

STRUKTURNE KARAKTERISTIKE, KOMPRESIONA I PREKIDNA SVOJSTVA DESNO-LEVIH KULIRANIH PLETENINA PRE I POSLE PRANJA

Koviljka Asanović^{1*}, Nadiia Bukhonka², Tatjana Mihailović¹, Mirjana Kostić¹

¹ Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet,
Katedra za tekstilno inženjerstvo, Beograd, Srbija

² Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin" Zrenjanin,
Katedra za osnovne i primenjene nauke, Zrenjanin, Srbija

* e-mail: koka@tmf.bg.ac.rs

Scientific paper

UDC: 677-037:687.3-024

DOI: 10.5937/tekstind2302036A



Apstrakt: U radu su ispitivane strukturne karakteristike, kompresiona i prekidna svojstva pletenina pre i posle pranja. Ispitivanja su obuhvatila tri desno-leve kulirane pletenine sirovinskog sastava pamuk, vuna i organska vuna. Od strukturnih karakteristika pletenina određivani su gustina po vertikali i horizontali, površinska gustina pletenina, dužina pređe u petlji, površinska masa pletenina i njihove debljine. Od kompresionih svojstava ispitivani su kompresibilnost, gubitak debljine i elastični oporavak, a od prekidnih svojstava sila probijanja i hod kugle pri probijanju. Dobijeni rezultati su pokazali da površinska gustina pletenine i sirovinski sastav utiču na kompresiona svojstva, sirovinski sastav na prekidna svojstva, a pranje na strukturne karakteristike, kompresiona i prekidna svojstva pletenina. Kod sve tri ispitivane pletenine, posle pranja, registrovan je porast gustine po vertikali i horizontali, a time i površinske gustine pletenina, površinske mase pletenina i njihovih debljina, kompresibilnosti, gubitka debljine i hoda kugle pri probijanju, ali smanjenje elastičnog oporavka i sile probijanja. Pranje je dovelo do skupljanja pletenina, smanjenja dužine pređe u petlji kod pletenina od pamuka i organske vune, ali do povećanja dužine pređe u petlji kod vunene pletenine.

Ključne reči: pletenina, struktura, kompresiona svojstva, prekidna svojstva, pranje.

STRUCTURAL CHARACTERISTICS, COMPRESSION AND STRENGTH PROPERTIES OF PLAIN WEFT-KNITTED FABRICS BEFORE AND AFTER WASHING

Abstract: The structural characteristics, compression, and strength properties of knitted fabrics, before and after washing, were investigated in this paper. The experimental material consisted of three plain weft-knitted fabrics produced of cotton, wool, and organic wool. The structural characteristics of the knitted fabrics were analyzed by measuring the number of courses and wales per centimeter, stitch density, yarn loop length, weight, and thickness. The compression properties were determined by measuring compressibility, thickness loss, and compressive resilience. The strength properties were investigated by measuring the bursting strength and ball traverse elongation. The results showed that stitch density and raw material composition affect compression properties, raw material composition affects strength properties, and washing affects structural characteristics, compression, and strength properties of knitted fabrics. After washing, all knitted fabrics increased in the number of courses and wales per centimeter, stitch density, weight, thickness, compressibility, thickness loss, and ball traverse elongation, and decreased in compressive resilience and bursting strength. Additionally, shrinkage of the knitted fabrics was observed after washing. Also, cotton and organic wool knitted fabrics decreased in yarn loop length, while wool knitted fabric increased in yarn loop length after washing.

Keywords: knitted fabric, structure, compression properties, strength properties, washing.

1. UVOD

Sve veći zahtevi za ekološki prihvatljivim i održivim tekstilnim materijalima pružaju značajne mogućnosti za povećanje upotrebe prirodnih vlakana, kao što su pamuk i vuna, imajući u vidu da su to dva najvažnija predstavnika prirodnih vlakana biljnog, odnosno životinjskog porekla [1]. Adekvatan odgovor na navedeni zahtev je razvoj "green" tehnologije dobijanja tekstilnih vlakana, kao što su organska vlakna [2-4], reciklirana vlakna [3] i njihova dalja primena za proizvodnju prediva [5, 6] i tekstilnih proizvoda kao što su tkanine, pletenine i drugi tekstilni materijali [7-9].

Pletenine i tkanine nalaze široku primenu za izradu odevnih proizvoda, mada se prednost daje pleteninama zbog njihove niže proizvodne cene, ali i boljeg komfora i veće elastičnosti [10]. Prekidna svojstva i svojstva komfora su u bliskoj vezi sa vrstom pletene strukture, pri čemu su u odevnom sektoru, najširu primenu našle desno-leve kulirane pletenine [11]. Ove pletenine su meke, glatke sa jedne strane, male površinske mase [10], poseduju dobru istegljivost i po dužini i po širini pri niskom opterećenju [12], ispoljavaju oporavak od 40% po širini nakon istezanja [11] i lake su za održavanje [13]. Desno-leve kulirane pletenine nalaze široku primenu u proizvodnji različitih vrsta pletenih proizvoda upotrebom različitih vrsta prediva od prirodnih i sintetičnih vlakana ili njihovih mešavina.

Tokom upotrebe, pletenine su izložene različitim vrstama naprezanja i u različitim pravcima. Stoga je od velikog značaja ispitivanje kompresionih i prekidnih svojstava pletenih struktura. Kompresija je povezana sa punoćom i mekoćom pletenine zbog čega se mekoća može proceniti kroz promenu debljine pod uticajem kompresionog opterećenja [14]. Od kompresionih svojstava pletenina najčešće se određuju kompresibilnost, gubitak debljine i elastični oporavak [15]. Kompresija pletenina je usko povezana sa svojstvima vlakana i pređa (vrsta vlakana, vrsta pređe i njena struktura, finoća i maljavost pređe, itd.), strukturnim karakteristikama pletenina (vrsta prepletaja, gustina i drugo), kao i neregularnošću površine [15-17].

Ispitivanje prekidnih svojstava pletenina u jednom pravcu ne daje pouzdane rezultate zbog jake kontrakcije uzorka u njegovom središnjem delu, koja prouzrokuje neravnomerno opterećenje po celoj širini epruvete, što rezultira u nerealno niskim vrednostima za prekidnu silu. Zbog toga se za ispitivanje prekidnih karakteristika pletenina koristi multiaksijalno naprezanje koje pri dejstvu spoljašnje sile u pravcu

normalnom na površinu pletenine izaziva probijanje uzorka. Multiaksijalna deformacija pletenina može se realizovati pomoću gumene membrane koja se isteže zajedno sa uzorkom, usled nadpritiska ostvarenog pneumatskim, ili hidrauličnim putem, ili pomoću čvrste kuglice koja probija uzorak [18-21]. Istraživanja su pokazala da sila probijanja pletenina zavisi od vrste vlakana od kojih je pletenina izrađena, od gustine pletenine, dužine pređe u petlji, prepletaja i površinske mase pletenina [22-29].

