9 ir M13 medžiagų būdingosios pradūrimo kreivės

jungiamuosiuose (2) ir apatiniuose (3) sluoksniuose (3.10 lent.), skiriasi viršutiniuose (1) sluoksniuose esančių siūlų sudėtis: M14 medžiagoje dvigubas Kevlaro siūlas susuktas kartu su plienine vielute, o M15 medžiagoje – dvigubas HPPE siūlas susuktas kartu su plienine vielute.

ribose, todėl teigti, jog naudojant dvigubą Kevlaro siūlą, susuktą kartu su plienine vielute, buvo gauta didesnė pradūrimo jėga, negalima. Juo labiau, kad gautas pirmas pikas, netgi prie mažesnės ištįsos nei M4 medžiagoje, kas rodo, jog medžiaga nėra pakankamai atspari pradūrimui. Nors šių medžiagų pradūrimo jėgos kinta paklaidų ribose, tuo tarpu ištįsos – ne, taigi nors ir M11 medžiagoje gauta didesnė ištįsa, tačiau dėl pirmojo piko, kas rodo, jog medžiaga jau pažeista, tai nėra geriausias sandaros sprendimas

Šių medžiagų pradūrimo jėgos ir ištįsos pavaizduotos 3.16 paveiksle, kur matyti, kad M9 medžiagos pradūrimui panaudota 39,17 % didesnė jėga nei M13 medžiagai, o M9 medžiagos ištįsa didesnė 43,78 % nei M13-os medžiagos. Taigi, galima manyti, kad didesnę pradūrimo jėgą M9 medžiagoje lėmė viršutiniame (1) sluoksnyje esantis HPPE siūlas, susuktas kartu su anglies pluošto siūlu.

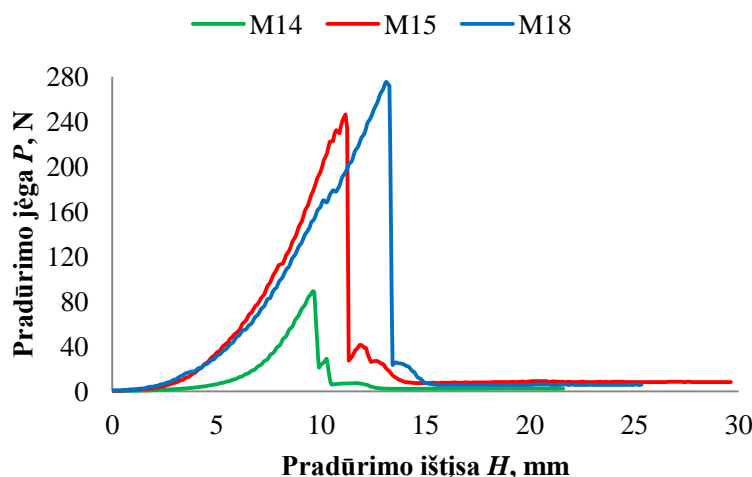
M14, M15 ir M18 medžiagų sudėtis vienoda

3.10 lentelė. Medžiagos su skirtingu viršutiniu (1) sluoksniu (M14, M15 ir M18)

Medžiagos žymėjimas	M14	M15	M18
Viršutinis sluoksnis	2xKevlaras + plieninė vielutė	2xHPPE + plieninė vielutė	2xHPPE
Jungiamasis sluoksnis	PES Coolplus		
Apatinis sluoksnis	PES Coolplus		
Pradūrimo jėga $P_{max} \pm \Delta$, N	88,80±3,97	244,0±27,17	276,30±31,88
Pradūrimo ištįsa $H_{max} \pm \Delta$, mm	10,10±1,21	11,19±0,15	12,50±1,35

M14 ir M15 medžiagų viršutiniai (1) sluoksniai yra 55,3 tex, o M18 – 40 tex. M14 ir M18 medžiagų kilpų skaičius stulpelių kryptimi yra vienodas ir 11,11 % didesnis nei M15 medžiagos, o kilpų skaičius eilučių kryptimi – visų medžiagų skirtingas. Daugiausia kilpų eilučių kryptimi turi M18 medžiaga: 33,33 % daugiau nei M14 ir 25 % daugiau nei M15. Storiausia iš visų trijų medžiagų yra M15 (1,86 mm), o ploniausia M14 medžiaga (1,76 mm). Paviršinis tankis taip pat didžiausias M15 medžiagoje (754,7 g/m²) ir yra 25,20 % didesnis nei M14 ir 20,92 % nei M18.

Medžiagų pradūrimo jėgos ir ištįsos pavaizduotos 3.17 paveiksle. Matyti, kad M14 medžiagos pradūrimui panaudota mažiausiai jėgos, daugiausia prireikė M18 medžiagai – skiriasi net 211,15 %. M18 medžiaga – tankiausia, jos ištįsa didžiausia: 11,71 % didesnė nei M15 ir 23,76 % didesnė nei M14.



3.17 pav. M14, M15 ir M18 medžiagų būdingosios pradūrimo kreivės

M14 medžiagoje naudotas Kevlaro siūlas medžiagai suteikė lankstumo, todėl ir pradurti jai reikėta mažesnės jėgos.

Atlikus šių medžiagų pradūrimo jėgų ir ištįsų palyginimą pastebėta, kad M15 ir M18 medžiagų pradūrimo jėgos kinta paklaidų ribose, o ištįsų verčių pasikliovimo intervalai tik šiek tiek persidengia. Akivaizdu, kad prasčiausiomis pradūrimo savybėmis iš analizuojamų pasižymi M14 medžiaga, kurios viršutiniame (1) sluoksnyje naudojamas dvigubas Kevlaro siūlas susuktas kartu su plienine vielute.

Šių medžiagų charakteristikų koreliacinis ryšys rodo, kad kuo didesnė ištįsa, tuo didesnė pradūrimo jėga ($r=0,92$). Kuo storesnė medžiaga, tuo didesnis paviršinis tankis ($r=0,81$), taip pat didesnė pradūrimo jėga ($r=0,90$) bei didesnė ištįsa ($r=0,64$). Taip pat nustatyta, jog kuo didesnis tankumas eilučių, t.y. skersine kryptimi, tuo didesnė pradūrimo jėga ($r=0,997$).

Šiame skyrelyje analizuotos medžiagos, kurių jungiamieji (2) ir apatiniai (3) sluoksniai vienodi, tik viršutiniai (1) skiriasi savo pluoštine sudėtimi. Taip atrinktos medžiagos suskirstytos į mažesnes grupes pagal konkrečias sudėtis. Pastebėta, kad daugumoje medžiagų, nepaisant to, kad jų sudėtis tam tikrose grupelėse skiriasi viename iš sluoksnių, gautos pradūrimo ištįsos reikšmės yra panašios, tuo tarpu pradūrimo jėgos skiriasi.

Iš aptartų medžiagų grupelių didžiausiomis pradūrimo jėgomis pasižymi M15 ir M18 medžiagos, tačiau jų ištisos nėra didžiausios, todėl būtų galima išskirti M9 medžiagą, kurios didžiausia ištisa ir vidutinė pradūrimo jėga, lyginant su kitomis šiame skyriuje lygintomis medžiagomis. Pastaroji jungiamajame (2) sluoksnyje turi Kevlaro, ko neturi M15 ir M18 medžiagos. Didžiausios pradūrimo jėgos reikia norint pradurti M18 medžiagą, kurios viršutiniame (1) sluoksnyje yra susuktas dvigubas HPPE siūlas, o M15 medžiagos pradūrimo jėgą sumažino viršutiniame (1) sluoksnyje esanti susukta kartu plieninė vielutė. Taigi, šioje grupėje M18 medžiaga labiausiai tinkama naudoti apsauginiams gaminiams atsižvelgiant į sandaros rodiklius ir į gautus medžiagos pradūrimo charakteristikų duomenis, juo labiau, kad jos pradūrimo vertė apskritai viena iš didžiausių (3.9 pav.). Taip pat preliminariai galima manyti, jog viršutiniame (1) sluoksnyje geriausia naudoti susuktą dvigubą HPPE siūlą.

3.2.2. Jungiamojo (2) sluoksnio įtaka pradūrimui

Šiame skyrelyje analizuojamose medžiagose viršutiniai (1) ir apatiniai (3) sluoksniai yra vienodi savo pluoštine sudėtimi, tačiau skiriasi jungiamieji (2) sluoksniai.

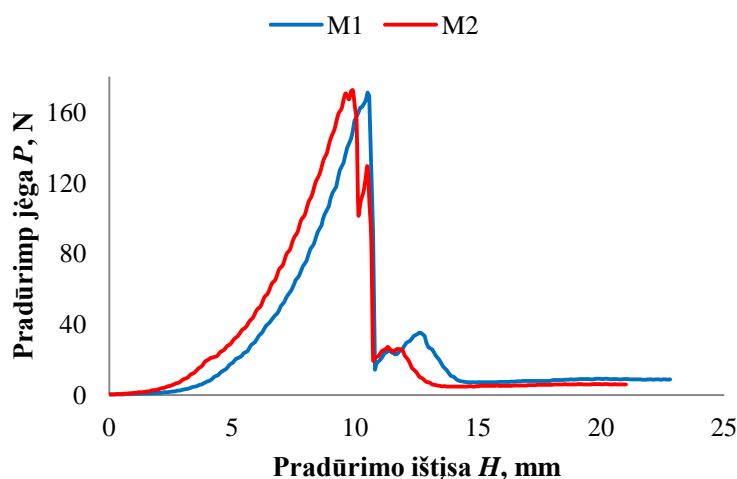
M1 ir M2 medžiagose (3.11 lent.) skiriasi tik jungiamuosiuose (2) sluoksniuose esančio siūlo sudėtis: abiejose medžiagose yra plieninė vielutė, skiriasi tik tai, jog M1 medžiagoje ji susukta kartu su HPPE siūlu, o M2 medžiagoje su Kevlaro siūlu. Žiūrint į medžiagų sandaros charakteristikas (2.1 lent.) matyti, kad M1 ir M2 medžiagose yra vienodas visų sluoksnių siūlų ilginis tankis, nepriklausomai nuo to, kad jungiamieji (2) sluoksniai skiriasi savo sudėtimi.

Abiejų medžiagų kilpų skaičius stulpelių ir eilučių kryptimi yra vienodas. Storis taip pat vienodas, todėl ir jų svoris M2 yra beveik vienodas, kurio skirtumą galima įtakojų HPPE ir Kevlaro siūlai.

3.11 lentelė. Medžiagos su skirtingu jungiamuoju (2) sluoksniu (M1 ir M2)

Medžiagos žymėjimas	M1	M2
Viršutinis sluoksnis	Kevlaras + HPPE	
Jungiamasis sluoksnis	HPPE+ plieninė vielutė	Kevlaras + plieninė vielutė
Apatinis sluoksnis	PES Coolplus	
Pradūrimo jėga $P_{max} \pm \Delta$, N	176,40±12,54	166,40±32,97
Pradūrimo ištisa $H_{max} \pm \Delta$, mm	10,60±0,28	9,58±0,75

M1 ir M2 medžiagų pradūrimo jėgos ir ištisos pavaizduotos 3.18 paveiksle. Pradūrimo metu gautos būdingosios kreivės beveik vienodos ir nesvarbu, kad jungiamuosiuose (2) sluoksniuose vienu atveju yra susuktas HPPE siūlas su plienine vielute ar Kevlaro siūlas su plienine vielute, bet



3.18 pav. M1 ir M2 medžiagų būdingosios pradūrimo kreivės

gautai pradūrimo jėgai tai reikšmingos įtakos neturi (jėga kinta paklaidų ribose), jeigu kiti sandaros rodikliai (tankumas, ilginis tankis, storis) yra vienodi. Kadangi lengvesnė medžiaga yra tinkamesnė gaminiams, todėl HPPE siūlas susuktas kartu su plienine vielute jungiamajame (2) sluoksnyje yra geresnis pasirinkimas nei Kevlaro siūlas susuktas kartu su plienine vielute.

M1 medžiagos pradūrimo ištisa yra 10,65 % didesnė už M2 medžiagos, taigi ir pagal šį rodiklį M1 medžiaga geriau tinkama

naudoti apsauginiuose gaminiuose nei M2-oji.

M4 – M8 medžiagose (3.12 lent.) skiriasi tik jungiamuosiuose (2) sluoksniuose esantys siūlai, o viršutiniuose (1) ir apatiniuose (3) sluoksniuose yra Kevlaro siūlas. M4 medžiagos visuose sluoksniuose yra Kevlaro siūlai, M5, M7 ir M8 medžiagose yra Kevlaro siūlai, M5 ir M6 – Kevlaro siūlas susuktas kartu su plienine vielute, M6 ir M7 medžiagose – HPPE siūlas, o M8 medžiagoje yra ir bazalto siūlas.

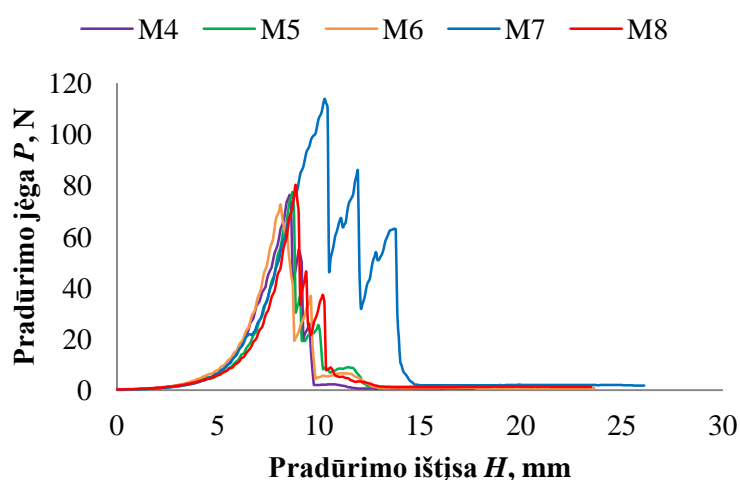
3.12 lentelė. Medžiagos su skirtingu jungiamuoju (2) sluoksniu (M4 – M8)

Medžiagos žymėjimas	M4	M5	M6	M7	M8
Viršutinis sluoksnis	Kevlaras				
Jungiamasis sluoksnis	Kevlaras	Kevlaras + plieninė vielutė	HPPE + plieninė vielutė	HPPE + Kevlaras	Bazaltas + Kevlaras
Apatinis sluoksnis	Kevlaras				
Pradūrimo jėga $P_{max} \pm \Delta$, N	76,48±1,93	77,20±0,97	73,90±3,53	111,30±30,94	82,50±12,80
Pradūrimo ištįsa $H_{max} \pm \Delta$, mm	8,40±1,81	8,70±0,0	8,33±0,68	10,35±0,91	9,30±1,12

Žiūrint į medžiagų sandaros charakteristikas matyti (2.1 lent.), kad M5 – M8 medžiagų jungiamųjų (2) sluoksnių ilginis tankis yra panašus, o M4 medžiagos mažiausias – 20 tex.

Šiose medžiagose kilpų skaičius stulpelių kryptimi taip pat yra labai panašus (10-11), o eilučių kryptimi – vienodas (12), taigi galime teigti, kad tankumas vienodas. Storiausia iš analizuojamų medžiagų yra M8 medžiaga (2,09 mm). Sunkiausia – M8 medžiaga (paviršinis tankis 549,28 g/m²), lengviausia – M4 medžiaga (320,99 g/m²).

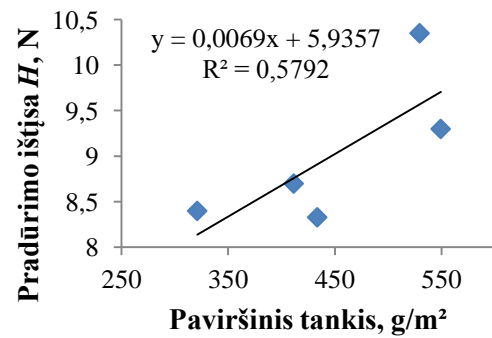
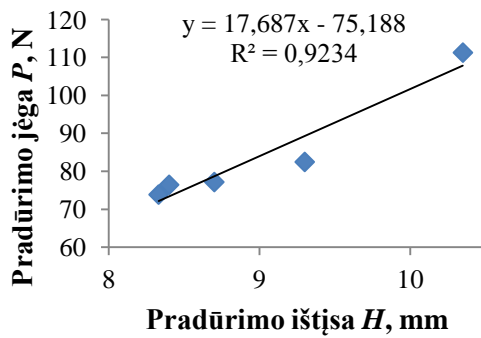
Nagrinėjamų medžiagų pradūrimo jėgos ir ištįsos pavaizduotos 3.19 paveiksle.



3.19 pav. M4 – M8 medžiagų būdingosios pradūrimo kreivės

Kevlaro siūlu. Tuo tarpu naudojant HPPE siūlą susuktą kartu su Kevlaro siūlu (M7), gaunamas ryškesnis pradūrimo jėgos, bet ne pradūrimo ištįsos skirtumas.

Šių medžiagų charakteristikų koreliacinis ryšys rodo (3.20 pav.), kad kuo didesnė ištįsa, tuo didesnė pradūrimo jėga ($r=0,96$). Nustatyta, kad kuo storesnė medžiaga, tuo didesnis ir paviršinis tankis ($r=0,88$), ir ištįsa ($r=0,79$) bei pradūrimo jėga ($r=0,61$). Pastebima ir tai, kad kuo didesnis paviršinis tankis, tuo didesnė pradūrimo jėga ($r=0,60$) bei ištįsa ($r=0,76$), nors ryšys ir nėra stiprus.



