

Dimenzijska nestabilnost kratkih čarapa

Prof.dr.sc. **Zlatko Vrljičak**, dipl.ing.¹

Željka Pavlović, mag.ing.techn.text.²

¹Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet

²Jadran, tvornica čarapa, Zagreb

Zagreb, Hrvatska

e-mail: zlatko.vrljicak@ttf.hr

Prispjelo 14.05.2013.

UDK 677.075.5:677.017.2

Izvorni znanstveni rad

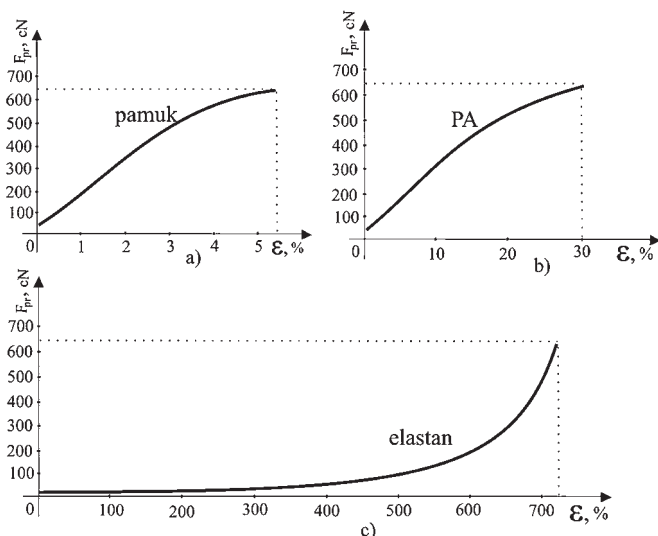
Projektirane su i izrađene muške kratke čarape, bez uzorka, na čaraparskom automatu promjera cilindra 95 mm, (3¾ inča) koji je pleo sa 108 igala. Izrađivane su četiri obuvne veličine i to vel. 10, 11, 12 i 13 namijenjene proljetno-jesenskom periodu. Čarape su izrađivane u temeljnom platirnom desno-lijevom prepletu s pamučnom pređom finoće 50 tex i filamentnom pređom finoće 168 dtex, izrađenom od PA 6 nedovoljno poznatih karakteristika. U okrajak čarape upletena je elastanska nit („gumica“) finoće 54 tex. Prije i nakon procesa pletenja te nakon deset pranja na temp. 95 °C mjerene su osnovne značajke pređa. Također je mjerena masa čarape i parametri pletiva u čarapi te četiri najznačajnije dimenzije čarapa prije i nakon pranja. Mjerena je visina tijela čarape, duljina stopala čarape te polovica opsega tijela i polovica opsega stopala čarape. Rastezna svojstva pređa bitno se razlikuju prije pletenja i nakon deseterostrukog procesa pranja. Prekidna sila pamučne pređe veća je nakon deset pranja i do 27,47 %. Prekidna sila i istezljivost PA filamentne pređe manja je i do 59,54 % nakon deset pranja. Čarape se skupljaju uzduž i poprečno nakon deset pranja 11 do 19,14 % te nakon procesa pranja nemaju istu obuvnu veličinu. Zbog termičke nestabilnosti filamentne niti izrađene od PA 6 preporuča se nakon upotrebe čarape prati na hladno.
ključne riječi: čarapa, kratka, pamuk, PA, elasthan, veličina, pranje, skupljanje

1. Uvod

Od svih oblika čarapa, najviše se koriste kratke čarape. Koriste ih muškarci i žene, djeca i odrasli, sportaši i invalidi. Već prema namjeni, izrađuju se u različitim oblicima i veličinama. Kratka čarapa je jedan od rijetkih tekstilnih proizvoda koji se često izrađuje s najmanje tri bitno različite sirovine, npr.: pamuk, PA i elasthan. Ovisno o namjeni, umjesto pamuka može se koristiti vuna ili neka druga sirovina.