Tokom eksploatacije, odevni proizvodi su izloženi različitim mehaničkim i hemijskim dejstvima. Ustanovljeno je da piling, prouzrokovan abrazijom pletenina, menja njihova kompresiona, prekidna i svojstva komfora [15]. Nadalje, mašinsko pranje menja performanse pletene odeće zbog promena mehaničkih svojstava pletenina tokom pranja [30], pri čemu su te promene povezane sa fizičko-hemijskim promenama koje se dešavaju na nivou vlakana [31]. Takođe, pranje dovodi i do promena dimenzija pletenine [18, 32, 33]. Imajući sve napred navedeno u vidu, cilj ovog rada je bio da se ispita uticaj sirovinskog sastava i mašinskog pranja na kompresiona i prekidna svojstva, kao i uticaj pranja na strukturne karakteristike desno-levih kuliranih pletenina namenjenih u odevne svrhe.

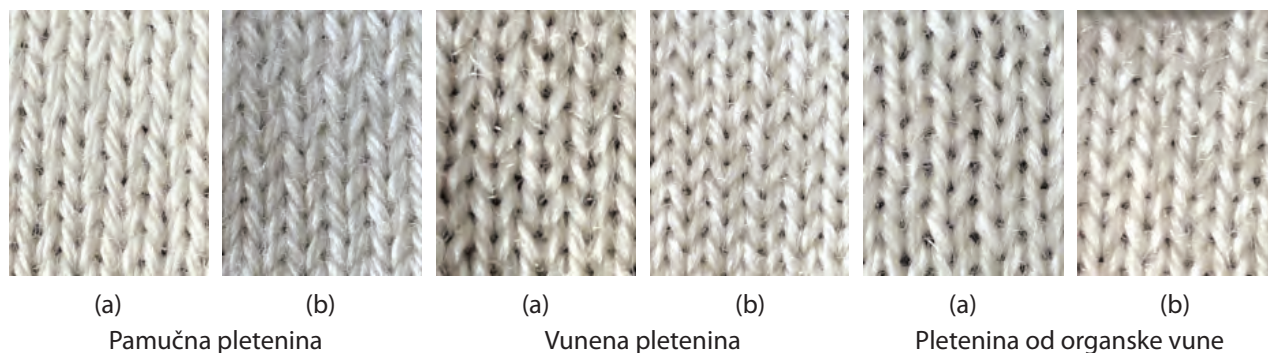
2. MATERIJAL I METODE

2.1. Materijal

Kao eksperimentalni materijal upotrebljene su tri desno-leve kulirane pletenine, izrađene od dublirane dvožične pređe dobijene od pamuka, vune i organske vune. Za izradu pamučne pletenine korišćena je pređa finoće 19x2 tex, za izradu vunene pletenine upotrebljena je pređa finoće 22x2 tex, a za izradu pletenine od organske vune iskorišćena je pređa finoće 20x2 tex. Pletenine su izrađene na dvoigleničnoj ravno pletačkoj mašini finoće 12, sa 4 pletača sistema i 863 igle po iglenici, model CMS 340.6L (*Stoll*, Germany). Pletenine su rađene pri konstantnim osnovnim parametrima pletenja kao što su: dubina kuliranja, ulazna zategnutost pređe, sila povlačenja pletenine i brzina pletenja. Posle izrade, pletenine su položene na ravnu površinu, pri čemu su u takvom stanju nekoliko dana bile izložene standardnoj atmosferi, definisanoj standardom SRPS EN ISO 139 [34], kako bi se relaksirale od naprezanja kojima su bile izložene tokom procesa pletenja (tzv. suva relaksacija). Strukturne karakteristike ispitivanih pletenina posle izrade i suve relaksacije, odnosno pre pranja, prikazane su u Tabeli 1.

Tabela 1: Vrednosti strukturnih karakteristika ispitivanih kuliranih pletenina pre i posle pranja

Sirovinski sastav	100% pamuk	100% vuna	100% organska vuna
Pre pranja			
Gustina po horizontali, cm ⁻¹	6,6	6,4	6,5
Gustina po vertikali, cm ⁻¹	8,6	8,4	8,5
Površinska gustina pletenine, cm ⁻²	56,8	53,8	55,2
Dužina pređe u petlji, mm	6,29	6,32	6,41
Površinska masa pletenine, g·m ⁻²	273	306	289
Debljina pletenine, mm	1,020	0,998	0,894
Posle pranja			
Gustina po horizontali, cm ⁻¹	6,8	6,6	6,9
Gustina po vertikali, cm ⁻¹	9,2	8,9	8,7
Površinska gustina pletenine, cm ⁻²	62,6	58,7	60,0
Dužina pređe u petlji, mm	6,16	6,34	6,19
Površinska masa pletenine, g·m ⁻²	307	329	309
Debljina pletenine, mm	1,111	1,025	1,014

**Slika 1:** Izgled površine ispitivanih desno-levih kuliranih pletenina pri uvećanju 10x:
(a) pre pranja, (b) posle pranja

Posle izrade i suve relaksacije, pletenine su oprane u mašini za pranje veša u skladu sa standardom ISO 6330 [35], nakon čega su uz minimalno naprezanje, položene na ravnu površinu za sušenje. Pletenine su posle sušenja ispeglane na temperaturi od 110°C i nakon 2 sata relaksacije (tzv. mokra relaksacija) izmerene su dimenzije (mere) uzoraka i računskim putem određene promene njihovih dimenzija (mera). Strukturne karakteristike pletenina posle pranja i mokre relaksacije prikazane su u Tabeli 1.

Izgled površine ispitivanih desno-levih kuliranih pletenina od pamuka, vune i organske vune, pre i posle pranja, prikazan je na Slici 1.

2.2. Metode

Debljina pletenina izmerena je primenom merača debljine tipa 414-10 (AMES, USA) pri pritisku od 9,96 kPa. Gustina pletenina određena je u skladu sa standardom SRPS EN 14971 (metoda A) [36], a površinska masa pletenina u skladu sa standardom SRPS EN 12127 [37]. Na osnovu dobijenih rezultata gustine pletenina po horizontali i vertikali, proračunata je površinska gustina pletenina. Dužina pređe u petlji određena je u skladu sa standardom EN 14970 [38]. Merjenja gustine, dužine pređe u petlji, površinske mase i debljine realizovana su na sobnoj temperaturi od 21±1°C i pri relativnoj vlažnosti vazduha od 33%, pre i posle pranja uzoraka. Rezultati gustine pletenina i du-

žine pređe u petlji predstavljaju aritmetičku srednju vrednost deset merenja, a površinske mase i debljine pletenina aritmetičku srednju vrednost pet merenja.

Promena dimenzija (mera) posle pranja i relaksacije analizirana je kroz procentualnu promenu dimenzija (mera) pletenina po dužini SK_D i širini SK_S u skladu sa standardom SRPS EN ISO 5077 [39].