3.20 pav. M4 – M8 medžiagų pradūrimo ir sandaros charakteristikų koreliacijos

Remiantis šių penkių medžiagų gautais duomenimis galima teigti, kad viršutiniuose (1) ir apatiniuose (3) sluoksniuose esant Kevlaro siūlui, jungiamajame (2) sluoksnyje geriausia naudoti HPPE siūlą susuktą kartu su Kevlaro siūlu, nes taip gaunama didesnė pradūrimo jėga ir ištīša, tačiau skirtumas nėra žymus.

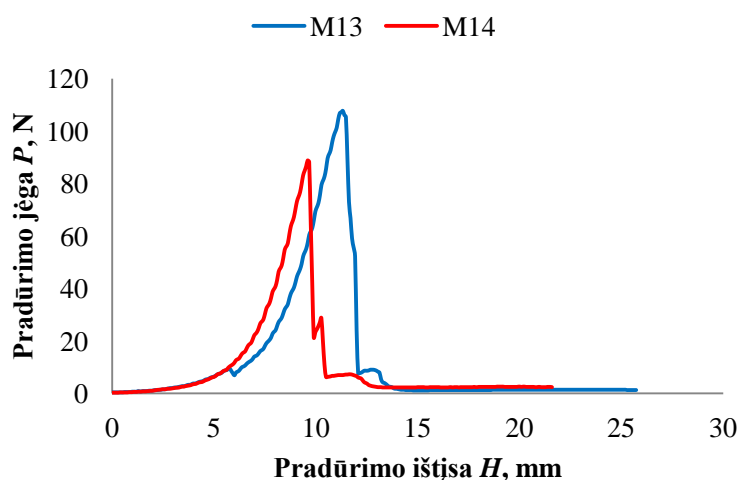
M13 ir M14 medžiagų sudėtis vienoda viršutiniuose (1) ir apatiniuose (3) sluoksniuose (3.13 lent.), skiriasi jungiamuosiuose (2) sluoksniuose esančių siūlų sudėtis. M13 medžiagos jungiamajame (2) sluoksnyje yra Kevlaro siūlas, o M14 medžiagos – PES Coolplus siūlas. Taigi išnagrinėjus šį atvejį matysime, kokią įtaką turi Kevlaro ir PES Coolplus siūlų naudojimas jungiamajame (2) sluoksnyje.

3.13 lentelė. Medžiagos su skirtingu jungiamuoju (2) sluoksniu (M13 ir M14)

Medžiagos žymėjimas	M13	M14
Viršutinis sluoksnis	2xKevlaras + plieninė vielutė	
Jungiamasis sluoksnis	Kevlaras	PES Coolplus
Apatinis sluoksnis	PES Coolplus	
Pradūrimo jėga $P_{max} \pm \Delta$, N	99,30±25,24	88,80±3,97
Pradūrimo ištīša $H_{max} \pm \Delta$, mm	11,33±2,05	10,10±1,21

Medžiagų sandaros charakteristikų lentelėje (2.1 lent.) matyti, kad abiejų medžiagų siūlų ilginis tankis sluoksniuose yra vienodas, kaip ir kilpų skaičius stulpelių ir eilučių kryptimis, stori ir paviršinis tankis.

M13 ir M14 medžiagų pradūrimo jėgos ir ištīšos pavaizduotos 3.21 paveiksle. Matyti, kad būdingosios pradūrimo kreivės panašios savo forma, panaši pradūrimo elgsena. M13 medžiagos pasikliautinis pradūrimo jėgos intervalas didelis, todėl M14 medžiagos pradūrimo jėgos vertės patenka į šį intervalą, tad teigti, kad medžiagos pasižymi skirtingomis savybėmis negalima – jos yra labai panašios. Tačiau galima pastebėti, kad Kevlaro siūlo panaudojimas M13 medžiagos jungiamajame (2) sluoksnyje suteikė medžiagai stiprumo, nes reikėjo didesnės pradūrimo jėgos ją pradurti nei kad M14 medžiagai, o ir pradūrimo ištīša



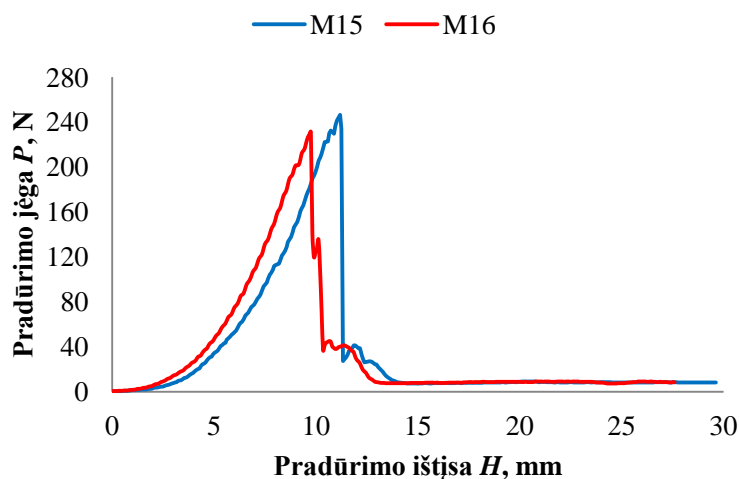
3.21 pav. M13 ir M14 medžiagų būdingosios pradūrimo kreivės gauta didesnė nei naudojant PES Coolplus siūlą.

M15 ir M16 medžiagų sudėtis vienoda viršutiniuose (1) ir apatiniuose (3) sluoksniuose, skiriasi tik jungiamųjų (2) sluoksnių sudėtis (3.14 lent.): M15 medžiagoje – PES Coolplus siūlas, o M16 medžiagoje HPPE siūlas susuktas kartu su polibutileno teraftalatu (PBT). Medžiagų tankumas bei storis beveik vienodi, tačiau M16 medžiaga yra 12,17 % sunkesnė.

3.14 lentelė. Medžiagos su skirtingu jungiamuoju (2) sluoksniu (M15 ir M16)

Medžiagos žymėjimas	M15	M16
Viršutinis sluoksnis	2xHPPE + plieninė vielutė	
Jungiamasis sluoksnis	PES Coolplus	HPPE + PBT
Apatinis sluoksnis	PES Coolplus	
Pradūrimo jėga $P_{max} \pm \Delta$, N	244,0±27,17	213,50±40,01
Pradūrimo ištįsa $H_{max} \pm \Delta$, mm	11,19±0,15	9,80±1,31

M15 ir M16 medžiagų pradūrimo jėgos ir ištįsos pavaizduotos 3.22 paveiksle, kur matyti, kad šių medžiagų elgsena panaši, nes būdingųjų kreivių pobūdis artimas viena kitai. M15 ir M16 medžiagų pradūrimo jėgos ir ištįsos rezultatai kinta paklaidų ribose, tad akivaizdu, kad jungiamojo (2) sluoksniu sudėtis naudojant PES Coolplus siūlą ar HPPE siūlą susuktą kartu su polibutileno teraftalato (PBT) siūlu, pradūrimo rodikliams žymios įtakos neturi.



3.22 pav. M15 ir M16 medžiagų būdingosios pradūrimo kreivės

medžiagos jungiamajame (2) sluoksnyje yra naudojamas PES Coolplus siūlas, o M16-os – HPPE siūlas susuktas su polibutileno teraftalato (PBT) siūlu. Mažiausios jėgos pradūrimui prirėkė M4 – M8 medžiagų grupei (iki 115 N), kur ne tik jungiamuosiuose (2), bet ir kituose sluoksniuose vyrauja Kevlaras, bet iš gautų duomenų siūlytina jungiamajame (2) sluoksnyje naudoti HPPE siūlą susuktą kartu su Kevlaro siūlu arba PES Coolplus siūlą, kuris ir naudotas didžiausia pradūrimo jėga pasižymėjusioje M15 medžiagoje. Ši medžiaga taip pat yra ploniausia, pasižymi gana dideliu paviršiniu tankiu, tad puikiai tinka neperpjaunamos medžiagos gamybai.

3.2.3. Apatinio (3) sluoksniu įtaka pradūrimui

Šiose medžiagose viršutiniai (1) ir jungiamieji (2) sluoksniuai yra vienodi savo sudėtimi, skiriasi tik apatiniai (3) sluoksniuai. Tai leis išanalizuoti, kokią įtaką medžiagų pradūrimo charakteristikoms turi apatinio (3) sluoksniu sandaros charakteristikos.

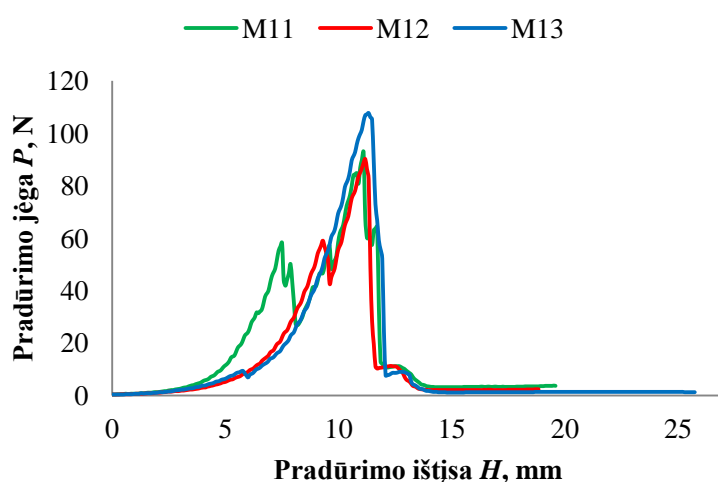
M11, M12 ir M13 medžiagų sudėtyje skiriasi tik apatiniai (3) sluoksniuai (3.15 lent.): M11 medžiagoje yra Kevlaro siūlas, M12 medžiagoje – medvilniniu siūlas, o M13 medžiagoje – PES Coolplus siūlas. Medžiagų sandaros charakteristikų lentelėje (2.1 lent.) matyti, kad visų medžiagų ilginis tankis sluoksniuose yra vienodas. Šių medžiagų grupėje tankiausia yra M11 medžiaga. Storiausia yra M11 medžiaga (1,96 mm), o ploniausia M13 medžiaga (1,76 mm), taigi ir didžiausiu

paviršiniu tankiu pasižymi M11-oji (625,41 g/m²), tačiau mažiausiu M12-oji (501,80 g/m²), nors ji nėra ploniausia, tačiau jos tankumas mažiausias.

3.15 lentelė. Medžiagos su skirtingu apatiniu (3) sluoksniu (M11, M12 ir M13)

Medžiagos žymėjimas	M11	M12	M13
Viršutinis sluoksnis	2xKevlaras + plieninė vielutė		
Jungiamasis sluoksnis	Kevlaras		
Apatinis sluoksnis	Kevlaras	CO	PES Coolplus
Pradūrimo jėga $P_{max} \pm \Delta$, N	93,90±22,9	94,80±10,17	99,30±25,24
Pradūrimo ištįsa $H_{max} \pm \Delta$, mm	11,03±1,41	11,05±0,39	11,33±2,05

M11–M13 medžiagų grupės pradūrimo jėgos ir ištįsos pavaizduotos 3.23 paveiksle. Matyti, kad šių medžiagų pradūrimo kreivės panašios savo vertėmis, didžiausia pradūrimo jėga bei ištįsa pasižymi M13 medžiaga, tačiau šių medžiagų pradūrimo jėgos ir ištįsos kinta paklaidų ribose.



Pagal gautus rezultatus galima matyti, kad geresnės pradūrimo charakteristikos gaunamos apatiniame (3) sluoksnyje naudojant PES Coolplus siūlą.

Paanalizavus M11–M13 medžiagų grupės savybių koreliacinį ryšį pastebima, kad kaip ir kitų medžiagų grupių atveju, kuo didesnė ištįsa, tuo didesnė pradūrimo jėga ($r=0,99$). Taip pat, kad kuo storesnė medžiaga, tuo mažesnė pradūrimo jėga ($r=-0,96$) bei ištįsa ($r=-0,94$).

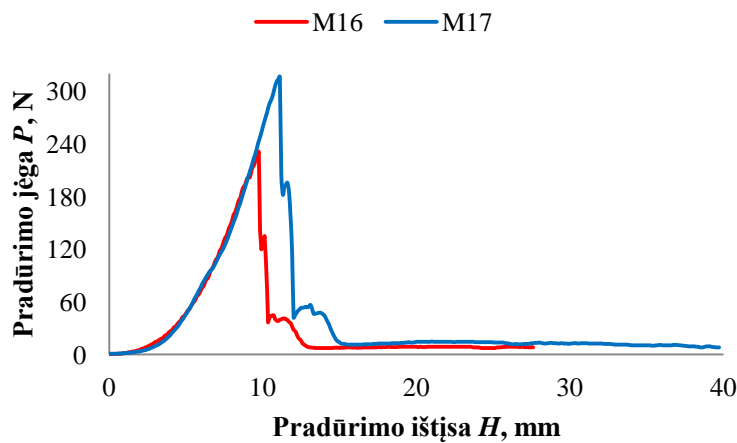
3.23 pav. M11, M12 ir M13 medžiagų būdingosios pradūrimo kreivės

M16 ir M17 medžiagų sudėtis vienoda viršutiniuose (1) ir jungiamuosiuose (2) sluoksniuose, skiriasi apatinių (3) sluoksnių sudėtis (3.15 lent.): M16 medžiagoje yra PES Coolplus siūlas, o M17 HPPE siūlas susuktas kartu su polibutileno teraftalato (PBT) siūlu. Žiūrint į medžiagų sandaros charakteristikas (2.1 lent.) matyti, kad M16 medžiagos apatinis (3) sluoksnis yra 20 tex, o M17-tos – 24,4 tex (kiti sluoksniai vienodi). Abiejose medžiagose kilpų skaičius eilučių bei stulpelių kryptimi yra vienodas, šių medžiagų storis ir paviršinis tankis – artimi.

3.15 lentelė. Medžiagos su skirtingu apatiniu (3) sluoksniu (M16 ir M17)

Medžiagos žymėjimas	M16	M17
Viršutinis sluoksnis	2xHPPE + plieninė vielutė	
Jungiamasis sluoksnis	HPPE + PBT	
Apatinis sluoksnis	PES Coolplus	HPPE + PBT
Pradūrimo jėga $P_{max} \pm \Delta$, N	213,50±40,01	309,70±17,45
Pradūrimo ištįsa $H_{max} \pm \Delta$, mm	9,80±1,31	10,80±1,74

M16 ir M17 medžiagų būdingosios pradūrimo jėgos ir ištįsos kreivės pavaizduotos 3.24 paveiksle. Matyti, kad M17 medžiagos pradūrimui reikėjo 45,06 % didesnės jėgos nei M16, nors ištįsa kinta paklaidų ribose, nes medžiagų tankumas vienodas. Galima manyti, kad didesnė pradūrimo jėgą M17 medžiagai lėmė esantis HPPE siūlas susuktas kartu su polibutileno teraftalato



3.24 pav. M16 ir M17 medžiagų būdingosios pradūrimo kreivės

didžiausia pradūrimo jėga, o kadangi siekiama, kad apatinis (3) medžiagos sluoksnis nekeltų diskomforto dėvint, kai yra sąlytis su oda, ši medžiaga nors ir turi didžiausią pradūrimo jėgą, nelabai tinka, nes apatinio (3) sluoksnio sudėtyje yra HPPE siūlas, susuktas kartu su polibutileno teraftalato (PBT) siūlu, kuris gali dirginti odą, tad šioje grupelėje už M17 medžiagą geriau M16-oji, nes jos apatiniame (3) sluoksnyje yra PES Coolplus siūlas, be to ji yra pakankamai plona medžiaga.

Apibendrinant visas išanalizuotas medžiagų grupes, pastebima, kad Kevlaro bei HPPE siūlai didina medžiagos pradūrimo jėgą, nepriklausomai nuo to, kokiame sluoksnyje šie siūlai išsidėstę. Tačiau vien pradūrimo jėgos negana, reikia atkreipti dėmesį ir į medžiagų storį, tam, kad atrinktos medžiagos nors ir plonos, bet pasižymėtų puikiais rezultatais ir būtų kuo atsparesnės pradūrimui, o apatinis (3) medžiagų sluoksnis nekeltų diskomforto dėvint.

Pagal gautus pradūrimo tyrimo rezultatus, galima teigti, jog viršutiniame (1) medžiagos sluoksnyje geriausia naudoti dvigubą HPPE siūlą (40 tex), jungiamajame (2) tinkamiausias HPPE siūlas susuktas kartu su polibutileno teraftalato (PBT) siūlu, o apatiniame (3) – PES Coolplus siūlas. Dvigubą HPPE siūlą turi tik M18 medžiaga, kitose medžiagose, kur naudojamas šis siūlas papildomai yra naudojama ir plieninė vielutė, kuri liečiant medžiagas yra žymiai kietesnė. Susuktą HPPE siūlą kartu su polibutileno teraftalato (PBT) siūlu jungiamuosiuose (2) sluoksniuose turi M16 ir M17 medžiagos, tačiau viršutiniuose (1) sluoksniuose yra plieninė vielutė, kuri blogina medžiagos savybes, o PES Coolplus siūlas apatiniuose (3) sluoksniuose naudojamas daugelyje kurtų medžiagų variantų, tokių kaip M1 – M3, M9, M10, M13 – M16 ir M18, tik jų kiti sluoksniai ne visi pasižymi anksčiau minėta siūlių sudėtimi atitinkamuose sluoksniuose.

Tam, kad įsitikinti, kuri medžiaga yra tinkamiausia naujos pjūviams atsparios trisluoksnės megztinės medžiagos gamybai, siekiant užtikrinti ir komfortą liečiantis su oda, būtina atlikti ir kitus tyrimus. Šiuo tikslu atliekamas grifo nustatymo eksperimentinis tyrimas.

(PBT) siūlu, kurio dėka medžiaga ne tik sunkesnė, bet ir stipresnė.