Glavnina se čarape izrađuje pamučnom ili vunenom, jednostrukom ili končanom pređom. Pamučne jednostruke pređe imaju prekidnu istezljivost najčešće 4 do 7 %, a končane pređe nešto manju, tj. 3 do 5 %. Vunene jednostruke pređe su malo elastičnije i imaju prekidnu istezljivost i do 16 %, a končane do 12 %. Za elastičnost čarape, osim prethodno navedene osnovne pređe, upliće se PA filamentna pređa koja za izradu čarapa

ima znatno veću prekidnu istezljivost, i najčešće iznosi oko 30 % (sl.1). Pri izradi čarape pređa se dovodi iglama u istegnutom stanju. Nakon silaženja poluočica s igala, pređe se kontrahiraju, a pletivo koje oblikuje čarapu se skuplja 30 do 50 %. Skupljanje pletiva omogućava upravo elastičnost PA filamentne pređe. U gornjem okrajku tijela čarape potrebna je veća elastičnost pa se u ovaj dio upliće elastanska nit („gumica“) koja ima zadatak da



Sl.1 Svojstva istezljivosti: a) pamučne pređe, b) PA filamentne pređe i c) elastanske pređe

pridrži čarapu uz nogu, tj. da čarapa bude samostojeća. Elastanska nit ima prekidno rastezanje 600 do 900 % i pritiskuje okrajak tijela čarape uz nogu određenom silom. Mala sila pritiska omogućuje klizanje čarape niz nogu, a prevelika sila pritiska mišićno tkivo i krvožilni sustav te usporava cirkulaciju krvi kroz nogu. Sve tri upletene pređe imaju svoje funkcije koje se ogledaju u kvalitetnoj čarapi [1-3].

Upotrebna vrijednost čarape ovisi o njenoj konstrukciji i namjeni. Kvaliteta klasične muške kratke čarape se

ogleda u udobnom prilijeganju uz nogu, stabilnosti veličine i strukture pri višestrukom pranju, postojanosti obojenja kao i čuvanju noge i cipele od ozljede ili oštećenja. Sportska je čarapa drugačije konstrukcije. Punija je i masivnija. Nogometašu čarapa štiti nogu od ozljeda pri srazu kopačke i lopte. Sportska čarapa za rukometaše i košarkaše treba imati veoma postojan donji dio stopala. Za skijanje se koristi dokoljenka koja treba imati pojačanja na mjestima snažnijeg kontakta noge i skijaške cipele („pancerice - gojzerice“). Prosječna je masa

muškarca oko 80 kg, a žene oko 70 kg. Kroz dvanaestosatno opterećenje čarapa treba izdržati navedeno opterećenje i impulsne sile. Zbog toga je veoma značajno međusobno uskladičiti značajke pređa s kojima se izrađuju čarape sa značajkama čaraparskog automata na kojem se izrađuju čarape te s funkcijskim značajkama čarapa.

1.1. Označavanje veličina čarapa

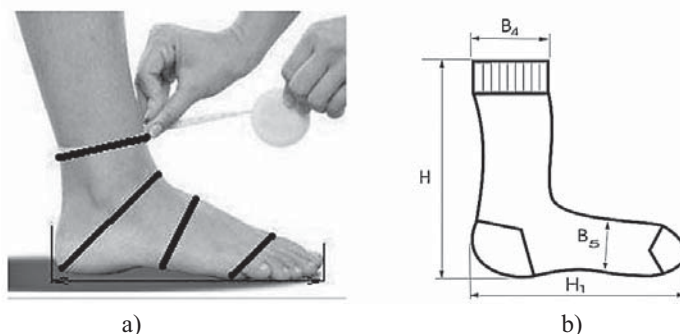
Tjelesna duljina stopala je u mnogim normama polazna osnovica za označavanje veličine cipele, ali i veličine čarape. Pored donje, značajna je i gornja duljina stopala te širina i opseg stopala. Prilikom navlačenja čarape na nogu, najveća rastezljivost se ostvaruje kada se čarapa navlači preko pete u području gležnja. Zbog toga je izmjera opsega gležnja oko pete značajna veličina pri projektiranju oblika čarape. Sve se ove izmjere koriste i pri projektiranju obuće. Označavanje veličine obuće je različito po pojedinim državama (tab.1), a s time i označavanje veličine čarapa [4]. Zanimljivo je primjetiti da Koreja označava veličinu cipele s duljinom stopala izraženo u mm. Za odrasle osobe Koreja ima veličine cipela od 228 do 292 pri čemu veličina 228 označava duljinu stopala 228 mm ili 22,8 cm, a veličina 292 duljinu stopala 29,2 cm. Kako za obuću tako se u

Tab.1 Međunarodno označavanje veličina obuće [4]