Ispitivanje kompresionih svojstava (kompresibilnost, gubitak debljine, elastični oporavak) pletenina, pre i posle pranja, realizovano je na meraču debljine tipa 414-10 (AMES, USA). Debljina pletenina (T , mm) merena je pri različitim pritiscima (P , Pa), tokom faze kompresije i faze dekompresije. Kompresija pletenina je ostvarena počev od minimalnog pritiska od 9,96 kPa postepenim povećanjem pritiska u vrednostima od 17,62 kPa, 43,66 kPa, 59,01 kPa, 74,34 kPa do maksimalnog pritiska od 104,99 kPa. Posle dostizanja maksimalnog pritiska, pristupilo se dekompresiji pletenina pri istim vrednostima pritiska kao i u fazi kompresije, do ponovnog uspostavljanja minimalnog pritiska od 9,96 kPa.

Kompresibilnost (C , %), gubitak debljine (T_r , %) i elastični oporavak (RC , %) pletenina određeni su primenom izraza (1)-(3), respektivno [15]:

$$C = \frac{T_0 - T_{\max}}{T_0} \cdot 100 \quad (1)$$

$$T_l = \frac{T_0 - T_{rec}}{T_0} \cdot 100 \quad (2)$$

$$RC = \frac{W'_C}{W_C} \cdot 100 \quad (3)$$

gde je: T_0 (mm) debljina pletenine pri minimalnom pritisku od 9,96 kPa, T_{\max} (mm) debljina pletenine pri maksimalnom pritisku od 104,99 kPa, T_{rec} (mm) debljina pletenine pri minimalnom pritisku od 9,96 kPa posle uklanjanja maksimalnog pritiska od 104,99 kPa i odmora od 60 sekundi, WC (Pa·m) energija kompresije, a W'_C (Pa·m) energija dekompresije uzorka. Detaljniji prikaz određivanja elastičnog oporavka pletenina prikazan je u radu [40].

Prekidna svojstva pletenina (sila probijanja (F_b , N) i hod kugle pri probijanju (l_b , mm)) su određena korišćenjem dinamometra tipa SZ KG-2 (AVK, Hungary) i priključnog elementa koji se montira u stegu dinamometra. Priključni element sadrži čvrstu kuglicu prečnika 9,5 mm koja probija epruvetu kružnog oblika prečnika 12,5 mm. Za detalje pogledati reference [15, 41].

Određivanje kompresionih i prekidnih svojstava pletenina realizovano je na sobnoj temperaturi

($21 \pm 1^\circ\text{C}$) i pri relativnoj vlažnosti vazduha od 33%, pri čemu rezultati ispitivanja predstavljaju aritmetičku srednju vrednost rezultata pet merenja.

Statistička analiza dobijenih rezultata realizovana je primenom Studentovog t -testa. Parametar t , za nezavisne uzorke, određen je primenom jednačine (4), a za zavisne uzorke, primenom jednačine (5) [15, 42]:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2(n_1 - 1) + \sigma_2^2(n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2} \cdot \frac{n_1 + n_2}{n_1 \cdot n_2}}} \quad (4)$$

$$t = \frac{\bar{d}}{\frac{\sigma_d}{\sqrt{n}}} \quad (5)$$

gde je: \bar{x}_1 , \bar{x}_2 aritmetička srednja vrednost ispitivane karakteristike, σ_1 , σ_2 standardna devijacija ispitivane karakteristike, n_1 , n_2 odgovarajuća veličina uzoraka ($n_1 = n_2 = 5$ za površinsku masu, debljinu, kompresiona i prekidna svojstva; $n_1 = n_2 = 10$ za gustine i dužinu pređe u petlji), \bar{d} aritmetička srednja vrednost razlike ispitivane karakteristike pre i posle pranja, σ_d standardna devijacija razlike ispitivane karakteristike pre i posle pranja i n veličina uzorka ($n = 5$ za površinsku masu, debljinu, kompresiona i prekidna svojstva; $n = 10$ za gustine i dužinu pređe u petlji).

3. REZULTATI I DISKUSIJA

3.1. Strukturne karakteristike i promena dimenzija (mera) pletenina pri pranju

Gustine pletenina od pamuka, vune i organske vune se razlikuju pre pranja za $\pm 3\%$, kako po horizontali tako i po vertikali (Tabela 1). Ova mala razlika u gustinama ispitivanih pletenina se može objasniti uslovima njihove izrade na mašini za pletenje, koji su bili konstantni tokom izrade svih ispitivanih pletenina. Kod sve tri pletenine, pre pranja, gustina po vertikali veća je za $\sim 24\%$ od gustine po horizontali, što je rezultat uticaja vrste pletenine, a ne sirovinskog sastava pređe (Tabela 1). Vunena pletenina ima najmanju gustinu po horizontali i vertikali, a time i najmanju površinsku gustinu. Razlike u gustinama se mogu dovesti u vezu sa različitim finoćom pređa upotrebljenih za izradu ispitivanih pletenina. Pamučna pletenina se odlikuje najmanjom površinskom masom, koja je manja za $\sim 12\%$ od površinske mase vunene pletenine i za $\sim 6\%$ od površinske mase pletenine od organske vune (Tabela 1). Najmanja površinska masa pamučne pletenine je verovatno posledica upotrebe najfinije

pređe (19x2 tex) za njenu izradu u poređenju sa finoćom vunene pređe i pređe od organske vune (22x2 tex i 20x2 tex, respektivno) koje su korišćene za izradu vunenih pletenina. Obzirom da je pamučna pletenina izrađena od najfinije pređe, bilo je logično očekivati da debljina pamučne pletenine bude manja od debljine obe vunene pletenine. Međutim, ispitivanje je pokazalo da je debljina pamučne pletenine za ~2% veća od debljine vunene pletenine i za ~12% veća od debljine pletenine od organske vune. Činjenica da pamučna pletenina ima najveću debljinu bi mogla da se objasni većom gustinom ove pletenine u odnosu na gustinu obe vunene pletenine (Tabela 1).

Pranje pletenina je dovelo do promena, kako strukturnih karakteristika, tako i dimenzija (mera) ispitivanih pletenina (Tabela 1, Tabela 2). Gustina uzoraka po vertikali i horizontali, posle pranja pletenina, ima drugačiji trend u odnosu na gustinu pre pranja, što je očigledno posledica uticaja sirovinskog sastava pređe na promenu dimenzija (mera) pletenina u procesu pranja. Posle pranja, gustina po vertikali veća je za ~26% od gustine po horizontali kod pamučne i vunene pletenine, dok je gustina po vertikali za ~21% veća od gustine po horizontali kod pletenine od organske vune (Tabela 1). Usled pranja dolazi do povećanja gustine pletenina u oba strukturna pravca

Tabela 2: Rezultati promene vrednosti strukturnih karakteristika i dimenzija (mera) ispitivanih pletenina posle pranja

Uzorak	n_h , %	n_v , %	n_g , %	l , %	m , %	T , %	SK_D , %	SK_S , %
Pamučna pletenina	2,94	6,52	9,26	-2,11	11,07	8,19	-6,9	-4,0
Vunena pletenina	3,03	5,62	8,35	0,32	6,99	2,63	-4,0	-2,2
Pletenina od organske vune	5,80	2,30	8,00	-3,55	6,47	11,83	-6,1	-1,4

Legenda - promena vrednosti sledećih parametara: n_h – gustina po horizontali, n_v – gustina po vertikali, n_g – površinska gustina pletenine, l – dužina pređe u petlji, m – površinska masa pletenine, T – debljina pletenine, SK_D – skupljanje pletenine po dužini i SK_S – skupljanje pletenine po širini.