Šiame skyrelyje analizuota apatinio (3) sluoksnio įtaka pradūrimui. Pradūrimo jėgos ir ištįsos vertės dažnai kinta paklaidų ribose ir pasakyti, kad iš tam tikros grupelės yra medžiaga, kuri labiausiai išsiskiria, sudėtinga. Tačiau matyti, kad didžiausios jėgos pradūrimui prireikė M16 ir M17 medžiagoms (virš 300 N). Nagrinėjant apatinio (3) sluoksnio įtaką pradūrimui, M17 medžiaga išskirtose grupelėse pasižymėjo

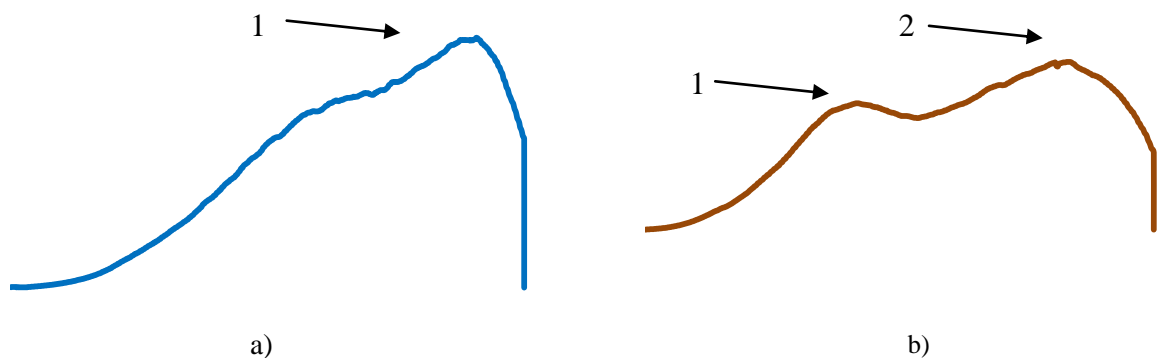
3.3. Megztinių medžiagų grifo tyrimas

Pjūviams atsparių trisluoksnių megztinių medžiagų grifo eksperimentinio tyrimo metu gauti rezultatai pateikiami 3.16 lentelėje (M19 – M23 medžiagos pateikiamos be paklaidų, kadangi turėta tik po 1 bandinį).

3.16 lentelė. Tirtų medžiagų grifo rezultatai

Medžiagos žymėjimas	Maksimali ištraukimo jėga $P_{max} \pm \Delta$, N	Maksimali ištįsa $H_{max} \pm \Delta$, mm	Kreivės plotas $A \pm \Delta$, Ncm	Minkštumo rodiklis $\Delta\delta$, %	Kreivės polinkio kampas $tga \pm \Delta$	Kompleksinis grifo rodiklis Q
M3	57,48±9,61	43,80±4,72	151,19±24,56	11,26	3,44±0,92	0,17
M4	16,24±2,25	50,71±5,16	44,76±5,35	10,90	1,24±0,07	0,11
M5	31,65±2,24	48,70±7,25	86,87±14,78	16,35	2,00±0,13	0,09
M6	34,35±1,62	52,90±2,23	104,53±2,20	11,69	2,22±0,16	0,12
M8	44,62±1,65	53,85±2,94	138,91±4,34	11,00	2,56±0,42	0,13
M9	109,79±13,94	55,68±3,46	300,52±20,53	2,64	3,41±0,48	0,24
M10	50,37±5,17	55,10±8,01	143,26±15,94	6,56	1,77±0,04	0,16
M11	68,55±1,80	45,20±9,90	195,65±23,81	8,95	4,20±0,26	0,21
M13	56,95±12,10	45,80±5,78	155,14±39,65	6,25	2,84±0,52	0,21
M14	60,53±11,56	44,13±2,49	151,06±22,97	7,95	3,29±0,75	0,20
M15	283,83±30,69	45,23±2,24	593,36±106,27	6,99	12,66±0,85	0,46
M16	299,87±23,36	40,62±14,20	725,33±196,13	12,50	22,85±6,13	0,60
M19	8,30	73,88	28,15	4,68	0,38	0,06
M20	8,12	55,28	24,09	5,07	0,41	0,12
M21	90,30	51,98	251,42	4,02	4,27	0,24
M22	90,40	53,33	279,31	3,03	4,47	0,25
M23	16,90	47,40	44,54	4,71	1,41	0,17

Grifo tyrimo metu gautos dviejų tipų būdingosios kreivės: turinčios vieną stipriai išreikštą piką (3.25 pav. a) ir turinčios du pikus (3.25 pav. b).

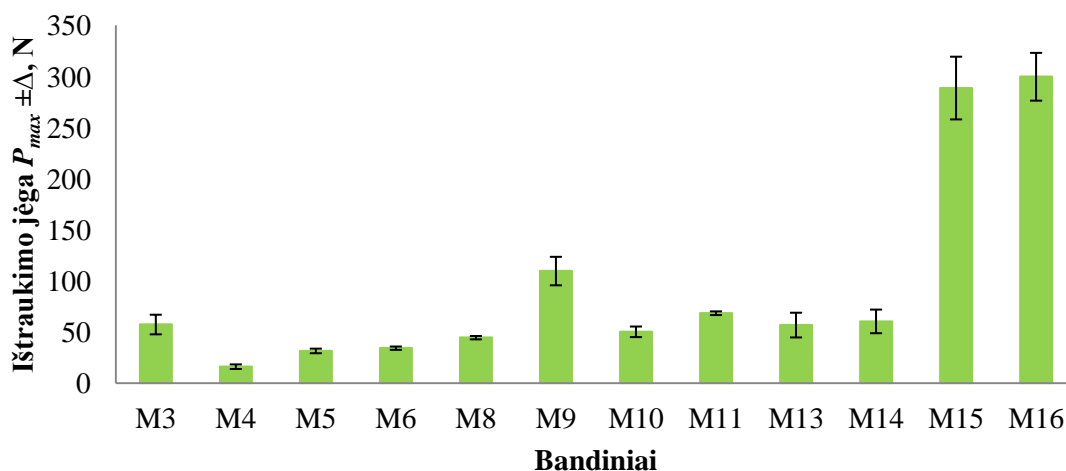


3.25 pav. Būdingoji grifo tyrimo kreivė: a) turinti vieną piką; b) turinti du pikus

Kreivėse matyti, kad ištraukimo jėga didėja iki maksimalios vertės, o po to sumažėja (3.25 pav. a). Tokios kreivės gautos tik M9 ir M10 medžiagoms. Galima pastebėti, kad šios medžiagos yra mažiausio tankumo, todėl yra paslankiausios, kas ir lėmė ryškų pirmojo piko nesusidarymą.

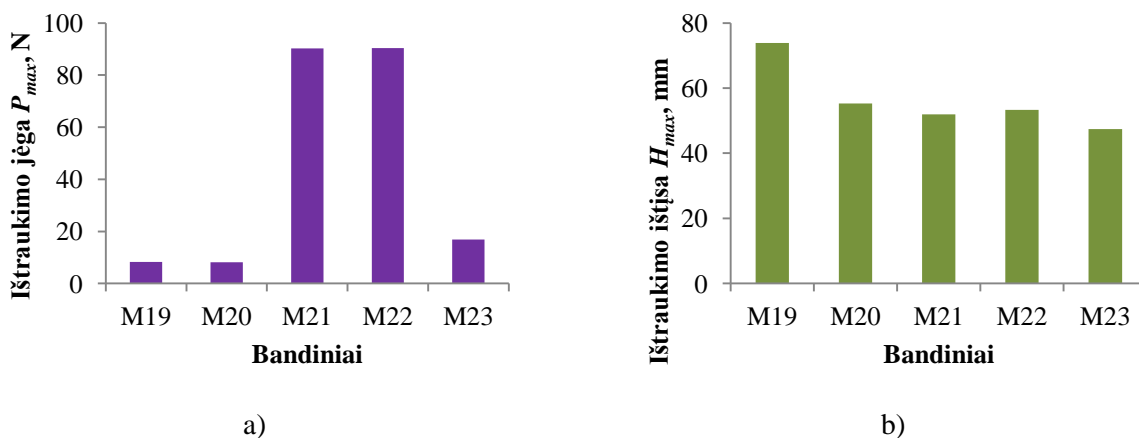
Kai ištraukimo jėga didėja iki tam tikros vertės, tuomet šiek tiek sumažėja ir vėl didėja iki maksimalios vertės, tokia kreivė turi du pikus (3.25 pav. b). Visų medžiagų, išskyrus M9 ir M10, būdingosios kreivės turi du pikus. Dviejų pikų atsiradimą galimai įtakojo medžiagų klosčių susidarymas, kas trukdė ištraukti medžiaga pro kiaurymę.

Nagrinėjamų medžiagų apskaičiuoti grifo tyrimo rezultatai pateikti 3.27-3.33 paveiksluose.



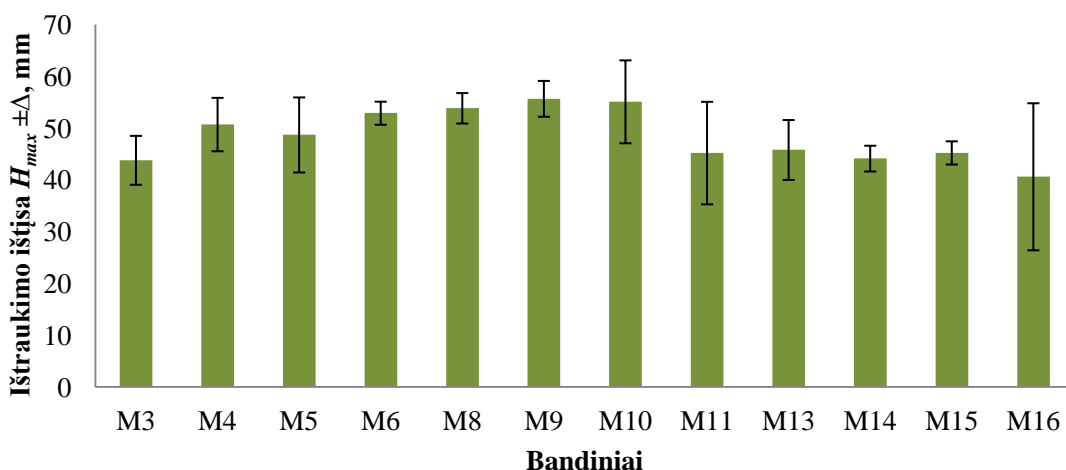
3.27 pav. Trisluoksnių megztinių medžiagų grifo tyrimo maksimalios ištraukimo jėgų vertės su paklaidų ribomis

Iš trisluoksnių megztinių medžiagų grifo tyrimo maksimalios ištraukimo jėgos matyti (3.27 pav.), kad didžiausia jėga M15 ir M16 medžiagų, o mažiausia M4. Akivaizdu, kad kuo standesnė medžiaga, tuo didesnė ištraukimo jėga. Taigi, naujai kurtų trisluoksnių megztinių medžiagų mažiausia ištraukimo jėga yra 16,24 N, o didžiausia 299,87 N. Jau rinkoje naudojamų vienasluoksnių megztinių medžiagų, kurios atitinka LST EN 388 standartą, ištraukimo jėgos mažesnės (3.28 pav. a) – nuo 8,12 iki 90,40 N.



3.28 pav. Vienasluoksnių sertifikuotų medžiagų maksimalios: a) ištraukimo jėgos; b) ištraukimo ištįsos

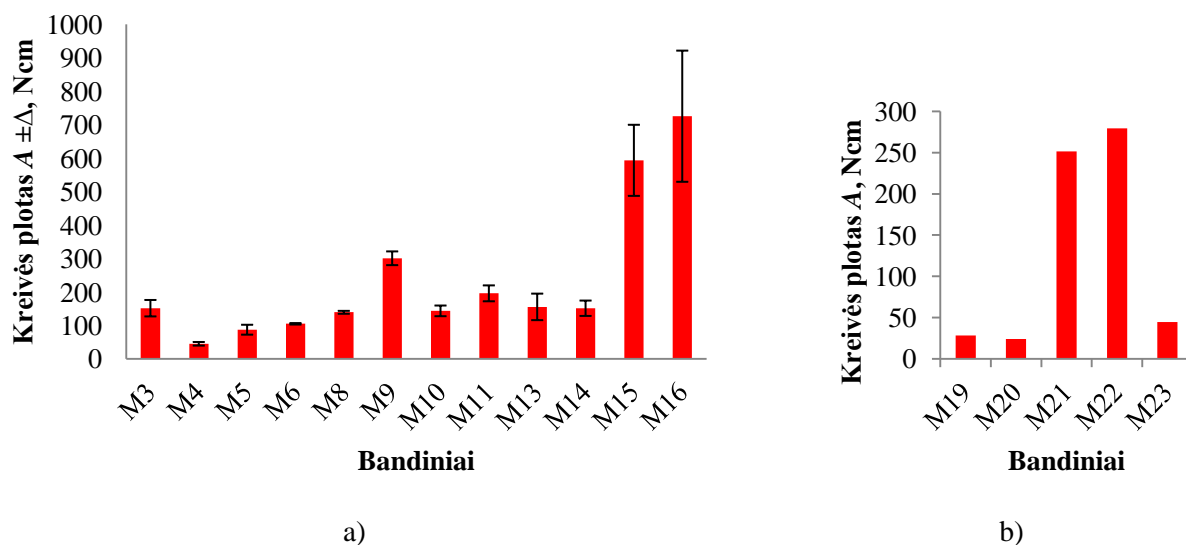
Visų tirtų pjūviams atsparių trisluoksnių megztinių medžiagų ištraukimo ištįsos (3.29 pav.) panašios – vertės yra nuo 40,62 iki 55,68 mm ir nepriklausomai nuo medžiagų sudėties, jų vertės kinta paklaidų ribose. Mažiausia ištraukimo ištįsa M16 medžiagos, kuriai tyrimo metu prireikė daugiausia jėgos ištraukti (3.27 pav.), o didžiausia ištįsa M9 medžiagos, kurios ir ištraukimo jėga viena didesnių – viršija 100 N. M19 – M23 medžiagų grupėje didžiausia ištraukimo ištįsa M19 medžiagos (3.28 pav. b) – jos ištraukimo jėga mažiausia (3.28 pav. a), tačiau nepaisant to, kad ištraukimo jėgų intervalas šiose medžiagose ganėtinai platus, matoma, kad šių medžiagų ištraukimo ištįsos (47,40 – 73,88 mm) yra didesnės nei naujai kurtų 3D megztinių medžiagų (40,62 – 55,68 mm).



3.29 pav. Trisluoksnių megztinių medžiagų maksimalios ištraukimo ištįsų vertės su paklaidų vertėmis

Iš darbe sukurtų trisluoksnių megztinių medžiagų ištraukimo jėgų – ištįsų kreivių plotų (3.30 pav. a) matyti, kad M16 ir M15 medžiagų plotai didžiausi, o tai reiškia, kad šios medžiagos standžiausios ir kiečiausios, nes joms deformuoti reikėta atlikti daugiausiai darbo. M4 medžiagos kreivės plotas mažiausias, taigi ji minkščiausia ir liauniausia.

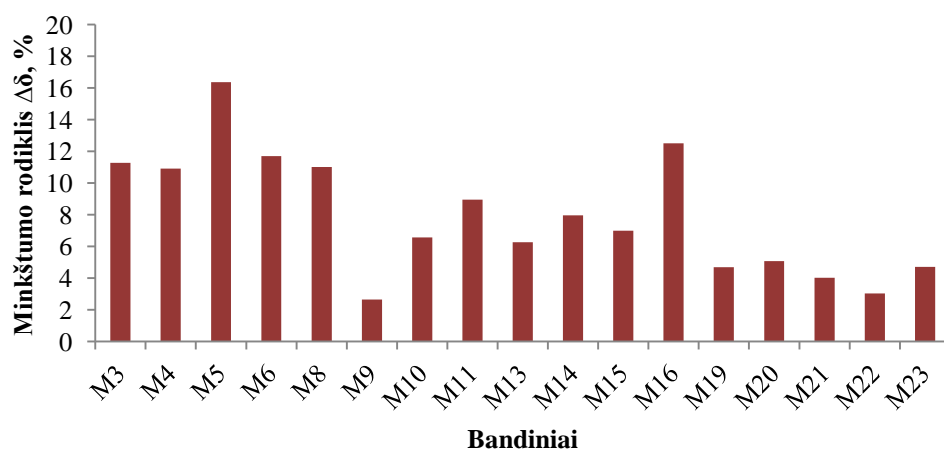
Vienasluoksnių megztinių medžiagų ištraukimo jėgų – ištįsų kreivių plotų vertės (3.30 pav. b) yra mažesnės nei dauguma naujai sukurtų pjūviams atsparių trisluoksnių megztinių medžiagų ir tai rodo, kad šios medžiagos (ypač M19, M20 ir M23) yra minkštesnės ir liaunesnės.