Sustav	Veličina obuće (cipele)																
Europa	35	35½	36	37	37½	38	38½	39	40	41	42	43	44	45	46½	48½	
Meksiko						4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	9	10	11	12,5	
Japan	M	21,5	22	22,5	23	23,5	24	23,5	25	25,5	26	26,5	27,5	28,5	29,5	30,5	31,5
	Ž	21	21,5	22	22,5	23	23,5	24	24,5	25	25,5	26	27	28	29	30	31
Engleska	M	3	3½	4	4½	5	5½	6	6½	7	7½	8	8½	10	11	12	13½
	Ž	2½	3	3½	4	4½	5	5½	6	6½	7	7½	8	9½	10½	11½	13
Australija i Novi Zeland	M	3	3½	4	4½	5	5½	6	6½	7	7½	8	8½	10	11	12	13½
	Ž	3½	4	4½	5	5½	6	6½	7	7½	8	8½	9	10½	11½	12½	14
Amerika i Kanada	M	3½	4	4½	5	5½	6	6½	7	7½	8	8½	9	10½	11½	12½	14
	Ž	5	5½	6	6½	7	7½	8	8½	9	9½	10	10,5	12	13	14	15,5
Rusija	Ž	33½	34		35		36		37		38		39				
Koreja, (mm)	228	231	235	238	241	245	248	251	254	257	260	267	273	279	286	292	
Inč	9	9⅞	9¼	9⅜	9½	9⅝	9¾	9⅞	10	10⅞	10¼	10½	10¾	11	11¼	11½	
cm	22,8	23,1	23,5	23,8	24,1	24,5	24,8	25,1	25,4	25,7	26,0	26,7	27,3	27,9	28,6	29,2	
Podjela	malena					srednja					velika				ogromna		

svijetu i za označavanje veličine čarapa koriste različite oznake.

U Hrvatskoj se za označavanje veličine čarapa koriste hrvatske norme [5-7]. Polazna osnovica za označavanje veličine čarape je donja tjelesna duljina stopala koja za odrasle osobe iznosi 23 do 32 cm, približno 8 do 12½ inča, (tab.2). Stopalu duljine 23 cm pristaje čarapa veličinske oznake 8,5, a stopalu duljine 32 cm pristaje čarapa veličine 12,5, (1engl. inča = 2,54 cm; 12,5·2,54 cm = 31,75 cm ≈ 32 cm). Na tržištu postoje različiti oblici kratkih čarapa. Klasična se kratka čarapa izrađuje po načelu da je tijelo čarape dulje od stopala čarape (sl.2). Međutim, ovisno o namjeni i modnim trendovima, izrađuju se čarape kod kojih je tijelo kraće od stopala čarape. Za funkcionalnost čarape veoma je značajan opseg stopala i tijela čarape te njihova rastezljivost. Kod manjih veličina polovica opsega čarape iznosi 8 do 9 cm, kod srednjih veličina 9,1 do 10 cm i kod većih veličina 10,1 do 11 cm. U načelu, poprečna elastična rastezljivost kratkih čarapa je dvostruko veća od prethodno navedenih iznosa. Tako npr. nozi čija donja duljina stopala iznosi 28 cm, pristaje čarapa veličine 11, kojoj je duljina stopala oko 23,5 cm, tj. duljina stopala čarape je oko 20 % manja od tjelesne duljine stopala. Prema preporukama iz norme, polovica opsega tijela ovakve čarape iznosi 10 cm, a opseg stopala ili noge iznad gležnja je oko 24 cm što je oko 20 % više. Opseg tjelesnog stopala u gležnju oko pete iznosi 36 cm. Da bi se čarapa normalno mogla navući preko pete njen opseg tijela u tom trenutku treba biti nešto veći od 36 cm, tj. elastična rastezljivost tijela čarape treba biti dvostruko veća od opsega čarape u skupljenom stanju. U ovom slučaju biti će zadovoljen



Sl.2 Stopalo i čarapa: a) izmjere stopala i b) oblik kratke čarape s glavnim izmjerama, H – dužina čarape, H₁ – dužina stopala čarape, B₄ – polovica opsega u visini gležnja, B₅ – polovica opsega stopala

Tab.2 Osnovne izmjere kratkih čarapa

Naziv karakteristike	Izmjere (cm)								
Oznaka veličine	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5
Tjelesna dužina stopala	23	24	25	26	27	28	29	30,5	32
Dužina kratke čarape, H	15 do 16			16,1 do 17			17,1 do 18		
Dužina stopala, H ₁	18 do 19,5	19,6 do 21,5			21,6 do 23,5	23,6 do 25,5		25,6 do 27	
Polovica opsega čarape u visini gležnja, B ₄	8 do 9			9,1 do 10			10,1 do 11		
Polovica opsega stopala, B ₅									

osnovni uvjet s obzirom na funkcionalnost čarape. Pri projektiranju čarapa i izboru pređa za izradu čarapa, posebnu pozornost treba posvetiti rasteznim svojstvima pređa te ih uskladiti s temperaturom glačanja i pranja tijekom upotrebe.