Tabela 3: Rezultati statističke analize strukturnih karakteristika ispitivanih pletenina dobijenih primenom t -testa

Ispitivani parametar	Vrednost parametra t u funkciji sirovinskog sastava pletenina (df= $n_1+n_2-2=18$ za horizontalnu i vertikalnu gustinu i za dužinu pređe u petlji, df= $n_1+n_2-2=8$ za površinsku masu i debljinu pletenine)			Vrednost parametra t u funkciji pranja pletenina (df= $n-1=9$ za horizontalnu i vertikalnu gustinu i za dužinu pređe u petlji, df= $n-1=4$ za površinsku masu i debljinu pletenine)		
	$t_{Co/Wo}$	$t_{Co/Wo(org)}$	$t_{Wo/Wo(org)}$	$t_{Co(n)/Co(o)}$	$t_{Wo(n)/Wo(o)}$	$t_{Wo(org)(n)/Wo(org)(o)}$
$n_{h(n)}$	2,62(*)	1,16	-1,11	-2,23	-2,69(*)	-6,53(***)
$n_{h(o)}$	2,24(*)	-1,09	-5,57			
$n_{v(n)}$	1,65	0,81	-1,04	-4,99(**)	-6,00(***)	-3,25(**)
$n_{v(o)}$	2,84(*)	4,82(***)	2,18(*)			
$l_{(n)}$	-1,02	-6,47(***)	-3,51(**)	12,29(***)	-0,57	11,02(***)
$l_{(o)}$	-8,08(***)	-1,28	5,75(***)			
$m_{(n)}$	-8,70(***)	-2,77(*)	2,94(*)	-17,94(***)	-6,14(**)	-2,97(*)
$m_{(o)}$	-8,24(***)	-0,92	10,22(***)			
$T_{(n)}$	1,61	11,46(***)	9,45(***)	-3,92(*)	-2,85(*)	-30,23(***)
$T_{(o)}$	4,30(**)	5,32(***)	-1,14			

Legenda: n_h – gustina po horizontali; n_v – gustina po vertikali; l – dužina pređe u petlji; m – površinska masa pletenine; T – debljina pletenine; n – pre pranja (neoprano); o – posle pranja (oprano); Co – pamučna pletenina; Wo – vunena pletenina; Wo(org) – pletenina od organske vune; (*) – 0,05 nivo značajnosti; (**) – 0,01 nivo značajnosti; (***) – 0,001 nivo značajnosti; df – broj stepeni slobode.

(po horizontali i vertikali), nezavisno od sirovinskog sastava pređe (Tabela 1, Tabela 2). Naime, povećanje gustine pamučne i vunene pletenine u oba strukturna pravca ima isti trend: gustina po horizontali se povećava za ~3%, a gustina po vertikali u proseku za ~6%. Međutim, povećanje gustine po horizontali i vertikali kod pletenine od organske vune ima suprotni trend: gustina po horizontali se povećava za ~6%, a gustina po vertikali za ~2%. Povećanje gustine pletenina u oba strukturna pravca uzrokuje povećanje površinske gustine pamučne pletenine za ~10% i za ~8% u slučaju pletenine od vune i organske vune (Tabela 2). Promena dužine pređe u petlji ispitivanih pletenina usled pranja iznosi $\pm 3,6\%$. Dužina pređe u petlji se smanjila kod pletenina od pamuka i organske vune, a povećala kod vunene pletenine (Tabela 2). Porast gustine pletenina posle pranja doveo je do porasta mase i debljine sve tri ispitivane pletenine. Najveći porast mase registrovan je kod pamučne pletenine (~11%), a debljine kod pletenine od organske vune (~12%) (Tabela 2). Porast gustine i površinske mase pletenina posle pranja u saglasnosti je sa literaturnim podacima [43, 44].

Rezultati registrovanih promena dimenzija (mera) posle pranja su pokazali da, nezavisno od sirovinskog sastava pletenine, dolazi do smanjenja dimenzija (mera), odnosno dolazi do njihovog skupljanja (Tabela 2). Registrovano je veće skupljanje pletenina po dužini nego po širini što se može pripisati svojstvima desno-levog prepletaja. Najveće skupljanje u oba pravca pokazuje pamučna pletenina (6,9% po dužini i 4,0% po širini, Tabela 2), koja ima najveću površinsku gustinu (Tabela 1). Istraživanja skupljanja desno-levih kuliranih pletenina od pamuka, svile i poliestra takođe su pokazala da pletenine od pamuka imaju najveće skupljanje [32, 33].

Rezultati statističke analize strukturnih karakteristika pletenina sprovedeni primenom Studentovog *t*-testa prikazani su u Tabeli 3.

Sprovedena analiza je pokazala da su se pletenine statistički značajno razlikovale u površinskoj masi, debljini i dužini pređe u petlji, i pre i posle pranja, kao i u gustini po vertikali posle pranja. Odsustvo statistički značajne razlike između ispitivanih pletenina je registrovano u sledećim slučajevima:

- u dužini pređe u petlji između pamučne i vunene pletenine pre pranja (-1,02, Tabela 3),

- u dužini pređe u petlji i površinskoj masi između pamučne pletenine i pletenine od organske vune posle pranja (-1,28, -0,92, respektivno, Tabela 3),

- u debljini između pamučne i vunene pletenine pre pranja (1,61, Tabela 3),

- u debljini između vunene pletenine i pletenine od organske vune posle pranja (-1,14, Tabela 3).