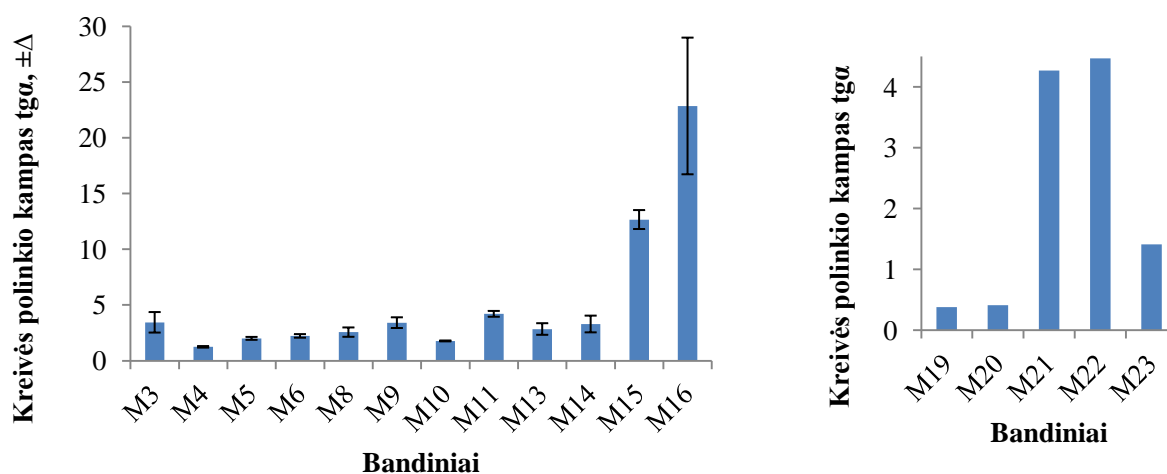
3.30 pav. Ištraukimo jėgos – ištįsų kreivių plotai: a) darbe sukurtų trisluoksnių megztinių medžiagų; b) vienasluoksnių tirtų medžiagų

Apskaičiavus visų tirtų medžiagų minkštumo rodiklius (3.31 pav.) matyti, kad M9 medžiaga pati minkščiausia, dvigubai didesnėmis vertėmis pasižymi M13 medžiaga, nepriklausomai nuo to, kad jose vyrauja Kevlaro siūlai, tačiau šių medžiagų tankumas nuo 10 iki 12 kilpų eilučių ir stulpelių kryptimi, o storis viršija 1,7 mm, kas medžiagoms ir suteikia minkštumo.

Iš trisluoksnių megztinių medžiagų kreivių polinkio kampų (3.32 pav. a) matyti, kad M15 ir M16 medžiagų vertės didžiausios. Daugiausiai naujai kurtų pjūviams atsparių trisluoksnių medžiagų kreivių polinkio kampų vertės vos siekia 5 laipsnius, kas pastebima ir vienasluoksnių medžiagų grupėje (3.32 pav. b) – didžiosiomis vertėmis iš jų pasižymi M21 ir M22 medžiagos, o likusių medžiagų kreivių polinkio kampai itin maži – nuo 0,38 iki 1,41, nes rodo medžiagų nedidelį standumą.



3.31 pav. Tirtų medžiagų minkštumo rodiklių vertės

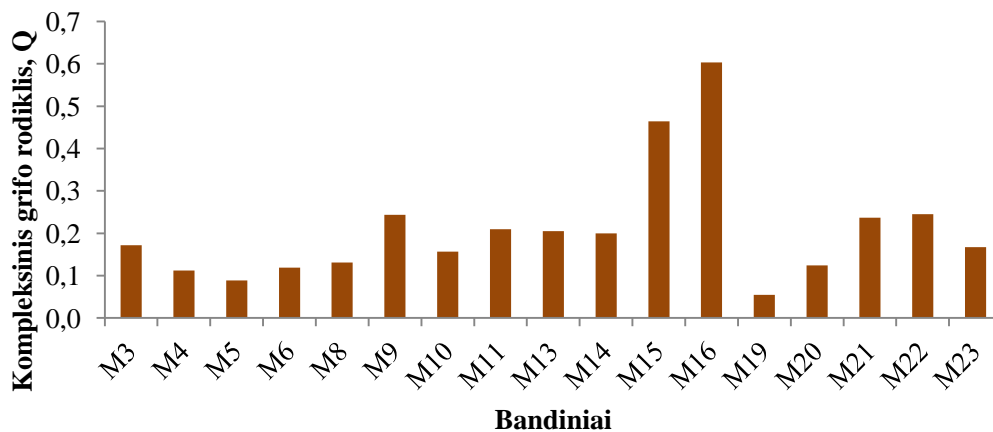


a)

b)

3.32 pav. Ištraukimo kreivių polinkio kampai: a) trisluoksnių megztinių medžiagų; b) vienasluoksnių medžiagų

Nagrinėjant kompleksinius grifo rodiklius (3.33 pav.) matyti, kad visumoje M15 ir M16 medžiagų grifas prasčiausias. Geriausiu grifu pagal kompleksinius rodiklius iš darbe sukurtų trisluoksnių megztinių medžiagų pasižymi M5 bei M4 medžiagos, o iš sertifikuotų – M19 medžiaga, kuri yra plona ir minkšta. Kitų medžiagų grifo rodikliai yra nuo 0,12 iki 0,24. Ir nors prieš tai minėta, kad M9 medžiaga yra minkščiausia, bet jos ištraukimui pro kiaurymę panaudota ganėtinai didelė jėga, kas ir pablogina galutinius kompleksinio grifo rodiklius.



3.33 pav. Tirtų medžiagų kompleksinių grifo rodiklių Q vertės

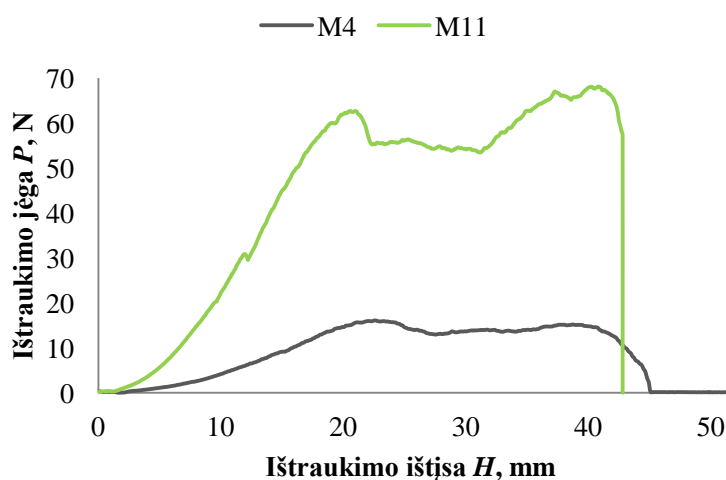
3.3.1. Viršutinio (1) sluoksnio įtaka grifui

Šiame skyrelyje analizuojamos pjūviams atsparios trisluoksnės megztinės medžiagos, kuriose jungiamasis (2) ir apatinis (3) sluoksniai yra vienodi savo pluoštine sudėtimi, skiriasi tik viršutinio (1) sluoksnio sudėtimi. Tokiu būdu tiriama, kokią įtaką grifui turi viršutinio (1) sluoksnio sandara.

Analizuojant viršutinio (1) sluoksnio įtaką grifo nustatymui, galima palyginti M4 ir M11 medžiagas (3.17 lent.). M4 medžiagos viršutiniame (1) sluoksnyje yra Kevlaro siūlai, o M11 – dvigubas Kevlaro siūlas susuktas su plienine vielute, kituose sluoksniuose – Kevlaro siūlai.

3.17 lentelė. Medžiagų su skirtingu viršutiniu (1) sluoksniu (M4 ir M11) grifo rezultatai

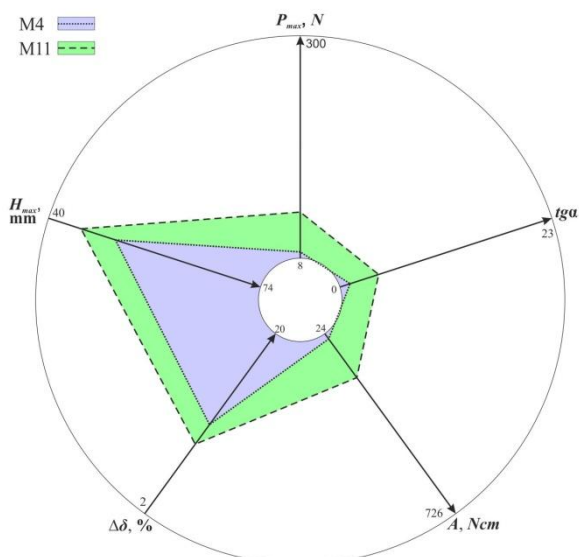
Medžiagos žymėjimas	M4	M11
Viršutinis sluoksnis	Kevlaras	2xKevlaras + plieninė vielutė
Jungiamasis sluoksnis	Kevlaras	
Apatinis sluoksnis	Kevlaras	
Maksimali ištraukimo jėga $P_{max} \pm \Delta$, N	16,24±2,25	68,55±1,80
Maksimali ištįsa $H_{max} \pm \Delta$, mm	50,71±5,16	45,20±9,90
Kreivės plotas $A \pm \Delta$, Ncm	44,76±5,35	195,65±23,81
Minkštumo rodiklis $\Delta\delta$, %	10,90	8,95
Kreivės polinkio kampas $tg\alpha \pm \Delta$	1,24±0,07	4,20±0,26
Kompleksinis grifo rodiklis Q	0,11	0,21



3.34 pav. M4 ir M11 medžiagų būdingosios grifo kreivės

pokyčius galėjo įtakoti ir medžiagų storiai, nes M11 medžiaga beveik 0,4 mm yra storesnė nei M4-oji. Ir nors minkštumo rodiklis $\Delta\delta$ rodo, kad M11 medžiaga yra beveik 20 % minkštesnė nei M4-oji, tačiau kompleksinis grifo rodiklis yra beveik dvigubai didesnis. Gauti rezultatai parodė, kad M11 medžiagos viršutiniame (1) sluoksnyje esantis dvigubas Kevlaro siūlas susuktas su plienine vielute iš esmės pakeičia medžiagos minkštumą ir bendrą grifo rodiklį Q .

Nors nagrinėjamų M4 ir M11 medžiagų yra skirtingos tik viršutinio (1) sluoksnio sudėtys, būdingosios kreivės (3.34 pav.) parodo, kad labai skiriasi panaudotos jėgos medžiagoms ištraukti pro kiaurymę grifo tyrimo metu. 3.35-ame paveiksle matyti, kad M11 medžiagai prirėkė daugiau nei 5 kartus didesnės jėgos P_{max} ištraukti pro kiaurymę nei kad M4-ai, nors ištįsos H_{max} vertės panašios ir kinta paklaidų ribose, bet jau galima matyti, kad M11 medžiaga yra standesnė, tačiau tokių jėgų

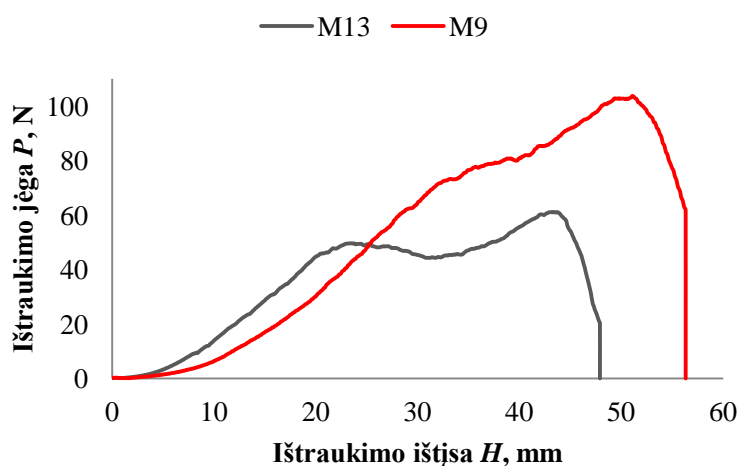


3.35 pav. M4 ir M11 medžiagų polinės diagramos kompleksinio grifo rodiklio Q nustatymui

Skirtingu viršutiniu (1), bet vienodais jungiamaisiais (2) ir apatiniais (3) sluoksniais pasižymi ir M9 bei M13 medžiagos (3.18 lent.). M9 medžiagos viršutiniame (1) sluoksnyje yra susuktas HPPE siūlas su anglies pluoštu, o M13 – dvigubas Kevlaro siūlas susuktas su plienine vielute, jungiamuosiuose (2) sluoksniuose – Kevlaro siūlai, o apatiniuose (3) – PES Coolplus.

3.18 lentelė. Medžiagų su skirtingu viršutiniu (1) sluoksniu (M9 ir M13) grifo rezultatai

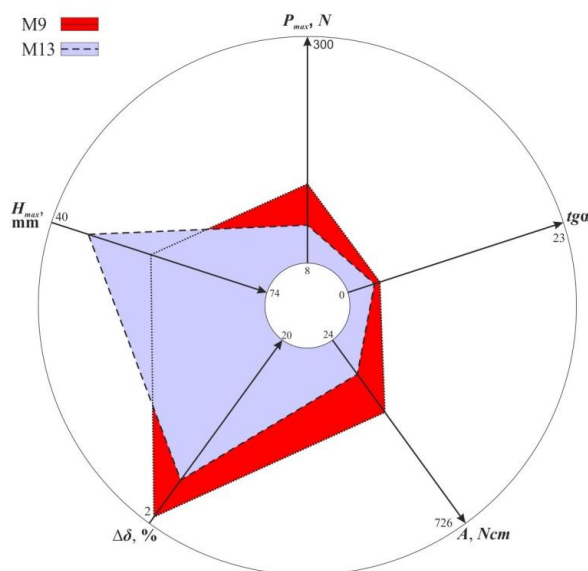
Medžiagos žymėjimas	M9	M13
Viršutinis sluoksnis	HPPE + CF	2xKevlaras + plieninė vielutė
Jungiamasis sluoksnis	Kevlaras	
Apatinis sluoksnis	PES Coolplus	
Maksimali ištraukimo jėga $P_{max} \pm \Delta$, N	109,79±13,94	56,95±12,10
Maksimali ištįsa $H_{max} \pm \Delta$, mm	55,68±3,46	45,80±5,78
Kreivės plotas $A \pm \Delta$, Ncm	300,52±20,53	155,14±39,65
Minkštumo rodiklis $\Delta\delta$, %	2,64	6,25
Kreivės polinkio kampas $tga \pm \Delta$	3,41±0,48	2,84±0,52
Kompleksinis grifo rodiklis Q	0,24	0,21



3.36 pav. M9 ir M13 medžiagų būdingosios grifo kreivės

M9 ir M13 medžiagų būdingosios grifo kreivės (3.36 pav.) skiriasi savo forma, nes M9 medžiagos būdingojoje kreivėje ištraukimo jėga didėja iki maksimalios vertės, o po to sumažėja, o M13 medžiagos būdingojoje kreivėje ištraukimo jėga didėja iki tam tikros vertės, šiek tiek sumažėja ir vėl didėja iki maksimalios vertės – turi du pikus.

M9 ir M13 medžiagų kompleksinio grifo rodikliai Q skiriasi nežymiai: M9 – 0,24, o M13 – 0,21, kas rodo, kad M9



3.37 pav. M9 ir M13 medžiagų polinės diagramos kompleksinio grifo rodiklio Q nustatymui

vienodus jungiamuosius (2) ir apatinius (3) sluoksnius turi M14, M15 ir M18 medžiagos (3.19 lent.), tačiau dėl M18 medžiagos itin didelio standumo, jos nepavyko ištraukti pro kiaurymę grifo tyrimo metu, todėl nagrinėjami tik M14 ir M15 medžiagų rezultatai. M14 medžiagos viršutiniame (1) sluoksnyje yra dvigubas Kevlaro siūlas susuktas su plienine vielute, o M15 medžiagos viršutiniame (1) sluoksnyje – dvigubas HPPE siūlas susuktas su plienine vielute, o kituose sluoksniuose – PES Coolplus siūlai.

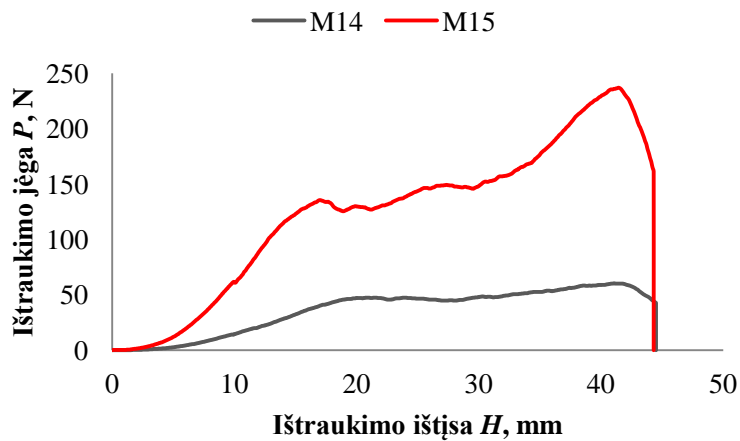
3.19 lentelė. Medžiagų su skirtingu viršutiniu (1) sluoksniu (M14, M15) grifo rezultatai

Medžiagos žymėjimas	M14	M15
Viršutinis sluoksnis	2xKevlaras + plieninė vielutė	2xHPPE + plieninė vielutė
Jungiamasis sluoksnis	PES Coolplus	
Apatinis sluoksnis	PES Coolplus	
Maksimali ištraukimo jėga $P_{max} \pm \Delta$, N	60,53±11,56	283,83±30,69
Maksimali ištįsa $H_{max} \pm \Delta$, %	44,13±2,49	45,23±2,24
Kreivės plotas $A \pm \Delta$, Ncm	151,06±22,97	593,36±106,27
Minkštumo rodiklis $\Delta\delta$, %	7,95	6,99
Kreivės polinkio kampas $tg\alpha \pm \Delta$	3,29±0,75	12,66±0,85
Kompleksinis grifo rodiklis Q	0,20	0,46

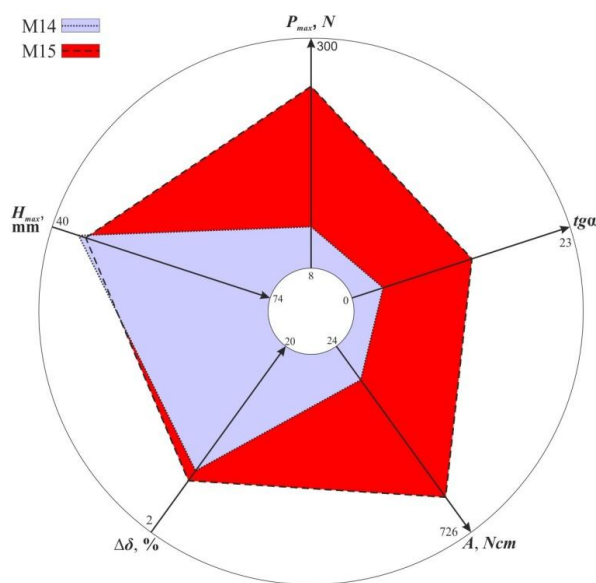
medžiagos kompleksinis grifo rodiklis šiek tiek prastesnis. 3.37 paveiksle matyti, kad M9 medžiagos ištraukimui pro kiaurymę panaudota beveik dvigubai didesnė jėga nei M13 medžiagai, nors M9 medžiaga tasesnė – jos maksimali ištįsa H_{max} didesnė nei M13-os. Apskaičiuotas kreivės plotas A rodo, kad M13 medžiagos ištraukimui pro kiaurymę atliktas mažesnis darbas ją pratraukti pro kiaurymę, nors minkštumo rodiklis $\Delta\delta$ ir yra didesnis, bet tokius rezultatus galimai įtakojo ne tik storis, o ir medžiagų sudėtis – HPPE ir anglies pluoštas.