1.2. Strojevi za izradu čarapa

Za izradu kratkih čarapa pretežno se koriste kružnopletači strojevi malog promjera koji se svrstavaju u čaraparske automate. Postoje jednoiglenični, dvoiglenični i dvocilindrični čaraparski automati. Kratke se čarape najviše izrađuju na jednoigleničnim čaraparskim automatima. Promjer cilindra direktno utječe na širinu tije-

la čarape pa se tako na određenim promjerima cilindara dobivaju čarape određene obuvne veličine (tab.3). Male čarape za dojenčad imaju širinu tijela čarape 55 mm x 2 do 75 mm x 2 i izrađuju se na čaraparskim automatima promjera cilindra 70 ili 75 mm. Za veću djecu izrađuju se čarape širine tijela 75 mm x 2 do 95 mm x 2. Kratke čarape za odrasle osobe izrađuju se na čaraparskim automatima promjera cilindra 95 do 108 mm pri čemu je širina tijela čarape 95 mm x 2 do 120 mm x 2. Od svih kratkih čarapa najčešće se izrađuju čarape za odrasle muške osobe koje imaju tjelesnu duljinu stopala 25 do 27 cm i nose obuću vel. 40 do 44. Ovakve se

Tab.3 Približna širina tijela kratke glatke čarape, ovisnog o promjeru cilindra na kojem se izrađuje

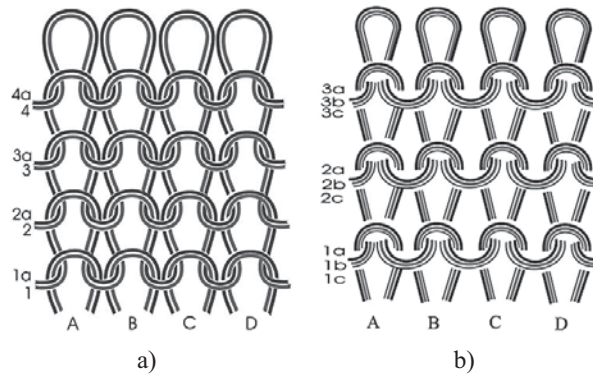
Promjer cilindra	inča	2 ¾	3	3 ¼	3 ½	3 ¾	4	4 ¼	4 ½	4 ¾
	mm	70	75	83	90	95	102	108	115	120
Jednostruka širina tijela čarape	mm	55-65	65-75	75-85	85-95	95-105	105-115	110-120	115-125	120-130

čarape izrađuju na čaraparskim automatima promjera cilindra 95 mm ($3\frac{3}{4}$ inča) i imaju promjer tijela oko 100 mm x 2. Osim promjera cilindra, na širinu tijela i stopala čarape utječu i druge značajke procesa pletenja kao što je dubina kuliranja te finoća i elastičnost pređe, broj pređa koje se upliću u red pletiva kao i preplet u kojem se izrađuju pojedini dijelovi čarape [8-10].

1.3. Rastezna svojstva kratkih čarapa

Prilikom projektiranja kratkih čarapa potrebno je znati namjenu čarape, a time i njena upotrebna svojstva. Mnoge se kratke čarape izrađuju na jednocilindričnim čaraparskim automatima u temeljnom platirnom prepletu (sl.3). Red pletiva čarape oblikuju dvije pređe. Najčešće temeljna PA koja naliježe na kožu noge, a platira pamučna koja je vidljiva na licu čarape. Okrajak na tijelu čarape još se izrađuje i s elastanskom niti. Uzorci na čarapi najčešće se izrađuju PA filamentnim nitima. Pri projektiranju čarape potrebno je posebnu pozornost posvetiti glavnom kosturu tijela i stopala čarape. Ovo su dva najznačajnija dijela kod kojih se promatraju rastezna svojstva čarape. Kod izrade kvalitetnih zimskih čarapa mogu se ovi dijelovi izrađivati s više niti, jednom PA i dvije do četiri pamučne. U ovom se slučaju dobije veoma udobna i kvalitetna čarapa. Kad se analizira poprečna rastezljivost čarape tada je ona ovisna i o broju niti koje se nalaze u redu pletiva. Svaka novoupletana nit smanjuje rastezljivost čarape i nakon višestrukog pranja povećava popunjenost čarape, a time i udobnost nošenja.