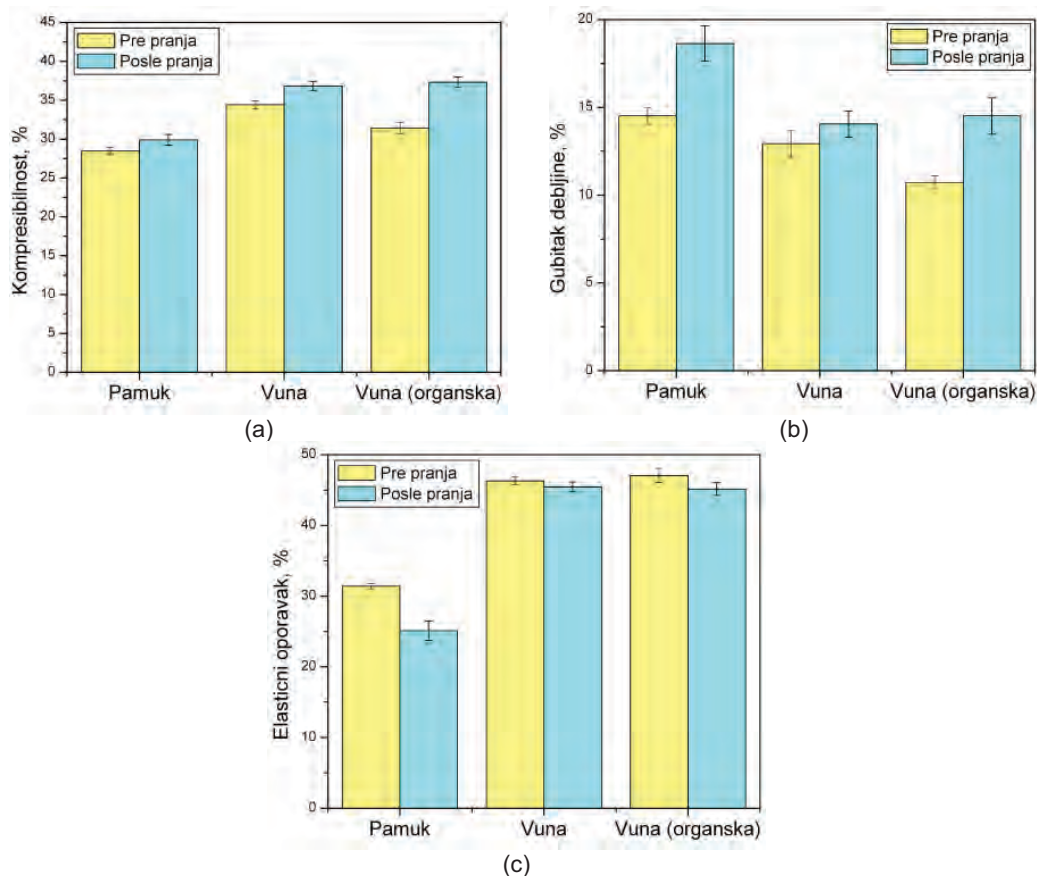
Pranje je dovelo do statistički značajnih promena u vrednostima svih ispitivanih strukturnih karakteristika, uz izuzetak horizontalne gustine pamučne pletenine i dužine pređe u petlji vunene pletenine (-2,23 i -0,57, respektivno, Tabela 3).

3.2. Kompresiona svojstva pletenina

Na slici 2 prikazani su rezultati ispitivanja kompresionih svojstava (kompresibilnost, gubak debljine, elastični oporavak) desno-levih kuliranih pletenina, pre i posle pranja.

Histogrami prikazani na Slici 2 pokazuju da pamučna pletenina ima najmanju kompresibilnost (Slika 2a) i elastični oporavak (Slika 2c), ali najveći gubitak debljine (Slika 2b) u odnosu na dve vunene pletenine, kako pre tako i posle pranja. Rezultati sprovedenih ispitivanja za uzorke pre pranja pokazuju da najveću kompresibilnost ispoljava vunena pletenina, sledi je pletenina od organske vune, a najmanju kompresibilnost pokazuje pamučna pletenina (Slika 2a). Posle pranja, pletenina od organske vune ispoljava nešto veću kompresibilnost u odnosu na vunenu pleteninu. Iz literature [40, 45] je poznato da uzorci koji pokazuju veću sklonost ka komprimovanju imaju veću kompresibilnost. Od tri ispitivane pletenine, vunena pletenina je okarakterisana najmanjom površinskom gustinom ($53,8 \text{ cm}^{-2}$), a pamučna pletenina najvećom površinskom gustinom ($56,8 \text{ cm}^{-2}$) (Tabela 1). Manja površinska gustina obezbeđuje veću otvorenu poroznost pletenine (Slika 1a, vunena pletenina), odnosno više prostora za smeštaj pređa koje se lakše spljoštavaju pod uticajem kompresionog opterećenja, što rezultira manjom debljinom pletenine. Nasuprot tome, kada se pletenina odlikuje većom površinskom gustinom, otvorena poroznost pletenine je manja (Slika 1a, pamučna pletenina) i pređe se ne mogu lako spljoštiti pod uticajem kompresionog opterećenja, što rezultira višim vrednostima debljine pletenine. Kao rezultat navedenog, razlika u debljinama izmerenim pri najvišem i najnižem pritisku bila je najveća kod vunene pletenine, što je rezultiralo njenom najvećom kompresibilnošću. Dobijeni rezultati su u saglasnosti sa rezultatima prikazanim u radovima [15, 17, 46].

Uklanjanjem kompresionog opterećenja, pletenina teži da se vrati u svoje početno stanje [15], pri čemu lošiji oporavak rezultira većom vrednošću gubitka debljine [40]. Histogrami prikazani na Slici 2b pokazuju da pamučna pletenina ispoljava najveći gubitak debljine u poređenju sa obe vunene pletenine (26,1% veći u odnosu na pleteninu od organske vune pre



Slika 2: Kompresiona svojstva ispitivanih kuliranih pletenina: (a) kompresibilnost, (b) gubitak debljine, (c) elastični oporavak

pranja, odnosno 24,6% veći u odnosu na vunenu pleteninu posle pranja), a time i najlošiji oporavak nakon uklanjanja kompresionog opterećenja. Veći gubitak debljine pamučne pletenine u poređenju sa vunenim pleteninama je verovatno posledica manje elastičnosti pamučnih, u odnosu na vunena vlakna [47].

Rezultati elastičnog oporavka ispitivanih pletenina, prikazani na Slici 2c, pokazuju da obe vunene pletenine ispoljavaju znatno veće vrednosti elastičnog oporavka u odnosu na pamučnu pleteninu, nezavisno od toga da li su pletenine ispitivane pre ili posle pranja. Veće vrednosti elastičnog oporavka vunene pletenine i pletenine od organske vune, u odnosu na pamučnu pleteninu, ukazuju na njihovu bolju sposobnost oporavka nakon uklanjanja kompresionog opterećenja, a mogu se dovesti u vezu sa sirovinskim sastavom ispitivanih uzoraka. Naime, iz literature je poznato da vunena vlakna imaju bolji elastični oporavak u odnosu na pamučna vlakna [47].

U cilju procene razlike u ispitivanim kompresionim svojstvima pletenina, izvršena je statistička analiza korišćenjem t -testa (Tabela 4). Primena t -testa je pokazala da postoje statistički značajne razlike u kompresibilnosti, gubitku debljine i elastičnom oporavku između pamučne pletenine i obe vunene pletenine,

kako pre tako i posle pranja. Izuzetak predstavlja gubitak debljine pre pranja, gde nije registrovana statistički značajna razlika između pamučne i vunene pletenine ($t_{Co/Wo} = 1,80$, Tabela 4). Nadalje, pri nivou značajnosti od 0,05, utvrđeno je da postoje statistički značajne razlike u kompresibilnosti i gubitku debljine između vunene pletenine i pletenine od organske vune samo na uzorcima pre pranja ($t_{Wo/Wo(org)}$ 3,34 i 2,64, respektivno, Tabela 4). Međutim, nisu registrovane statistički značajne razlike u vrednostima elastičnog oporavka pre pranja i u vrednostima svih ispitivanih kompresionih svojstava posle pranja između dve vunene pletenine.