Taigi, apibendrinus visus rodiklius prieinama išvados, kad M13 medžiaga pasižymi geresnėmis kompleksinio grifo savybėmis nei M9-oji, o tai lemia M9 medžiagos viršutiniame (1) sluoksnyje esantis HPPE siūlas susuktas su anglies pluoštu.

Skirtingu viršutiniu (1) sluoksniu, tačiau



3.38 pav. M14 ir M15 medžiagų būdingosios grifo kreivės



3.39 pav. M14 ir M15 medžiagų polinės diagramos kompleksinio grifo rodiklio Q nustatymui

medžiagos minkštumo rodiklis patvirtina, kad tai – minkšta medžiaga, juolab kad panaudota mažiausia jėga ją ištraukti pro kiaurymę, o gauta ištįsa didžiausia iš visų trijų. Nepaisant to, kad M13 ir M14 medžiagų viršutiniuose (1) sluoksniuose naudotas dvigubas Kevlaro siūlas, kuris susuktas su plienine vielute, šiek tiek ir blogina grifo savybes, bet reikšmingos įtakos nesuteikia. Didesnį neigiamą poveikį atlieka HPPE siūlas susuktas su anglies pluoštu (M9) ir ypač kompleksinį grifo rodiklį blogina dvigubas HPPE siūlas susuktas su plienine vielute, todėl norint išvengti blogų grifo rezultatų minėtųjų siūlų kombinacijų nepatartina naudoti medžiagų viršutiniuose (1) sluoksniuose.

Iš šių medžiagų būdingųjų grifo kreivių (3.38 pav.) matyti, kad M15 medžiagai prireikė 370 % didesnės jėgos medžiagos ištraukimui pro kiaurymę nei M14, nors abiejų medžiagų ištįsos H_{max} kinta paklaidų ribose.

M14 medžiagos kompleksinis grifo rodiklis Q (0,20) daugiau nei dvigubai mažesnis už M15, kas rodo, kad M15 medžiaga yra standesnė ir kietesnė (3.39 pav.). M14 kreivės plotas A rodo, kad ši medžiaga

beveik 300 % minkštesnė už M15-tą, ką patvirtina ir medžiagų minkštumo rodiklis $\Delta\delta$. Abi medžiagos galimai tokios minkštos dėl jungiamuosiuose (2) ir apatiniuose (3) sluoksniuose naudotų PES Coolplus siūlų, kurie ir turi sukurti kuo geresnę komfortiškumą, tačiau M15 medžiagos viršutiniame (1) sluoksnyje panaudotas HPPE siūlas blogina grifa, nes pagal gautus rezultatus matyti, kad M14 medžiagos grifas yra geresnis nei M15-os medžiagos.

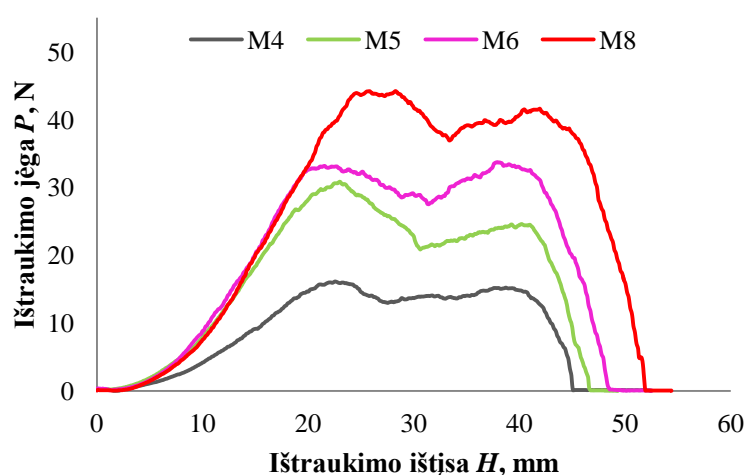
Apibendrinant, iš nagrinėtų medžiagų grupių galima išskirti M4, M13 bei M14 medžiagas, kurios pasižymi geromis grifo savybėmis. Pastebima, kad viršutiniame (1) sluoksnyje labiausiai yra tinkamas naudoti Kevlaro siūlas – M4 medžiaga, nes būtent šios medžiagos kompleksinis grifo rodiklis Q yra mažiausias (0,11), gautas kreivės plotas apskritai yra mažiausias iš visų tirtų medžiagų, o ir šios

3.3.2. Jungiamojo (2) sluoksnio įtaka grifui

Šiame skyrelyje nagrinėjamos medžiagos, kuriose skiriasi tik jungiamieji (2) medžiagų sluoksniai, o viršutiniai (1) ir apatiniai (3) sluoksniai yra vienodi savo pluoštine sudėtimi (3.20 lent.). Viena iš tokių grupių – M4, M5, M6 ir M8 medžiagos.

3.20 lentelė. Medžiagų su skirtingu jungiamuoju (2) sluoksniu (M4 – M6 ir M8) grifo rezultatai

Medžiagos žymėjimas	M4	M5	M6	M8
Viršutinis sluoksnis	Kevlaras			
Jungiamasis sluoksnis	Kevlaras	Kevlaras + plieninė vielutė	HPPE + plieninė vielutė	Bazaltas + Kevlaras
Apatinis sluoksnis	Kevlaras			
Maksimali ištraukimo jėga $P_{max} \pm \Delta$, N	16,24±2,25	31,65±2,24	34,35±1,62	44,62±1,65
Maksimali ištįsa $H_{max} \pm \Delta$, mm	50,71±5,16	48,70±7,25	52,90±2,23	53,85±2,94
Kreivės plotas $A \pm \Delta$, Ncm	44,76±5,35	86,87±14,78	104,53±2,20	138,91±4,34
Minkštumo rodiklis $\Delta\delta$, %	10,90	16,35	11,69	11,00
Kreivės polinkio kampas $tg\alpha \pm \Delta$	1,24±0,07	2,00±0,13	2,22±0,16	2,56±0,42
Kompleksinis grifo rodiklis Q	0,11	0,09	0,12	0,13

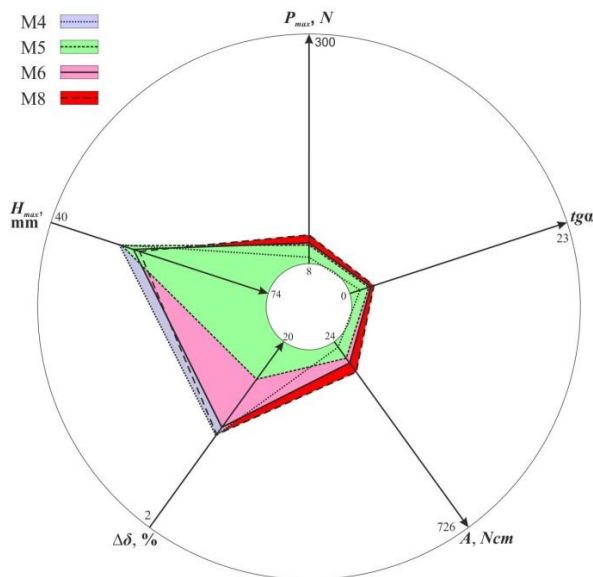


Iš grifo būdingųjų kreivių matyti (3.20 pav.), kad M8 medžiagos ištraukimui pro kiaurymę prireikė didžiausios jėgos ir ištįsa gauta didžiausia, o M4 medžiagos ištraukimui pro kiaurymę panaudota mažiausia jėga. Taigi galima teigti, kad Kevlaro siūlas susuktas su plienine vielute naudojant jį jungiamajame (2) sluoksnyje, taip nepablogina grifo savybių kaip susuktas bazalto siūlas su Kevlaru ($Q=0,13$). Tačiau pastebima, kad HPPE siūlas susuktas su plienine vielute

3.40 pav. M4, M5, M6 ir M8 medžiagų būdingosios grifo kreivės blogina grifo savybes ($Q=0,12$).

Nagrinėjamų medžiagų polinės diagramos pavaizduotos 3.41 paveiksle. Mažiausias kompleksinis grifo rodiklis Q yra M5 medžiagos. Minkštumo rodiklis $\Delta\delta$ rodo, kad M5 yra minkščiausia, o kitų trijų medžiagų minkštumo rodikliai panašūs. Nors M4 medžiagos grifo kreivės plotas A mažiausias, ištraukimo jėga pro kiaurymę taip pat mažiausia, tačiau šios medžiagos minkštumo rodiklis pats mažiausias, todėl jos grifo rodiklis Q nėra geriausias, o M8 medžiagos ištraukimo jėga pro kiaurymę didžiausia, ir nors šios medžiagos ištįsa didžiausia, kiti parametrai sumažina grifo rodiklį, be to visų šių medžiagų ištraukimo ištįsos kinta paklaidų ribose.

Išanalizavus šios grupės medžiagas matyti, kad HPPE ir bazalto siūlų naudojimas jungiamajame (2) medžiagų sluoksnyje blogina kompleksinio grifo savybes.

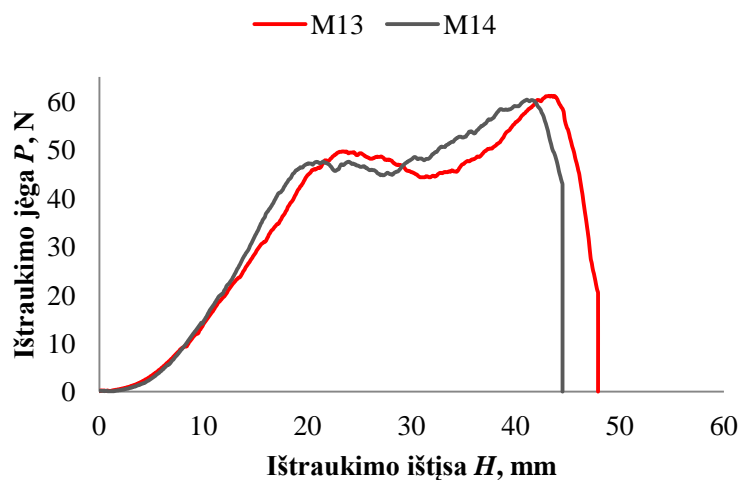


3.41 pav. M4, M5, M6 ir M8 medžiagų polinės diagramos kompleksinio grifo rodiklio Q nustatymui

Dar viena medžiagų grupė, kurią galima sudaryti atsižvelgiant į sluoksnių sudėtį yra M13 ir M14 medžiagos (3.21 lent.).

3.21 lentelė. Medžiagų su skirtingu jungiamuoju (2) sluoksniu (M13 ir M14) grifo rezultatai

Medžiagos žymėjimas	M13	M14
Viršutinis sluoksnis	2xKevlaras + plieninė vielutė	
Jungiamasis sluoksnis	Kevlaras	PES Coolplus
Apatinis sluoksnis	PES Coolplus	
Maksimali ištraukimo jėga $P_{max} \pm \Delta, N$	56,95±12,10	60,53±11,56
Maksimali ištįsa $H_{max} \pm \Delta, mm$	45,80±5,78	44,13±2,49
Kreivės plotas $A \pm \Delta, Ncm$	155,14±39,65	151,06±22,97
Minkštumo rodiklis $\Delta\delta, \%$	6,25	7,95
Kreivės polinkio kampas $tga \pm \Delta$	2,84±0,52	3,29±0,75
Kompleksinis grifo rodiklis Q	0,21	0,20



3.42 pav. M13 ir M14 medžiagų būdingosios grifo kreivės

Iš M13 ir M14 medžiagų būdingųjų grifo kreivių matyti (3.42 pav.), kad abi medžiagos labai panašios savo grifo savybėmis. Jos skiriasi tik jungiamajame (2) sluoksnyje esančių siūlų sudėtimi, bet tuo pačiu grifo rodiklių vertės kinta paklaidų ribose. Minkštumo rodiklis $\Delta\delta$ parodo tik tai, kad M13 medžiaga yra minkštesnė nei M14-oji.

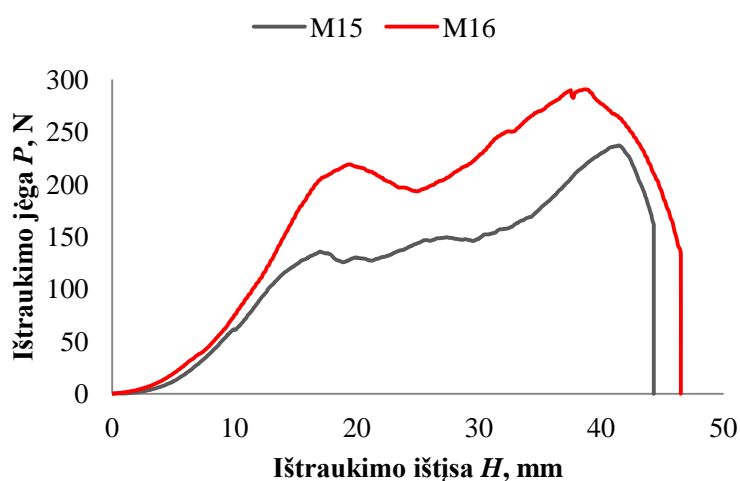
Taigi, galima teigti, kad nesvarbu, ką naudoti jungiamajame (2) sluoksnyje – Kevlarą ar PES Coolplus, kompleksinis grifo

rodiklis yra labai panašus.

M15 ir M16 medžiagų sluoksnių sudėtis taip pat skiriasi tik jungiamuosiuose (2) sluoksniuose (3.22 lent.).

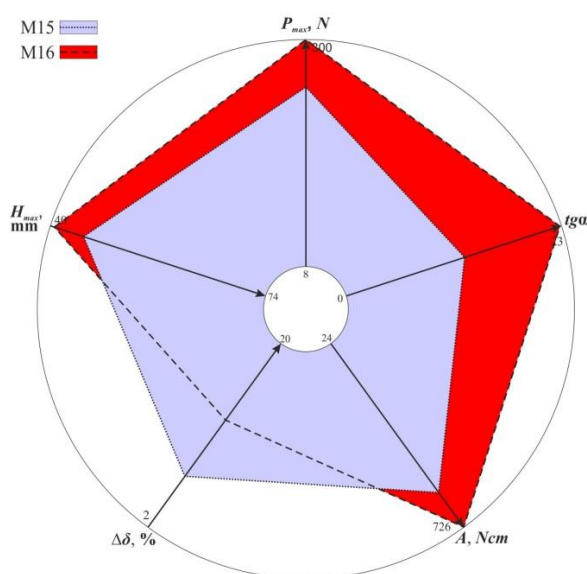
3.22 lentelė. Medžiagų su skirtingu jungiamuoju (2) sluoksniu (M15 ir M16) grifo rezultatai

Medžiagos žymėjimas	M15	M16
Viršutinis sluoksnis	2xHPPE + plieninė vielutė	
Jungiamasis sluoksnis	PES Coolplus	HPPE + PBT
Apatinis sluoksnis	PES Coolplus	
Maksimali ištraukimo jėga $P_{max} \pm \Delta$, N	283,83±30,69	299,87±23,36
Maksimali ištįsa $H_{max} \pm \Delta$, mm	45,23±2,24	40,62±14,20
Kreivės plotas $A \pm \Delta$, Ncm	593,36±106,27	725,33±196,13
Minkštumo rodiklis $\Delta\delta$, %	6,99	12,50
Kreivės polinkio kampas $tg\alpha \pm \Delta$	12,66±0,85	22,85±12,90
Kompleksinis grifo rodiklis Q	0,46	0,60



3.43 paveiksle matyti M15 ir M16 medžiagų būdingosios grifo kreivės. Abiejų medžiagų kreivės turi du pikus, t.y. ištraukimo jėga didėja, po to šiek tiek mažėja ir vėl didėja iki maksimalios ištraukimo jėgos. Matoma, kad M16 medžiagai prireikė didesnė jėgos ją ištraukti pro kiaurymę nei M15-ai. Kadangi šių medžiagų sudėtyje skiriasi tik jungiamajame (2) sluoksnyje esančių siūlų sudėtis, galima teigti, kad HPPE siūlas susuktas su polibutileno teraftalato (PBT) siūlu blogina grifo savybes.

3.43 pav. M15 ir M16 medžiagų būdingosios grifo kreivės



3.44 pav. M15 ir M16 medžiagų polinės diagramos kompleksinio grifo rodiklio Q nustatymui

M15 ir M16 medžiagų polinės diagramos pateikiamos 3.44 paveiksle. Jame matyti, kad M16 medžiagos diagramos plotas yra ženkliai didesnis nei M15-os medžiagos, tačiau šių medžiagų maksimalių ištraukimo jėgų, ištįsų bei kreivių plotų vertės kinta paklaidų ribose, kurios yra gana didelės dėl medžiagų standumo ir kietumo. M16 medžiagos minkštumo rodiklis $\Delta\delta$ yra didesnis nei M15, nors jos kompleksinis grifo rodiklis Q yra geresnis nei M16. Tačiau abi šios medžiagos yra standžios ir kietos, joms reikia didžiausios (beveik 300 N) jėgos ištraukti pro kiaurymę grifo tyrimo metu, be to M16 medžiagos kreivės polinkio kampas žymiai didesnis nei M15, o tai rodo didesnę M16 medžiagos standumą.