Platirna desno-lijeva pletiva u kojima se izrađuju čarape u osnovi imaju puniju strukturu od glatkih pletiva i povećavaju udobnost nošenja. Utrošak niti u očici, prekidna istezljivost pređe i vlačna sila su tri glavna parametra koja utječu na veličinu istezljivosti čarape. Utrošak niti u očici ovisi o dubini kuliranja. Što je veća dubina kuliranja, veći je i utrošak niti u očici,



Sl.3 Temeljni kulirni desno-lijevi platirni preplet: a) s dvije niti u redu očica i b) s tri niti u redu očica

a time i poprečna istezljivost čarape. Pamučna jednostruka pređa ima prekidnu istezljivost najčešće do 7 %, a PA za izradu čarapa i do 35 %. Prema tome, određivanje najviše poprečne prekidne istezljivosti kratke čarape treba povezati s prekidnom istezljivošću pamučne pređe.

Pri projektiranju čarape, utrošak niti u očici (ℓ) se određuje računski (1). Na europskom području najčešće se koristi jednostavniji oblik jednadžbe za računanje približnog utroška niti u očici glatkog kulirnog desno-lijevog pletiva, koji ima oblik, [11, 12]:

$$\ell = 1,57 \cdot A + d \cdot \pi + 2 \cdot B \quad (1)$$

U osnovi se ovaj oblik jednadžbe može koristiti i kod računanja utroška niti u očici platirnog pletiva. Prilikom istezanja pletiva u smjeru redova očica, povećava se korak očice (A) i smanjuje visina reda očica (B), odnosno skraćuje se pletivo po visini (sl.4). Točka M predstavlja sjecište koraka očice (A) i visine reda očica (B) u skupljenoj čarapi. Kad se čarapa

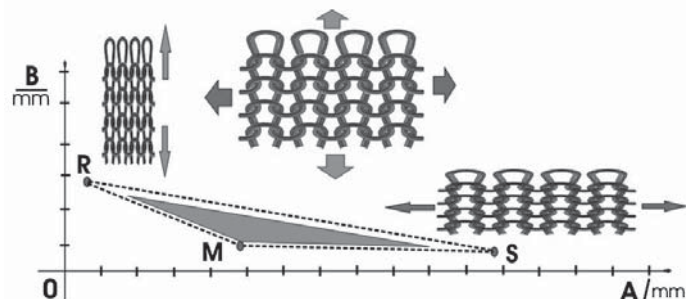
isteže poprečno tada se povećava korak očice i smanjuje visina reda očica. U trenutku prekida pletiva, ove dvije vrijednosti oblikuju točku S. Kada se isteže čarapa u smjeru nizova očica, tada se dobije najveća visina reda očica (B_{\max}) i najmanji korak očice (A_{\min}) koji je približno jednak četverostrukoj debljini pređe (d). Ove dvije vrijednosti oblikuju točku R. U trokutu MSR zasjenjen je približni elastični dio čarape [13].

Prilikom istezanja čarape u smjeru redova očica, nit se premješta iz kračova očica u iglena i platinska zaobljenja. Pri kraju elastičnog područja, utrošak niti u očici može se približno izračunati pomoću sljedeće jednadžbe (2):

$$\ell = 3 \cdot \pi \cdot d + A_{\max} \quad (2)$$

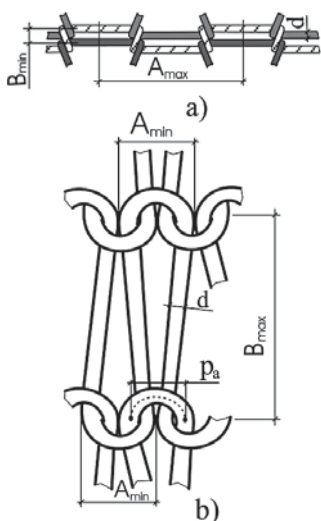
Ili, ono što je zanimljivo kod poprečne istezljivosti čarapa je najveći korak očice u elastičnom području koji približno iznosi (3):