Promene koje su nastale na uzorcima usled pranja (Slika 1, Tabela 1, Tabela 2), dovele su do promena u ispitivanim kompresionim svojstvima pletenina (Slika 2). Rezultati sprovedenog istraživanja su pokazali da posle pranja dolazi do porasta kompresibilnosti (Slika 2a) i gubitka debljine (Slika 2b), ali do smanjenja elastičnog oporavka (Slika 2c) kod sve tri ispitivane pletenine. Porast kompresibilnosti posle pranja je neočekivan, budući da pranje dovodi do porasta gustine ispitivanih pletenina, što je posledica skupljanja pletenine (Tabela 2). Međutim, tokom pranja dolazi do hemijske degradacije vlakana [48, 49], kao i do oštećenja površine materijala usled mehaničkog delova-

Tabela 4: Rezultati statističke analize kompresionih svojstava ispitivanih pletenina dobijenih primenom *t*-testa

Ispitivani parametar	Vrednost parametra <i>t</i> u funkciji sirovinskog sastava pletenina (df=n ₁ +n ₂ -2=8)			Vrednost parametra <i>t</i> u funkciji pranja pletenina (df=n-1=4)		
	<i>t</i> _{Co/Wo}	<i>t</i> _{Co/Wo(org)}	<i>t</i> _{Wo/Wo(org)}	<i>t</i> _{Co(n)/Co(o)}	<i>t</i> _{Wo(n)/Wo(o)}	<i>t</i> _{Wo(org)(n)/Wo(org)(o)}
<i>C</i> _(n)	-8,23(***)	-3,38(**)	3,34(*)	-3,09(*)	-9,64(***)	-4,24(*)
<i>C</i> _(o)	-7,32(***)	-7,52(***)	-0,52			
<i>T</i> _{l(n)}	1,80	-7,31(***)	2,64(*)	-3,82(*)	-1,56	-2,98(*)
<i>T</i> _{l(o)}	3,66(**)	2,87(*)	-0,36			
<i>RC</i> _(n)	-23,60(***)	-14,69(***)	-0,67	3,78(*)	1,13	1,69
<i>RC</i> _(o)	-13,08(***)	-12,14(***)	0,28			

Legenda: *C* – kompresibilnost; *T_l* – gubitak debljine; *RC* – elastični oporavak; n–pre pranja (neoprano); o–posle pranja (oprano); Co–pamučna pletenina; Wo–vunena pletenina; Wo(org)–pletanina od organske vune; (*)–0,05 nivo značajnosti; (**)–0,01 nivo značajnosti; (***)–0,001 nivo značajnosti; df–broj stepeni slobode.

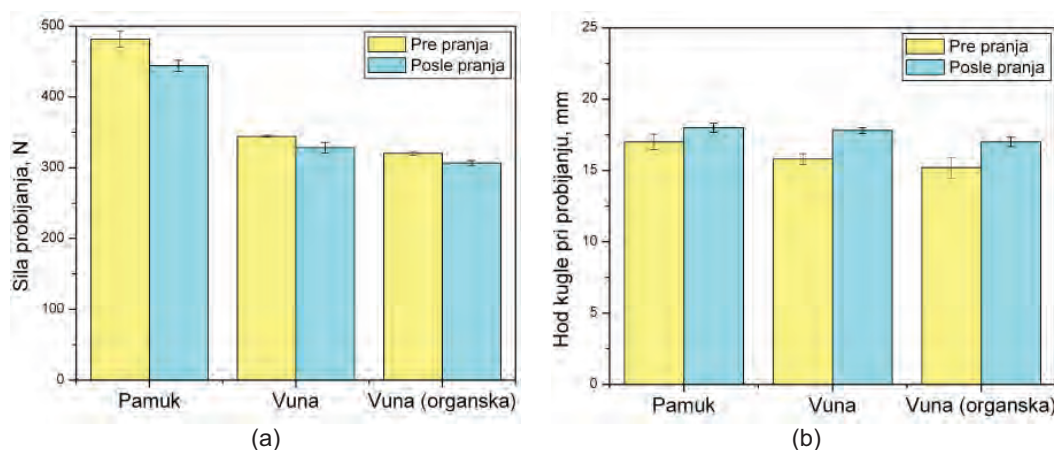
nja mašine za pranje veša [30]. Ove pojave bi mogle biti razlog zbog koga je došlo do promene ispitivanih kompresionih svojstava usled pranja pletenina. Potvrda ove pretpostavke zahteva dalja ispitivanja, koja nisu bila predmet ovog rada.

Sprovedena statistička analiza je pokazala da postoji statistički značajna razlika u kompresibilnosti, gubitku debljine i elastičnom oporavku između ispitivanih pletenina pre i posle pranja, uz odsustvo statistički značajne razlike u gubitku debljine i elastičnom oporavku kod vunenene pletenine i elastičnom oporavku kod pletenine od organske vune (-1,56; 1,13; 1,69, respektivno, Tabela 4).

3.3. Prekidna svojstva pletenina

Rezultati ispitivanja prekidnih svojstava (sila probijanja i hod kugle pri probijanju) desno-levih kuliranih pletenina, pre i posle pranja, prikazani su na Slici 3.

Rezultati prikazani putem histograma pokazuju da se oba ispitivana prekidna svojstva (sila probijanja i hod kugle pri probijanju) postepeno smanjuju počev od pamučne pletenine, preko vunenene pletenine, do pletenine od organske vune, i pre i posle pranja. Za uzorke pre pranja registrovano je da pamučna pletenina ima za 33,5% veću silu probijanja i za 10,6% veći hod kugle pri probijanju u odnosu na pleteninu od organske vune, dok kod uzoraka posle pranja pamučna pletenina ima za 30,9% veću silu probijanja i za 5,6% veći hod kugle pri probijanju nego pletenina izrađena od organske vune. Veća vrednost sile probijanja pamučne, u odnosu na dve vunenene pletenine, verovatno je posledica veće prekidne jačine pamučnih, u odnosu na vunenena vlakna [26, 47]. U cilju potvrde ove konstatacije, sprovedena je linearna korelaciona analiza između sile probijanja pletenine i prekidne sile pređe od koje je pletenina izrađena. Na osnovu sprovedene analize uočena je veoma jaka linearna kore-



Slika 3: Prekidna svojstva ispitivanih kuliranih pletenina: (a) sila probijanja, (b) hod kugle pri probijanju

Tabela 5: Rezultati statističke analize prekidnih svojstava ispitivanih pletenina dobijenih primenom t-testa

Ispitivani parametar	Vrednost parametra t u funkciji sirovinskog sastava pletenina (df= $n_1+n_2-2=8$)			Vrednost parametra t u funkciji pranja pletenina (df= $n-1=4$)		
	$t_{Co/Wo}$	$t_{Co/Wo(org)}$	$t_{Wo/Wo(org)}$	$t_{Co(n)/Co(o)}$	$t_{Wo(n)/Wo(o)}$	$t_{Wo(org)(n)/Wo(org)(o)}$
$F_{b(n)}$	11,81(***)	13,64(***)	7,79(***)	3,63(*)	2,25	3,49(*)
$F_{b(o)}$	10,63(***)	16,31(***)	2,61(*)			
$I_{b(n)}$	1,81	1,97	0,73	-1,29	-4,47(*)	-2,12
$I_{b(o)}$	0,53	2,23	2,13			

Legenda: F_b – sila probijanja; I_b – hod kugle pri probijanju; n–pre pranja (neoprano); o–posle pranja (oprano); Co-pamučna pletenina; Wo-vunena pletenina; Wo(org)-pletanina od organske vune; (*)–0,05 nivo značajnosti; (**)-0,01 nivo značajnosti; (***)–0,001 nivo značajnosti; df–broj stepeni slobode.

lacija između posmatranih veličina, sa koeficijentom korelacije od $r=0.9962$. Rezultati sprovedene statističke analize primenom Studentovog t- testa su pokazali postojanje statistički značajne razlike u sili probijanja, ali odsustvo statistički značajne razlike u hodu kugle pri probijanju između ispitivanih pletenina, kako pre tako i posle pranja uzoraka (Tabela 5).