Taigi, išnagrinėjus medžiagas, kuriose skyrėsi tik jungiamieji (2) sluoksniai, matyti,

kad geromis grifo savybėmis iš nagrinėtų grupių galima išskirti 4 medžiagas: M4, M5, M13 bei M15, iš kurių geriausiomis grifo savybėmis pasižymi M5 medžiaga. Šios medžiagos visuose sluoksniuose yra Kevlaro siūlai, tik jungiamajame (2) sluoksnyje Kevlaro siūlas susuktas su plienine vielute, tačiau tai nesumažino bendro visos medžiagos minkštumo rodiklio ir kompleksinio grifo rodiklio.

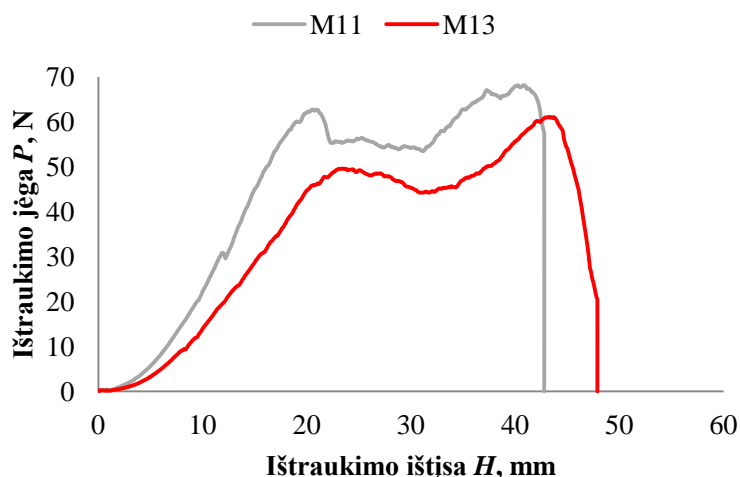
3.3.3. Apatinio (3) sluoksnio įtaka grifui

Šiose medžiagose viršutiniai (1) ir jungiamieji (2) sluoksniai – vienodi, skiriasi tik apatinių (3) medžiagų sluoksnių sudėtis. Tai leis išanalizuoti, kokią įtaką grifui turi apatinio (3) sluoksnio sudėtis.

M11 ir M13 medžiagų skirtingi tik apatiniai (3) sluoksniai: M11 yra Kevlaro siūlas, M13 – PES Coolplus siūlas (3.23 lent.).

3.23 lentelė. Medžiagų su skirtingu apatiniu (3) sluoksniu (M11 ir M13) grifo rezultatai

Medžiagos žymėjimas	M11	M13
Viršutinis sluoksnis	2xKevlaras + plieninė vielutė	
Jungiamasis sluoksnis	Kevlaras	
Apatinis sluoksnis	Kevlaras	PES Coolplus
Maksimali ištraukimo jėga $P_{max} \pm \Delta$, N	68,55±1,80	56,95±12,10
Maksimali ištįsa $H_{max} \pm \Delta$, mm	45,20±9,90	45,80±5,78
Kreivės plotas $A \pm \Delta$, Ncm	195,65±23,81	155,14±39,65
Minkštumo rodiklis $\Delta\delta$, %	8,95	6,25
Kreivės polinkio kampas $tg\alpha \pm \Delta$	4,20±0,26	2,84±0,52
Kompleksinis grifo rodiklis Q	0,21	0,21



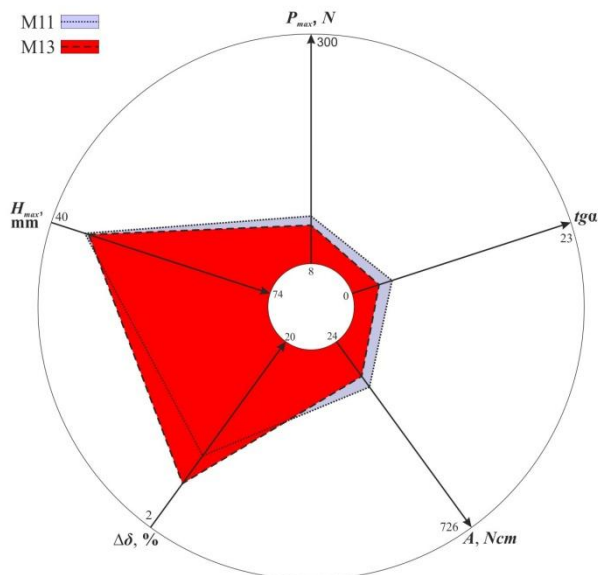
3.45 pav. M11 ir M13 medžiagų būdingosios grifo kreivės

sudėtis apatiniuose (3) sluoksniuose rodo, kad Kevlaro siūlai tikrai blogina grifo savybes, mažina minkštumą, liaunumą, todėl blogėja ir patogumas naudojant tokią medžiagą gaminiuose.

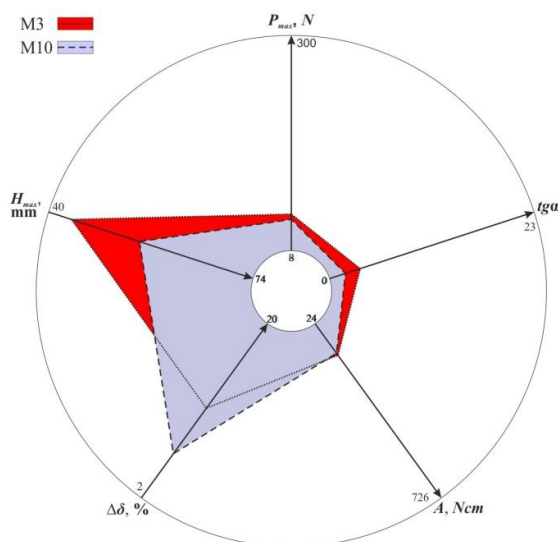
Į analizę būtų galima įtraukti ir M16 bei M17 medžiagas, nes jos skiriasi tik apatinio (3) sluoksnio sudėtimi, tačiau M17 medžiaga buvo itin standi, jos nepavyko ištraukti pro kiaurymę grifo tyrimo metu. Manoma, kad M17 medžiagos standumą galėjo nulemti jungiamajame (2) ir apatiniame (3) sluoksniuose naudoti HPPE siūlai susukti kartu su polibutileno tereftalatu (PBT).

M11 ir M13 medžiagų būdingosios kreivės (3.45 pav.) artimos savo forma, turi du pikus. M11 medžiagos ištraukimo jėga didesnė nei M13, tačiau M13-os didesnė ištįsa, nors vertės kinta paklaidų ribose, kaip ir kreivės ploto vertės, tad būtų galima teigti, kad M11 ir M13 medžiagos yra panašios savo savybėmis, tačiau matoma, kad M13 medžiagos minkštumo rodiklis $\Delta\delta$ yra geresnis nei M11. Tai galėjo įtakoti ne tik medžiagos sudėtis, bet ir medžiagų storis.

Šių medžiagų skirtinga



3.46 pav. M11 ir M13 medžiagų polinės diagramos kompleksinio grifo rodiklio Q nustatymui

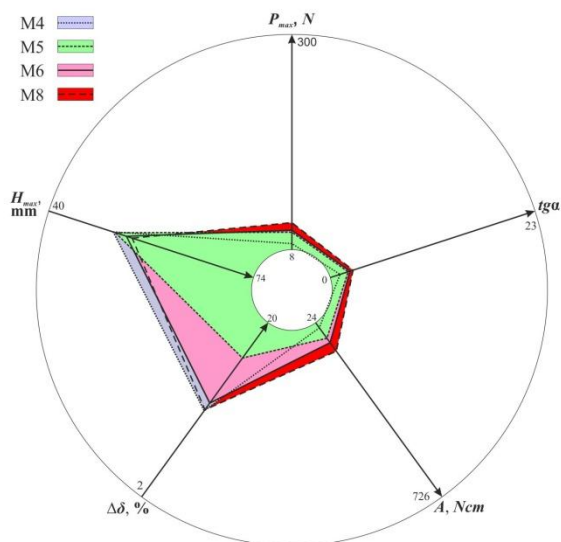


3.47 pav. M3 ir M10 medžiagų polinės diagramos kompleksinio grifo rodiklio Q nustatymui

standumo. M10 medžiagoje, nors jungiamajame (2) sluoksnyje yra naudojamas HPPE siūlas, kuris kitose medžiagose pasireiškė kaip bloginantis grifą, šiuo atveju vieno siūlo naudojimas, nesusukant jo su kitu siūlu ar vielute yra geresnis pasirinkimas grifo atžvilgiu.

Iš visų analizuotų medžiagų galima išskirti keturias geriausiu kompleksiniu grifo rodikliu Q pasižymėjusias medžiagas: M4, M5, M6 ir M8. O tai yra viena iš jau aptartų grupių, kuri sudaryta analizuojant jungiamojo (2) sluoksnio įtaką grifo rodikliams. Šios grupės medžiagoms prireikta ganėtinai nedidelių jėgų, norint jas ištraukti pro kiaurymę, iki 44,62 N, jų maksimalios ištisos svyruoja nuo 48,70 iki 53,85 mm, kreivės polinkio kampai taip pat panašūs savo gautomis vertėmis, o kompleksinis grifo rodiklis Q nuo 0,09 iki 0,13. Nors visi paminėtieji rezultatai pakankamai geri palyginus su kitomis gautomis vertėmis, minkštumo rodikliai ne itin maži, o tai rodo, kad jos nėra minkštos. Tokių medžiagų standumą įtakoja jų sudėtis, nes šių medžiagų grupėje kiekviename iš sluoksnių yra bent po vieną Kevlaro siūlą.

M3 ir M10 medžiagos taip pat negali būti priskirtos nei vienai grupei pagal sluoksnių sudėtį, tačiau jas abi palyginus (3.47 pav.) matyti, kad abiejų medžiagų Q yra panašus (M3 – 0,17, o M10 – 0,16). M3 medžiagos didesnė ištraukimo jėga nei M10, taigi ir didesnė ištisa. M3 medžiaga yra minkštesnė, tačiau apibendrintai galima pasakyti, kad M10 medžiaga pasižymi geresnėmis grifo savybėmis, nes M3-ioje medžiagoje viršutiniame (1) ir jungiamajame (2) sluoksniuose naudoti Kevlaro siūlai susukti su plienine vielute, kurie, šiuo atveju, ir suteikė medžiagai daugiau



3.47 pav. M4, M5, M6 ir M11 medžiagų polinės diagramos kompleksinio grifo rodiklio Q nustatymui

siūlas susuktas su plienine vielute blogina kompleksinio grifo savybes, negalima teigti, kad tokios siūlų sudėties reikia atsisakyti kuriant naujas medžiagas, nes tai nėra pati prasčiausia išeitis, kuri itin blogina rezultatus.

Analizuojant šių medžiagų grupės visus rodiklius, pastebima, kad geriausiomis gautomis vertėmis visgi išsiskiria M4 medžiaga.

Taigi, apibendrintai galima paminėti, kad nepriklausomai nuo to, kuriame sluoksnyje (jungiamajame (2) ar apatiniame (3)) yra naudojami polibutileno teraftalato (PBT) siūlai, jie blogina kompleksinio grifo rodiklio rezultatus. Neigiamai grifo savybes veikia ir HPPE siūlai bei HPPE siūlai susukti su plienine vielute. Ir nors lyginant medžiagas tarpusavyje, kai kuriais atvejais matyti, kad dvigubas Kevlaro

3.4. Eksperimentinių tyrimų rezultatų apibendrinimas

Gauti eksperimentinių tyrimų rezultatai parodė, kad darbo pradžioje išsikelti pagrindiniai tikslai ir lūkesčiai kuriant naujas pjūviams atsparias trisluoksnes megztines medžiagas – pasitvirtino ir svarbiausias tikslas – sukurti naujas pjūviams atsparias trisluoksnes megztines medžiagas – pasiektas.

Atlikus atsparumo pjovimui tyrimą nustatyta, kad iš 18-kos naujai sukurtų pjūviams atsparių trisluoksnių megztinių medžiagų, penkios (M1, M2, M7, M8 ir M11) atitinka aukščiausią – 5-tą atsparumo pjovimui lygį, šešios (M3, M4, M5, M6, M12 ir M13) – 4-tąjį, trys (M14, M15 ir M18) – 3-įjį ir keturios (M9, M10, M16 ir M17) – 2-ąjį atsparumo plovimui lygius.

Pastebima, kad Kevlaro siūlai, esantys viršutiniuose pjūviams atspariose trisluoksnių megztinėse medžiagose, suteikia atsparumo pjūviams, todėl 5-am atsparumo pjovimui lygiui priskirtose medžiagose būtent viršutiniuose sluoksniuose yra šių siūlų. Be to, tyrimo rezultatai parodė, kad būta medžiagų, kaip pvz. M8, kuri atlaikė daugiau nei tris kartus didesnę ciklų skaičių pjūviams, kurios užtenka norint, kad medžiagai būtų suteiktas aukščiausias atsparumo pjovimui lygis. Taip pat nustatyta, kad 5-asis atsparumo pjovimui lygis gali būti pasiekiamas esant įvairiems atskirų sluoksnių siūlų ilginių tankių deriniam, nors pastebėta, kad dažniau viršutinis sluoksnis yra didesnio ilginio tankio už kitus du.

4-tą atsparumo pjovimui lygį atitinkančios pjūviams atsparios trisluoksnių megztinės medžiagos dėl savo sudėties turi panašumų į 5-ą atsparumo pjovimui lygį, tačiau pastebėta, kad esant vienodai viršutinio ir apatinio sluoksnių sudėčiai, tačiau skiriantis jungiamąjį sluoksnių pluoštinei sudėčiai tiriamos medžiagos atitinka skirtingus atsparumo pjovimui lygius. Todėl nustatyta, kad HPPE siūlo susukto su plienine vielute arba Kevlaro siūlo susukto su plienine vielute, naudojimas medžiagų jungiamajame sluoksnyje, kai viršutiniame ir apatiniame sluoksniuose yra naudojami Kevlaro siūlai, mažina atsparumą pjūviams. Todėl gaunama išvada, kad susukto Kevlaro siūlo su HPPE arba bazalto siūlo naudojimas medžiagų jungiamajame sluoksnyje, gerina atsparumą pjūviams. Taip pat nustatyta, kad 4-tą atsparumo pjovimui lygį atitinkančios medžiagos yra plonesnės, o medžiagų paviršinio tankio pokyčio intervalas beveik 3 kartus didesnis nei 5-ojo atsparumo pjovimui lygio. Ilginio tankio išsidėstymas atskiruose medžiagų sluoksniuose yra skirtingas, tik apatiniuose (3) sluoksniuose (kaip ir 5-tą atsparumo pjovimui lygį atitinkančių medžiagų) yra po 20 tex, nors sudėtis yra skirtinga.

3-į atsparumo pjovimui lygį atitinkančios medžiagos yra plonesnės nei 5-ojo atsparumo pjovimui lygio, o paviršinis tankis didesnis nei 5-ojo ir 4-ojo lygių. Atsižvelgiant į siūlų ilginį tankį atskiruose sluoksniuose matoma, kad viršutiniuose sluoksniuose jis yra didesnis už daugumą 5-o ir 4-o atsparumo pjovimui lygių medžiagų. Jungiamuosiuose sluoksniuose siūlų ilginis tankis yra mažesnis arba lygus 5-o ir 4-o lygių medžiagoms, o apatinių sluoksnių ilginis tankis 3-io, 4-o ir 5-o atsparumo pjovimui lygių medžiagose yra vienodas – 20 tex.

2-ą atsparumo pjovimui lygį atitinkusios pjūviams atsparios trisluoksnių megztinės medžiagos yra storiausios, o jų paviršinis tankis yra didžiausias iš visų atsparumo pjovimui lygių priskirtų medžiagų, kai tuo tarpu 5-o ir 4-o atsparumo pjovimui lygių medžiagų didžiausi paviršiniai tankiai nesiekia 2-ojo lygio mažiausio paviršinio tankio vertės. Taigi galima teigti, kad medžiagų paviršinis tankis turi įtakos medžiagų atsparumo pjovimui lygio nustatymui.

Taip pat nustatyta, kad 2-o atsparumo pjovimui lygio medžiagų viršutiniuose sluoksniuose siūlų ilginis tankis yra daugiau nei dvigubai didesnis už esančių jungiamuosiuose ir apatiniuose sluoksniuose, o lyginant su 5-o atsparumo pjovimui lygio medžiagomis, siūlų ilginis tankis yra 56 % didesnis.

Nagrinęjant 2-ą atsparumo pjovimui lygį atitinkančias medžiagas, nustatyta, kad polibutileno teraftalato (PBT) naudojimas medžiagose nesuteikia atsparumo pjūviams.

Palyginus sukurtų pjūviams atsparių trisluoksnių megztinių medžiagų storį ir paviršinį tankį su atsparumo pjovimui lygiais, matyti, kad 4-to atsparumo pjovimui lygio medžiagos pasižymi mažiausiu storiu ir paviršiniu tankiu, tuo tarpu 2-o lygio medžiagos yra storiausios ir sunkiausios. Nustatytas koreliacinis ryšys, tarp atsparumo pjovimui lygių ir medžiagų storio yra labai silpnas

($r=-0,36$), tačiau kuo mažesnis tirtų medžiagų paviršinis tankis, tuo geresnis atsparumo pjovimui lygis ($r=-0,62$). Paanalizavus koreliacinę ryšį tarp atsparumo pjovimui lygių ir tankumo, gauta tendencija, jog kuo didesnis kilpų skaičius stulpelių kryptimi, tuo geresnis ir atsparumo pjovimui lygis ($r=0,59$). O analizuojant koreliacinę ryšį tarp sukurtų pjūviams atsparių trisluoksnių megztinių medžiagų paviršinio tankio ir tankumo, pastebima tendencija, jog kuo mažesnis tankumas stulpelių kryptimi, tuo didesnis paviršinis tankis ($r=-0,50$).

Analizuojant viršutinio sluoksnio įtaką pradūrimui, nustatyta, kad dvigubo HPPE siūlo naudojimas medžiagos viršutiniame sluoksnyje gerina atsparumą pradūrimui, nes tokį viršutinį sluoksnį turinčiai M18 medžiagai prireikė daugiausia jėgos jos pradūrimui. Tačiau dvigubo kevlaro siūlo susukto su plienine vielute naudojimas viršutiniame sluoksnyje mažina atsparumą ir pasipriešinimą pradūrimui, nes plieninė vielutė yra pakankamai slidi adatos atžvilgiu, todėl tokios medžiagos pradūrimui nereikia panaudoti itin didelės jėgos. Nagrinėtų medžiagų koreliacinis ryšys rodo, kad kuo didesnė ištįsa, tuo didesnė pradūrimo jėga ($r=0,92$), o kuo storesnė medžiaga, tuo didesnis paviršinis tankis ($r=0,81$), taip pat didesnė pradūrimo jėga ($r=0,90$) bei didesnė ištįsa ($r=0,64$). Taip pat nustatyta, kad kuo didesnis tankumas eilučių, t.y. skersine kryptimi, tuo didesnė pradūrimo jėga ($r=0,997$).

Nors jungiamojo sluoksnio pluoštinė sudėtis neturi itin reikšmingos įtakos medžiagų atsparumo pradūrimui rezultatams, pastebima, kad susukto HPPE siūlo su Kevlaro siūlu naudojimas medžiagos jungiamajame sluoksnyje, kai viršutiniame ir apatiniame sluoksniuose yra naudojamas Kevlaro siūlas, gerina medžiagos atsparumą pradūrimui. O Kevlaro ir PES Coolplus siūlų bei HPPE siūlų, kurie yra susukti su polibutileno teraftalato siūlu, panaudojimas jungiamajame medžiagos sluoksnyje, šiek tiek gerina medžiagos atsparumą pradūrimui. Analizuotų medžiagų koreliacinis ryšys rodo, kad kuo didesnė ištįsa, tuo didesnė pradūrimo jėga ($r=0,96$). Taip pat nustatyta, kad kuo storesnė medžiaga, tuo didesnis paviršinis tankis ($r=0,88$) ir ištįsa ($r=0,79$) bei pradūrimo jėga ($r=0,61$). Nors koreliacinis ryšys nėra stiprus, tačiau pastebima, kad kuo didesnis paviršinis tankis, tuo didesnė pradūrimo jėga ($r=0,60$) bei ištįsa ($r=0,76$).

Apatinio sluoksnio įtaka taip pat neturi reikšmingos įtakos medžiagų atsparumo pradūrimui. Šiuo atveju svarbu, kad medžiaga nedirgintų odos paviršiaus esant tiesioginiam sąlyčiui su oda, todėl nors didžiausiu atsparumu pradūrimui pasižymėjo medžiaga, kurios apatiniame sluoksnyje yra susuktas HPPE siūlas su polibutileno siūlu, siūloma šiame sluoksnyje naudoti PES Coolplus siūlą. Apatinių medžiagų sluoksnį nagrinėtų medžiagų mechaninių charakteristikų koreliacinis ryšys rodo, kad kaip ir kitų medžiagų grupių atveju, kuo didesnė ištįsa, tuo didesnė pradūrimo jėga ($r=0,99$) bei kuo storesnė medžiaga, tuo mažesnė pradūrimo jėga ($r=-0,96$) bei ištįsa ($r=-0,94$).

Apibendrinant visus išanalizuotus medžiagų sluoksnius, nustatyta, kad Kevlaro bei HPPE siūlai didina pasipriešinimą medžiagos pradūrimui, nepriklausomai nuo to, kokiam sluoksnyje šie siūlai yra išsidėstę.

Analizuojant pjūviams atsparių trisluoksnių megztinių medžiagų viršutinio sluoksnio įtaką grifui nustatyta, kad dvigubo Kevlaro siūlo susukto su plienine vielute bei HPPE siūlo naudojimas medžiagos viršutiniame sluoksnyje standina-kietina medžiagą, t.y. blogina kompleksinio grifo rodiklio vertes. Tačiau HPPE derinio su anglies pluoštu naudojimas viršutiniame medžiagos sluoksnyje gerina kompleksinio grifo rodiklio savybes.

Susukto HPPE siūlo su plienine vielute, arba su bazalto siūlu, arba su polibutileno teraftalato siūlu (PBT) naudojimas jungiamajame medžiagų sluoksnyje blogina medžiagų kompleksinio grifo rodiklio reikšmes. Mažesnę neigiamą įtaką daro Kevlaro siūlas su plienine vielute, nors visais minėtais atvejais dėl pluoštinės sudėties, medžiagos nėra itin minkštos.

Taigi, apibendrintai galima paminėti, kad nepriklausomai nuo to, kuriame sluoksnyje jungiamajame ar apatiniame yra naudojami polibutileno teraftalato (PBT) siūlai, jie vienareikšmiškai blogina kompleksinio grifo rodiklio rezultatus. Neigiamai grifo savybes veikia ir HPPE siūlai bei HPPE siūlai susukti su plienine vielute, o PES Coolplus siūlų naudojimas jungiamajame ir apatiniame sluoksniuose suteikia medžiagoms minkštumo.

IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

1. Dažniausiai pjūviams atsparios tekstilės medžiagos yra vienasluoksnės ir atlieka tik vieną – apsauginę funkciją, kas kai kuriais atvejais priverčia naudoti papildomus medžiagų sluoksnius, siekiant apsaugoti nuo odos sudirginimo esant tiesioginiam sąlyčiui su oda.

2. Darbe sukurtos naujos pjūviams atsparios trisluoksnės megztinės medžiagos yra atsparios pjūviams. Penkios iš jų atitinka aukščiausią – 5-ą atsparumo pjovimui lygį, šešios – 4-tą, trys – 3-įjį ir keturios – 2-ąjį atsparumo plovimui lygius.

3. Viršutiniuose medžiagų sluoksniuose naudojami Kevlaro siūlai suteikia medžiagoms maksimalią apsaugą nuo pjūvių. Susukto HPPE siūlo su plienine vielute arba susukto Kevlaro siūlo su plienine vielute naudojimas medžiagų jungiamajame sluoksnyje, kai viršutiniame ir apatiniame sluoksniuose yra naudojami Kevlaro siūlai, mažina atsparumą pjūviams, o susukto Kevlaro siūlo su HPPE arba bazalto siūlu naudojimas medžiagų jungiamajame sluoksnyje, gerina atsparumą pjūviams.

4. 2-ą atsparumo pjovimui lygį atitikusios pjūviams atsparios trisluoksnės megztinės medžiagos yra storiausios, o jų paviršinis tankis yra didžiausias iš visų atsparumo pjovimui lygių.

5. Polibutileno teraftalato (PBT) naudojimas medžiagose, nepriklausomai nuo to kuriame sluoksnyje, mažina atsparumą pjūviams.

7. Nustatyta, kad dauguma sukurtų pjūviams atsparių trisluoksnių megztinių medžiagų atsparumo pradūrimui tyrimo metu nepasižymėjo itin dideliu tūsumu, kokį turi tirtosios rinkoje naudojamos vienasluoksnės medžiagos.

8. Analizuojant viršutinio sluoksnio įtaką pradūrimui, nustatyta, kad dvigubo HPPE siūlo naudojimas medžiagos viršutiniame sluoksnyje gerina atsparumą pradūrimui, tačiau dvigubo Kevlaro siūlo susukto su plienine vielute naudojimas viršutiniame sluoksnyje mažina atsparumą ir pasipriešinimą pradūrimui.

9. Jungiamojo sluoksnio pluoštinė sudėtis neturi reikšmingos įtakos medžiagų atsparumo pradūrimui rezultatams, tačiau nustatyta, kad susukto HPPE siūlo su Kevlaro siūlu naudojimas medžiagos jungiamajame sluoksnyje, kai viršutiniame ir apatiniame sluoksniuose yra naudojamas Kevlaro siūlas, gerina medžiagos atsparumą pradūrimui, o Kevlaro ir PES Coolplus siūlų bei HPPE siūlų, kurie yra susukti su polibutileno teraftalato siūlu, panaudojimas jungiamajame medžiagos sluoksnyje, tik šiek tiek gerina medžiagos atsparumą pradūrimui.

10. Kevlaro bei HPPE siūlai didina pasipriešinimą medžiagos pradūrimui, nepriklausomai nuo to, kokiame sluoksnyje šie siūlai yra išsidėstę. Remiantis gautais pradūrimo tyrimo rezultatais, galima teigti, jog viršutiniame medžiagos sluoksnyje geriausia naudoti dvigubą HPPE siūlą (40 tex), jungiamajame sluoksnyje tinkamiausias HPPE siūlas susuktas kartu su polibutileno teraftalato (PBT) siūlu, o apatiniame – PES Coolplus siūlas.

11. HPPE siūlų, HPPE siūlų susuktų su plienine vielute, arba su bazalto siūlu, arba su polibutileno teraftalato siūlu (PBT) naudojimas jungiamajame medžiagų sluoksnyje blogina medžiagų kompleksinio grifo rodiklio reikšmes, tačiau PES Coolplus siūlų naudojimas jungiamajame ir apatiniame medžiagų sluoksniuose suteikia medžiagoms minkštumo.

12. Kuriant naują pjūviams atsparią trisluoksnę megztinę medžiagą, siūloma naudoti tokias sluoksnių sudėtis: viršutiniame sluoksnyje – Kevlaro siūlas (20 tex), jungiamajame (2) sluoksnyje – HPPE siūlas (20 tex) susuktas kartu su Kevlaro siūlu (20 tex), o apatiniame (3) sluoksnyje – PES Coolplus siūlas (20 tex) arba viršutiniame sluoksnyje – HPPE siūlas (20 tex) susuktas kartu su Kevlaro siūlu (20 tex), jungiamajame sluoksnyje – Kevlaro siūlas (20 tex), o apatiniame sluoksnyje – PES Coolplus siūlas (20 tex).

13. Gaminant naują pjūviams atsparią trisluoksnę megztinę medžiagą, rekomenduojama, kad medžiaga būtų kuo plonesnė, jos paviršinis tankis neturėtų viršyti 650 g/m^2 . Būtina atkreipti dėmesį į medžiagų tankumą, nes kuo didesnis kilpų skaičius stulpelių kryptimi, tuo medžiaga atsparesnė pjūviams.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

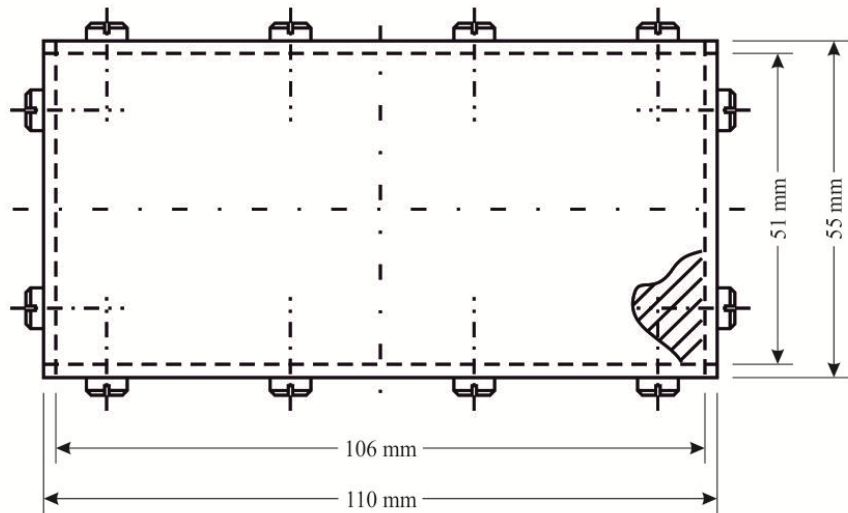
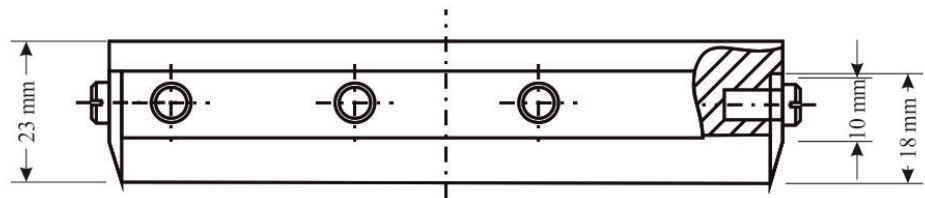
1. Grockis, M., Strazdienė, E. Antivandalistinė tekstilė: asortimentas, savybės, taikymo ypatumai. Gaminių technologijos ir dizainas. Konferencijos pranešimų medžiaga Kaunas: Technologija, 2009: pp. 53 – 57.
2. Milašius, R., Stanys, S., Adomavičienė, M. Techninės tekstilės medžiagos ir jų savybės. Mokomoji knyga. Kaunas: Vitae litera. 2007. 97 p. ISBN 978-9955-686-25-5.
3. Policijos departamentas prie Vidaus reikalų ministerijos: veiklos ataskaitos. Prieiga per internetą: <http://www.policija.lt/index.php?id=2875>
4. Masteikaitė, V. Specialiųjų siuvinių kūrimas. Mokomoji knyga. Kaunas: Technologija, 1999. 70 p.
5. Vitkauskas, A. Siūlų ir tekstilės gaminių bandymai. Metodiniai nurodymai ir laboratorinių darbų aprašymai. Kaunas: Technologija, 1992. 114 p.
6. Vitkauskas, A., Milašius, V., Čiukas, R. Tekstilės medžiagų mechanika: vadovėlis. Kaunas: Vitae litera, 2007. 198 p. ISBN 978-9955-686-37-8.
7. Aiškinamasis tekstilės terminų žodynas. Čiukas R. ir kt. Kaunas: Technologija, 2001. ISBN 9955-09-106-1.
8. Lietuvos Standartas LST EN ISO 4921-2003. Mezgimas. Pagrindinės sąvokos. Terminai ir apibrėžimai.
9. International Standart ISO 8388-1998. Knitted Fabrics-Types-Vocabulary.
10. Šlapak, G., Grinevičiūtė, D. Tekstilės grifo įvertinimas ekspertų apklausos būdu. Gaminių technologijos ir dizainas. Konferencijos pranešimų medžiaga Kaunas: Technologija, 2003: pp. 114 – 118.
11. Martišiūtė G., Gutauskas, M. Prietaisas tekstilės grifui nustatyti. Gaminių technologijos ir dizainas. Konferencijos pranešimų medžiaga Kaunas: Technologija, 2002: pp. 190 – 193.
12. Truncytė, D., Gutauskas, M. V. Prietaisas tekstilės grifui nustatyti. 2005 12 27. 9p. TPK. ind.: GOIB 5/20. Pat. Nr. LT 5293B.
13. Šlapak, G., Grinevičiūtė, D. Subjektyvaus ir objektyvaus tekstilės grifo vertinimo metodų palyginimas paltinės grupės medžiagoms. Gaminių technologijos ir dizainas. Konferencijos pranešimų medžiaga Kaunas: Technologija, 2004: pp. 145 – 149.
14. Winakor, G., Kim, Ch. J. Fabric Hand: Tactile Sensory Assessment Textile Research Journal 50 (10) 1980: pp. 606 – 608.
15. Bishop, D. P. Fabrics: Sensory and mechanical properties Textile Progress England 26(3) 1996: pp. 1 – 63.
16. Grinevičiūtė, D., Gutauskas, M. Įžanga į tekstilės grifo vertinimo metodo pagrindimą. Gaminių technologijos ir dizainas. Konferencijos pranešimų medžiaga Kaunas: Technologija, 2003: pp. 53.
17. Grigaliūnaitė, L., Čečėtaitė, L., Činčikaitė, E., Titas, R. Darbo drabužių audinių dėvimųjų savybių tyrimas Gaminių technologijos ir dizainas Kaunas: Technologija, 2003: pp.152 – 156.
18. Steve, I., Protective cut-resistant sportswear material. Pat. Nr. CA 2775538 A1 [žiūrėta 2013 m. spalio 18 d.]. Prieiga per internetą http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=worldwide.espacenet.com&II=136&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20121108&CC=US&NR=2012278981A1&KC=A1
19. Veillet, F., Knitted cut-resistant glove, without fiberglass. Pat. Nr. EU 2468121B1 [žiūrėta 2013 m. spalio 18 d.]. Prieiga per internetą <http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=2012233740A1&KC=A1&FT=D>
20. Prickett, L. J., Stain masking cut resistant gloves and process for making same. Pat. Nr. US 2097580B1 [žiūrėta 2013 m. lapkričio 16 d.]. Prieiga per internetą