Pranje menja prekidna svojstva pletenina, što se može videti iz histograma prikazanih na Slici 3. Sila probijanja se smanjuje posle pranja kod svih ispitivanih pletenina (kod pamučne pletenine za 7,8%, kod vunenene pletenine za 4,7%, kod pletenine od organske vune za 4,2%), što je u saglasnosti sa rezultatima istraživanja do kojih je došao Khalil E. sa saradnicima [43]. Nasuprot sili probijanja, hod kugle pri probijanju se povećava posle pranja (kod pamučne pletenine za 5,9%, kod vunenene pletenine za 12,6%, kod pletenine od organske vune za 12,0%). Statistička analiza je pokazala da pranje dovodi do statistički značajnih promena u sili probijanja pamučne pletenine i pletenine od organske vune, kao i u hodu kugle pri probijanju vunenene pletenine (3,63; 3,49; -4,47, respektivno, Tabela 5).

4. ZAKLJUČAK

Na osnovu dobijenih rezultata i sprovedene statističke analize, za ispitivane desno-leve kulirane pletenine od pamuka, vune i organske vune, na uzorcima pre i posle pranja, mogu se izvesti sledeći zaključci:

1. Od tri ispitivane pletenine, pamučna pletenina ispoljava najmanju kompresibilnost i elastični oporavak, ali najveći gubitak debljine, najveću silu probijanja i najveći hod kugle pri probijanju, kako pre tako i posle pranja.
2. Površinska gustina pletenina i sirovinski sastav utiču na kompresiona svojstva, sirovinski sastav na prekidna svojstva, dok pranje utiče na struktur-

ne karakteristike, kompresiona i prekidna svojstva pletenina.

3. Kod sve tri ispitivane pletenine, pranje dovodi do promena u njihovim strukturnim karakteristikama, kompresionim i prekidnim svojstvima. Naime, posle pranja dolazi do povećanja gustine po horizontali, gustine po vertikali, površinske gustine, površinske mase, debljine svih pletenina, kao i do povećanja dužine pređe u petlji kod vunenene pletenine, ali do smanjenja dužine pređe u petlji kod pletenina od pamuka i organske vune. Nadalje, pranje dovodi do skupljanja pletenina, kao i do porasta kompresibilnosti, gubitka debljine i hoda kugle pri probijanju, ali do smanjenja elastičnog oporavka i sile probijanja.
4. Kao rezultat pranja nastaju statistički značajne promene vrednosti ispitivanih strukturnih karakteristika, kompresionih i prekidnih svojstava, uz izuzetak horizontalne gustine i hoda kugle pri probijanju kod pamučne pletenine; dužine pređe u petlji, gubitka debljine, elastičnog oporavka i sile probijanja kod vunenene pletenine, kao i elastičnog oporavka i hoda kugle pri probijanju kod pletenine od organske vune.

Proširenje eksperimenta na pletenine različitog prepletaja, uz dodatnu analizu i nekih drugih svojstava (elektrofizičkih, sorpcionih, termičkih itd.) na uzorcima podvrgnutim kako pranju, tako i pilingu, doprinelo bi kompleksnijoj analizi pletenina namenjenih za izradu odevnih proizvoda i formiranju generalnog zaključka o njihovom ponašanju u uslovima svakodnevnne upotrebe.

Zahvalnica: Ovaj rad je finansiran od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije (Ugovor Br. 451-03-47/2023-01/200135).

REFERENCE

- [1] Textile Exchange. Preferred fiber & materials market report 2022, https://textileexchange.org/app/uploads/2022/10/Textile-Exchange_PFMR_2022.pdf
- [2] Pang L., Lin S., Krakowiak J., Yu S., Hewitt J. (2022). Performance analysis of sheep wool fibres as a water filter medium for human enteric virus removal, *Journal of Water Process Engineering*, 47, 102800.
- [3] Parthiban M., Karthikeyan S., Divya R. (2009). Green apparels: A new revolution in the textile sector, *Asian Textile Journal*, 18 (6), 28-30.
- [4] Ding C.-L., Chen C., Wang M.-Q. (2009). Study of ecologilac fiber in worsted fabric development, *Wool Textile Journal*, 37 (3), 5-8.
- [5] Swantko K. (2009). Scandinavian brands take center stage, *Knitting International*, 115 (1367), 26-27.
- [6] Prescott J. (2007). A good yarn, *Drapers*, 21 (July), 30-31.
- [7] Casti F., Basoccu F., Mocci R., De Luca L., Porcheddu A., Cuccu F. (2022). Appealing renewable materials in green chemistry, *Molecules*, 27 (6), 1988.
- [8] Chu P.-Y., Choi K.-F., Chuang Y.-C., Kan C.W. (2021). Comparison of performance of fabrics made of torque-free and conventional ring spun yarn with different varieties of cotton fibres, *Fibers and Polymers*, 22 (7), 2036-2043.
- [9] Uzun M. (2013). Ultrasonic washing effect on thermos physiological properties of natural based fabrics, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 8 (1), 39-51.
- [10] Mikučionienė D, Milašiūtė L, Baltušnikaitė J, Milašius R. (2012). Influence of plain knits structure on flammability and air permeability, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 20 (5), 66-69.
- [11] Spencer D.J. (2001) *Knitting technology: a comprehensive handbook and practical guide*, 3rd ed. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd, pp. 60-61.
- [12] Ray S.C. (2012). *Basic weft-knitted structure, fundamentals and advances in knitting technology*, Woodhead Publishing India, pp.44-55.
- [13] Tou N.A. (2005). An investigation of arcing in two structure weft knit fabrics, MSc Thesis, North Carolina State University, Textile & Apparel Technology & Management.
- [14] Gunasekaran G, Koushik C.V., Subramaniam V., Ramachandran T. (2011). Evaluation of a new single parameter for characterising the compressional properties of weft-knitted fabrics, *Indian Journal of Fibre & Textile Research*; 36 (3), 242–247.
- [15] Asanovic K., Ivanovska A., Jankoska M., Bukhonka N., Mihailovic T., Kostic M. (2022). Influence of pilling on the quality of flax single jersey knitted fabrics, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 17, 1-13.
- [16] Zadekhast R., Asayesh A. (2021). The effect of fabric structure on the compression behavior of rib weft knitted fabrics, *Fibers and Polymers*, 22 (10), 2878-2884.
- [17] Stankovic S.B. (2008). Static lateral compression of hemp/filament hybrid yarn knitted fabrics, *Fibers and Polymers*, 9 (2), 187–193.
- [18] Saville B.P. (1999). "Strength and elongation tests"; "Dimensional stability"; *Physical Testing of Textiles*, Woodhead Publishing, New York, pp. 154-156; 174-183.
- [19] Tiritöglu M., Kavuşturam Y. (2017). Investigation of abrasion resistance and bursting strength of warp knitted raschel fabrics, *TEKSTİL ve KONFEKSİYON*, 27 (2), 182-190.
- [20] Kan C.W. (2015). Relationship between bursting strength and ultraviolet protection property of 100% cotton-knitted fabrics, *The Journal of The Textile Institute*, 106:9, 978-985.
- [21] Ciobanu A.R, Ciobanu L., Dumitras C., Sârghie B. (2016). Comparative analysis of the bursting strength of knitted sandwich fabrics, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 24, 2 (116), 95-101.
- [22] Hossain M.M., Haque F., Banik J., Rana A.S. (2018). Factors of weft knitted fabrics related to the bursting strength, *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 9 (4) 138-142.
- [23] Uyanik S., Degirmenci Z., Topalbekiroglu M., Geyik F. (2016). Examine the relation between the number and location of tuck stitches and bursting strength in circular knitted fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 1 (115), 114-119.
- [24] Chowdhury M.R., Tipu A.H. (2021). Effects of various fabric structures and GSM on bursting strength of single jersey weft knit derivatives fabric, *Southeast University Journal of Textile Engineering*, 1 (1), 73-80.
- [25] Herath C.N. (2021). Bursting strength of core spun cotton/spandex single jersey and 1×1 rib knitted fabrics, *Fibers and Polymers*, 22 (4), 1160-1169.
- [26] Değirmenci Z., Çoruh E. (2017). The influences of loop length and raw material on bursting strength air permeability and physical characteristics of single jersey knitted fabrics, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 12 (1), 43-49.