- <http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=WO&NR=2008045445A3&KC=A3&FT=D>
21. Teruyoshi, T., Cut resistant glove. Pat. Nr. JP 1911866B1 [žiūrėta 2013 m. spalio 18 d.]. Prieiga per internetą
<http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=EP&NR=1911866B1&KC=B1&FT=D>
 22. Solares, D., Cut-resistance protective glove. Pat. Nr. US 0510093B1 [žiūrėta 2013 m. gruodžio 3 d.]. Prieiga per internetą
<http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=EP&NR=0510093B1&KC=B1&FT=D>
 23. Saunders, P., Flather, M., Narasimhan, D., Chemical resistant glove having cut resistant properties. Pat. Nr. US 0077713A1 [žiūrėta 2013 m. lapkričio 20 d.]. Prieiga per internetą
<http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=2009077713A1&KC=A1&FT=D>
 24. Zetune, K., Puncture and/or cut resistant glove having maximized dexterity, tactility and comfort. Pat. Nr. US 0139294A1 [žiūrėta 2013 m. spalio 18 d.]. Prieiga per internetą
<http://appft1.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect1=PTO1&Sect2=HITOFF&d=PG01&p=1&u=/netahtml/PTO/srchnum.html&r=1&f=G&l=50&s1=20130139294.PG NR>
 25. Zhu, R., Cut resistant gloves containing fiberglass and para-aramid. Pat. Nr. US 0186455A1 [žiūrėta 2013 m. lapkričio 16 d.]. Prieiga per internetą
<http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=EP&NR=2393967B1&KC=B1&FT=D>
 26. Kolmes, H., N., Brittain, D., Herring, J., E., Lightweight, cut and/or abrasion resistant garments, and relates protective wear. Pat. Nr. US 0050699A1 [žiūrėta 2013 m. lapkričio 16 d.]. Prieiga per internetą
http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=worldwide.espacenet.com&II=427&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20110310&CC=WO&NR=2011028746A1&KC=A1
 27. Baiquan, D., Metal knitting decorative material and its producing method. Pat. Nr. CN 1616250 [žiūrėta 2013 m. lapkričio 16 d.]. Prieiga per internetą
http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=worldwide.espacenet.com&II=39&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20050518&CC=CN&NR=1616250A&KC=A
 28. John, D., Puncture and cut resistant material. Pat. Nr. US 111753A2 [žiūrėta 2013 m. spalio 18 d.]. Prieiga per internetą
<http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=WO&NR=2007111753A3&KC=A3&FT=D>
 29. Hummel, J., Cut resistant fabric and glove. Pat. Nr. US 0064865A1 [žiūrėta 2013 m. lapkričio 16 d.]. Prieiga per internetą
<http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=2004064865A1&KC=A1&FT=D>
 30. Carson, J., K., Schennum, S., M., Absorbent sheet material having cut resistant particles and methods for making the same. Pat. Nr. CN 6592983B1 [žiūrėta 2013 m. lapkričio 16 d.]. Prieiga per internetą
<http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=WO&NR=0180801A2&KC=A2&FT=D>
 31. Dias, T., Mitcham, K., Cut-resistant gloves. Pat. Nr. US 8322167B2 [žiūrėta 2013 m. gruodžio 3 d.]. Prieiga per internetą
<http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=8322167B2&KC=B2&FT=D>

32. Moreland, J., Zonal cut resistant gloves. Pat. Nr. US 0213094A1 [žiūrėta 2013 m. lapkričio 16 d.]. Prieiga per internetą <http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=2013213094A1&KC=A1&FT=D>
33. Baker, J., A., Wagner, M., L., Cut resistant glove. Pat. Nr. US 1959770B1 [žiūrėta 2013 m. gruodžio 3 d.]. Prieiga per internetą <http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=EP&NR=1959770B1&KC=B1&FT=D>
34. Andrews, M., A., Andrews, G., V., Miles, J., B., Protective articles made of a composite fabric. Pat. Nr. US 6155084 [žiūrėta 2013 m. gruodžio 3 d.]. Prieiga per internetą <http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=6155084A&KC=A&FT=D>
35. Yarborough, P., D., Cut resistant, wicking and thermoregulating fabric and articles made therefrom. Pat. Nr. US 2005002376 [žiūrėta 2013 m. lapkričio 14 d.]. Prieiga per internetą <http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=WO&NR=2005002376A1&KC=A1&FT=D>
36. Esteves, De S., F., R., M., An integrated, washable and reusable three-dimensional (3D) multifunctional knitted fabric structure and method to produce the same. Pat. Nr. US 2011108954A1 [žiūrėta 2013 m. rugsėjo 21 d.]. Prieiga per internetą <http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=WO&NR=2011108954A1&KC=A1&FT=D>
37. Martišiūtė, G., Gutauskas, M. Patentų aprašymas. Būdas ir įtaisas tekstilės grifui nustatyti. Pat. Nr. 5050
38. PES Coolplus aprašymas [žiūrėta 2014 m. vasario 10 d.]. Prieiga per internetą http://www.textile-tech.com.tw/web_en/product-info.php?id=74
39. LST EN:388:2003. Apsauginės pirštinės nuo mechaninių pažeidimų.
40. „Satra STM 611“ mašinos aprašymas [žiūrėta 2014 m. gruodžio 5 d.]. Prieiga per internetą http://www.satraportal.co.uk/test_equipment/tec_view.php?id=177

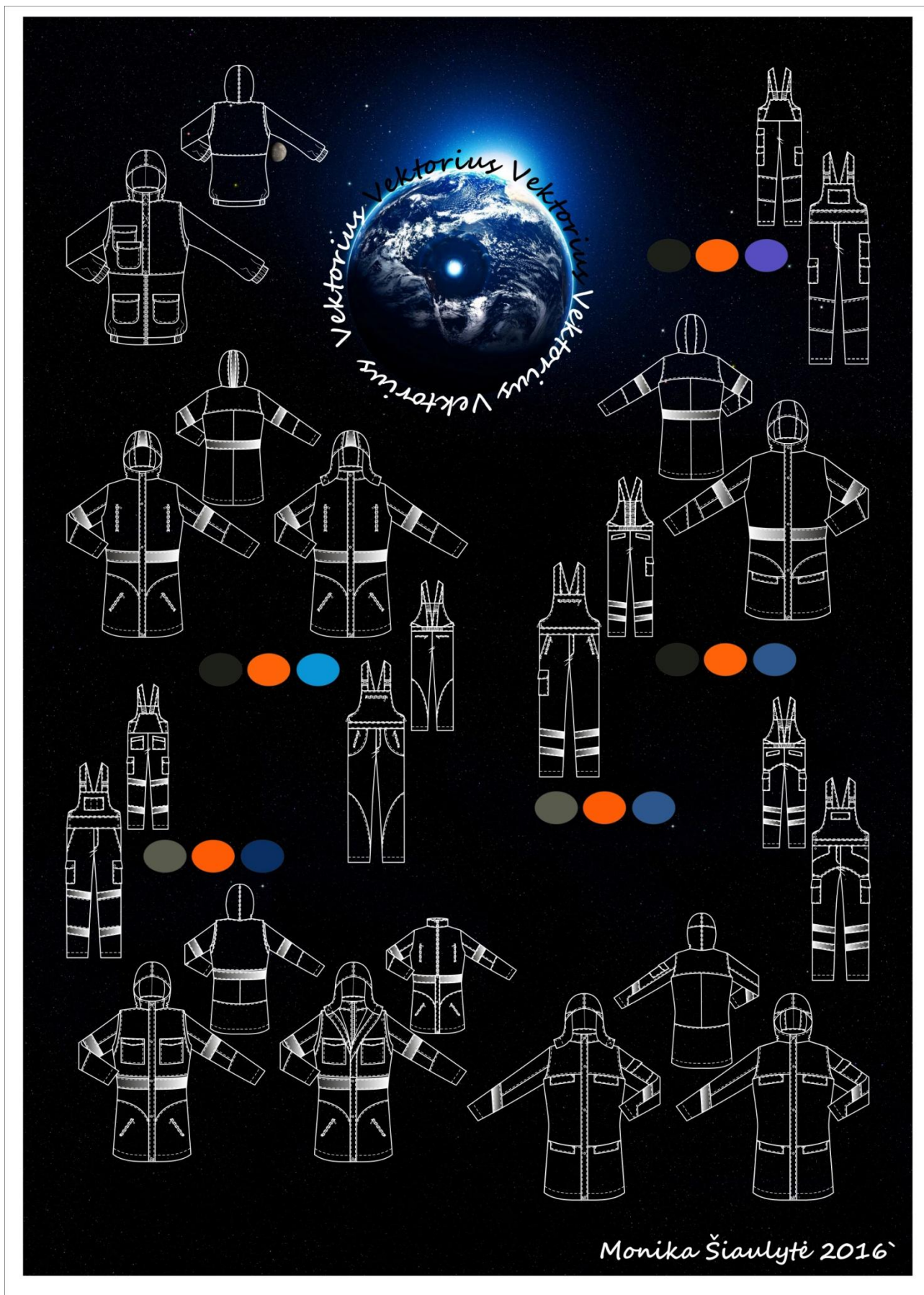
BRÉŽINIAI

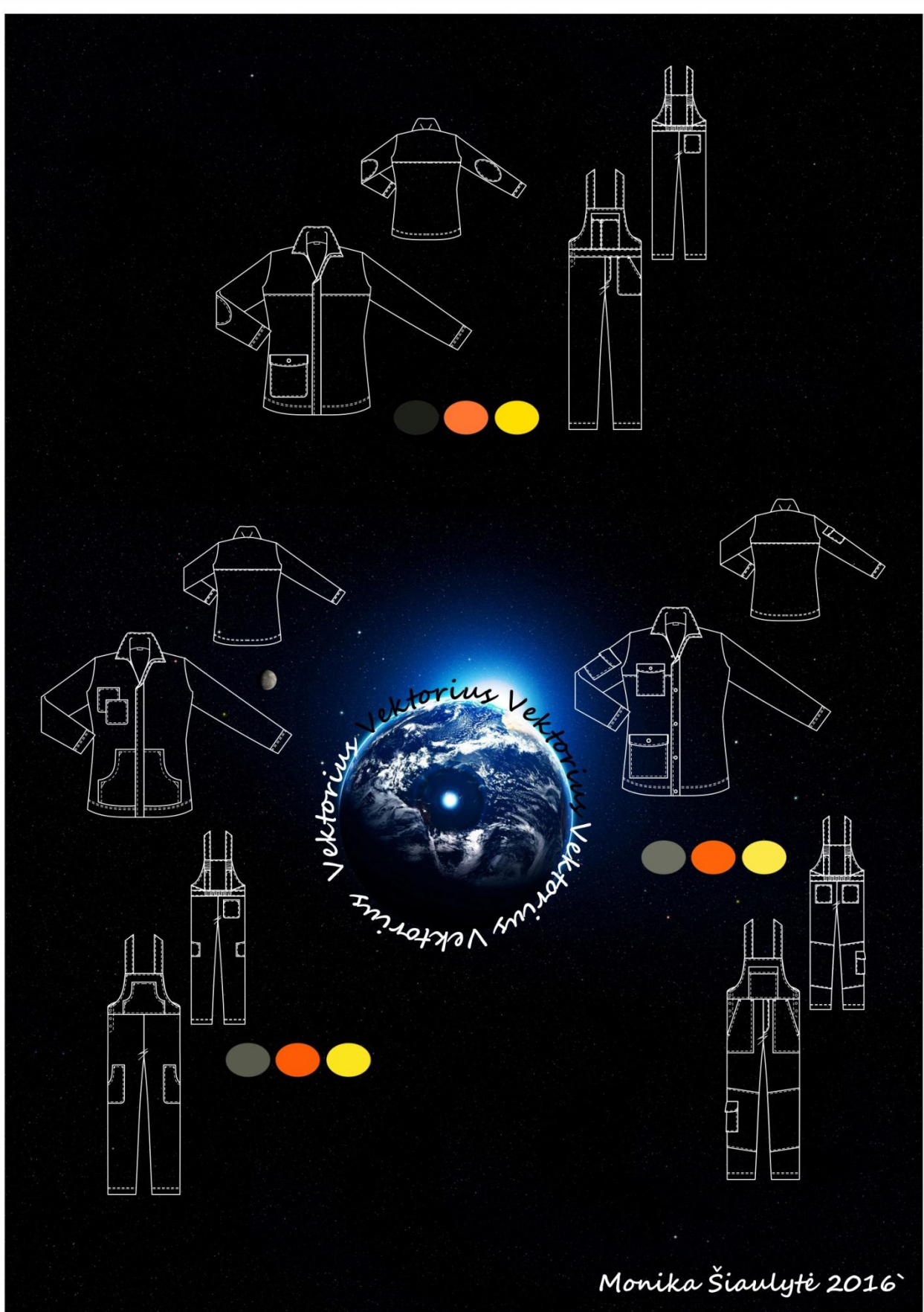
1 BRĖŽINYS. KIRTIKLIO KONSTRUKCIJA



 Laikmena Monika Šiaulytė. Baigiamasis magistro darbas		 Rinkmena Kirtiklio konstrukcija.cdr		Mastelis 1:1	
Grupė DA-3		Studentė Monika Šiaulytė		Dokumento pavadinimas KIRTIKLIS	
Darbo vadovas Kristina Ancutienė		Dokumento statusas Mokomasis		Baigiamasis magistro darbas	
Recenzentas Virginija Daukantiene		Darbo pavadinimas PJŪVIAMS ATSPARIŲ TRISLUOKSNIŲ MEGZTINIŲ MEDŽIAGŲ KŪRIMAS IR MECHANINIŲ CHARAKTERISTIKŲ TYRIMAS		Perž. A	Data 2015-05-11
KTU Medžiagų inžinerijos katedra				Kalba lt	Lapas 1/1

2 BRĖŽINYS. KOLEKCIJOS „VEKTORIUS“ PLANŠETAI





PRIEDAI

1 PRIEDAS. SERTIFIKATAS PATVIRTINANTIS DALYVAVIMĄ JAUNŪJŲ MOKSLININKŲ PARODOJE – KONFERENCIJOJE „TECHNORAMA 2015“

TECH NORA 2015

SERTIFIKATAS

JAUNŪJŲ MOKSLININKŲ DARBŲ PARODA-KONKURAS

Šiuo sertifikatu pažymima, kad
MONIKA ŠIAULYTĖ
dalyvavo jaunųjų mokslininkų parodoje-konkurse „TECHNORAMA 2015“, kurioje
pristatė darbą

Pjovimui atsparių megztinių medžiagų mechaninių charakteristikų tyrimas

„Technorama 2015“ darbų vertinimo komisijos pirmininkė
KTU mokslo prorektorė Asta Pundziienė

Kauno technologijos universitetas

MITA

VERSJI
Lietuvos
STARTUP

Practica Capital
renginio mecenatas

Antonio Guagoyos
paramos fondas
renginio globėjas

SCHMITZ
CARGOBULL
The Trailer Company

Fima

INOVATYVAUS
VERSILO
KERMO
KATINAS

LIETUVOS SVEIKATOS
MOKSLŲ UNIVERSITETAS

LT VCA
Lietuvos Veterinarijos
Asociacija

KTMU
KTU alumnų asociacija

intermedix

VOLGAS
ENGELMAN
BRANDS

Lokės pėda
RUSTALAI PARADA

LRT

KAS NORĖS
KAUNĖ

ZITIOS

15 min.lt

Kuriamo Lietuvos ateičiai

2 PRIEDAS. JAUNŪJŲ MOKSLININKŲ PARODOJE-KONFERENCIJOJE „TECHNORAMA 2015 NAUDOTAS PRISTATOMASIS PLAKATAS



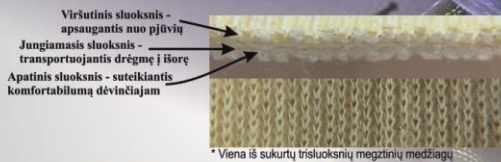
ERDVINIŲ PJŪVIAMS ATSPARIŲ MEGZTINIŲ MEDŽIAGŲ KŪRIMAS IR MECHANINIŲ SAVYBIŲ TYRIMAS

MONIKA ŠIAULYTĖ*, KRISTINA ANCUTIENĖ
Kauno technologijos universitetas, Medžiagų inžinerijos katedra, Studentų g. 56, Kaunas, *monika.siaulyte@gmail.com

Apsauginės aprangos rinkoje naudojamos pjūviams atsparios tekstilės medžiagos atlieka pagrindinę savo funkciją - mažina riziką susižeisti aštriais paviršiais ir įrankiais, tačiau neretai yra labai standžios, storos, nelanksčios arba siūlų pluoštinė sudėtis neleidžia užtikrinti komfortabilumo liečiant.

Tikslas - sukurti ne tik aukščiausiu atsparumo pjojimui lygiu (aukščiausias yra 5 lygis (EST EN388)), tačiau ir geru lankstumu ir komfortabilumu pasižyminčias trisluoksnes megztnes medžiagas.

Trisluoksnių megztnes medžiagos prototipas



GRIFO TYRIMAS

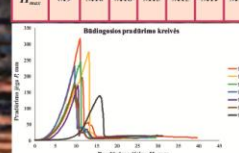


$\Delta\delta$	M14	M15	M10	M13	M9
Q	M9	M10	M8	M4	M5

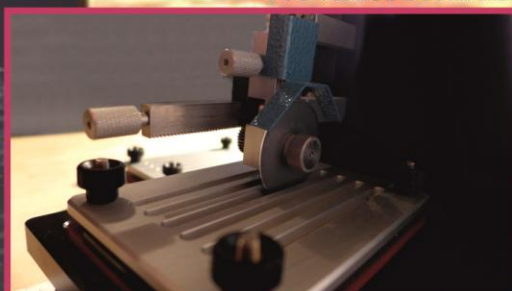
ATSPARUMO PRADŪRIMUI TYRIMAS



P_{max}	M17	M18	M15	M16	M1	M2	M9
H_{max}	M9	M10	M18	M13	M15	M11	M17



ATSPARUMO PJOVIMUI TYRIMAS



Medžiagos žymėjimas	M8	M1	M2	M11	M7
Atsparumas pjojimui (lygiais)	5	5	5	5	5