- [27] Jamshaid H., Mishra R., Novak J. (2015). End use performance characterization of unconventional knitted fabrics, *Fibers and Polymers*, 16 (11), 2477-2490.
- [28] Hoque Md. S., Hossain Md. J., Rahman Md. M., Rashid Md. M. (2022). Fiber types and fabric structures influence on weft knitted fabrics, *Heliyon*, 8 (2): e09605.
- [29] Chen L.N., Kong F.R., Xu R.C. (2012). Comparative study on mechanical properties of jutecell, cotton and bamboo fiber knitted fabrics 20, *Advanced Materials Research*, 627: 33–36.
- [30] Agarwal G., Koehl L., Perwvelz A. (2011). Simultaneous influence of ageing and softener on mechanical properties of knitted textiles during life cycle of garment, *International Journal of Clothing Science and Technology*, 23 (2/3), 152-169.
- [31] Mackay C., Anand S.C., Bishop D.P. (1999). Effects of laundering on the sensory and mechanical properties of 1 x 1 rib knitwear fabrics. Part 2: Changes in sensory and mechanical properties, *Textile Research Journal*, 69 (4), 252-260.
- [32] Quaynor L., Takahashi M., Nakajima M. (2000). Effects of laundering on the surface properties and dimensional stability of plain knitted fabrics. *Textile Research Journal*, 70(1): 28-35.
- [33] Quaynor L., Nakajima M., Takahashi M. (1999). Dimensional changes in knitted silk and cotton fabrics with laundering, *Textile Research Journal*, 69(4):285-291.
- [34] SRPS EN ISO 139:2007 Tekstil — Standardne atmosfere za kondicioniranje i ispitivanje.
- [35] ISO 6330:2021 Textiles — Domestic washing and drying procedures for textile testing.
- [36] SRPS EN 14971:2012. Tekstil — Pletenine — Određivanje broja petlji po jedinici dužine i jedinici površine.
- [37] [SRPS EN 12127:2014, Tekstil — Tekstilne površine — Određivanje mase po jedinici površine na malim uzorcima.
- [38] EN 14970:2006 Textiles - Knitted fabrics. Determination of stitch length and yarn linear density in weft knitted fabrics.
- [39] SRPS EN ISO 5077:2010 Tekstil — Određivanje promene mera pri pranju i sušenju.
- [40] Asanović K., Mihailović T., Kostić M. (2017). Kompresija odevnih tkanina pre i posle termičkog fiksiranja međupostave, *Tekstilna industrija*, 64 (4), 11-17.
- [41] Asanović K., Kostić M., Mihailović T. (2019). Kvalitet sunderastih krpa ocenjen na osnovu prekidnih svojstava, *Tekstilna industrija*, 67 (1), 12-19.
- [42] Asanovic K., Mihailovic T., Cerovic D. (2017). Evaluation of the quality of clothing fabrics in terms of their compression behaviour before and after abrasion, *Fibers and Polymers*, 18, 1393-1400.
- [43] Khalil E., Rana M., Faria J., Islam Md. A.-A., Rana Md. S. (2016). Investigation on effect of acid wash with thermocol ball on physical properties of knitted garments, *Journal of Textile Science and Technology*, 2, 16-21.
- [44] Abdur Rouf S., Rasel S., Khalil E. (2015). Investigation of different washing effects on physical and mechanical properties of cotton knitted garments, *Journal of Textile Science and Technology*, 1, 101-109.
- [45] Bakhtiari M., Najar S. S., Etrati S. M., Toosi Z. K. (2006). Compression properties of weft knitted fabrics consisting of shrinkable and non-shrinkable acrylic fibers, *Fibers and Polymers*, 7, 295-304.
- [46] Soltanzadeh Z., Najar S.S., Haghpanahi M., Mohajeri-Tehrani M.R. Prediction of compression properties of single jersey weft-knitted fabric by finite element analysis based on the hyperfoam material model, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 24 (2), 82-88.
- [47] Škundrić P., Kostić M., Medović A., Mihailović T., Asanović K., Sretković L.J. (2008). *Tekstilni materijali*, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd.
- [48] Ahamed J., Mahmud M., Ahammed M., Mia R., Hasan M., Khan T., Limon G., Shamim A. (2021). Evaluate the strength of denim goods using different washing technique, *Journal of Materials Science and Chemical Engineering*, 9, 1-8.
- [49] El-Dessouki H.A. (2015). Effect of different washing methods on mechanical properties of egyptian denim fabrics, *International Design Journal*, 5 (3), 1099-1107.

Primljeno/Received on: 08.05.2023.

Revidirano/ Revised on: 23.05.2023.

Prihvaćeno/Accepted on: 25.05.2023.

© 2021 Authors. Published by Union of Textile Engineers and Technicians of Serbia. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International license (CC BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)