$$A_{\max} = \ell - 3 \cdot \pi \cdot d \quad (3)$$



Sl.4 Prikaz poprečnog i uzdužnog istezanja pletiva u čarapi

Prilikom izrade čarapa ovaj se korak očice redovito mjeri, a time i kontrolira. Najčešće se, preko istegnute širine čarape, mjeri metrom koji je ugrađen na radnu ploču čaraparskog automata. Međutim, prilikom prekida pletiva opterećenog u smjeru redova očica registrira se ukupna istezljivost pletiva uvjetovana prepletom i prekidnom istezljivošću pređe (ϵ_p). Prilikom prekida pletiva mjeri se najveći korak očice i može se izračunati pomoću sljedeće približne jednadžbe (4), sl.5:



Sl.5 Istezljivost pletiva u kratkoj čarapi:
 a) poprečna i b) uzdužna

$$A_{\max} = \ell (1 + \epsilon_p) - 3 \cdot \pi \cdot d \quad (4)$$

Na sličan se način može razmatrati istezljivost pletiva u smjeru nizova očica. Na granici elastičnog područja najveći utrošak niti u očici iznosi (5):

$$\ell = 2 \cdot B_{\max} + 3 \cdot \pi \cdot d \quad (5)$$

ili najveća visina reda očica u elastičnom području iznosi (6):

$$B_{\max} = (\ell - 3 \cdot \pi \cdot d) / 2 \quad (6)$$

Odnosno, najveća visina reda očica prilikom istezanja i puknuća pletiva u smjeru nizova očica može se izračunati jednadžbom (7):

$$B_{\max} = [\ell (1 + \epsilon_p) - 3 \cdot \pi \cdot d] / 2 \quad (7)$$

Ako se stavi u odnos istezljivost pletiva u smjeru redova i nizova (i u tre-

nutku trganja pletiva), tada se uočava da je glatko kulirno desno-lijevo pletivo dva puta istezljivije u smjeru redova očica u odnosu na niz očica, tj.

$$\frac{A_{\max}}{B_{\max}} = \frac{\ell - 3\pi d}{0,5(\ell - 3\pi d)} = 2 \quad (8)$$

Ovi osnovni postulati istezljivosti glatkog kulirnog desno-lijevog pletiva mogu se u osnovi i s određenim korekcijama primijeniti i na temeljna kulirna platirna pletiva u kojima se najčešće izrađuju čarape.

2. Eksperimentalni dio

U posljednje smo vrijeme svakodnevno svjedoci da se kratke čarape nakon pranja jako skupljaju i nisu više rastezljive kao prije pranja pa ih često više ne možemo navući na nogu. Za izradu kvalitetnih kratkih čarapa najčešće se uz pamučne pređe koristi filamentna pređa izrađena od PA 6.6 koji ima točku omekšanja iznad 140 °C. Ovakve su čarape dimenzijski postojane na glačanje koje se obavlja na 80 °C i iskuhavanje koje se obavlja na 95 °C. Čarape u upotrebi imaju postojane dimenzije. Međutim, umjesto filamentnih pređa izrađenih od PA 6.6, ponekad se iz različitih razloga koriste i pređe izrađene od PA 6 koji ima znatno nižu točku omekšanja koja iznosi 60 do 80 °C, ponekad i nižu! Ako se ovakva čarapa glača ili pere na višoj temperaturi od tem. omekšanja, tada filamentna PA pređa gubi na svojim rasteznim svojstvima što se očituje na prevelikom skupljanju čarape nakon pranja. Zbog toga je svrha ovog eksperimenta bila da se istraži utjecaj procesa pranja s iskuhavanjem na dimenzijsku stabilnost kratkih čarapa izrađenih s pamučnim i filamentnim nitima od PA 6. Izrađene su čarape različitih obuvnih veličina. Čarape su izrađivane na čaraparskom automatu pri pletenju s različitim dubinama kuliranja. Korištena je pamučna pređa nazivne finoće 50 tex i filamentna pređa finoće 168 dtex izrađena od PA 6 nedovoljno poznatih karakteristika. Izrađivane su čarape u platirnom pre-

pletu bez uzorka, pri čemu je u red pletiva istovremeno uplitana pamučna i PA nit. Nakon izrade, mjerene su veličine čarapa i potom napravljena analiza parametara strukture i rasteznih svojstava pređa i pletiva. Potom su čarape prane na 95 °C u kućanskom stroju za pranje rublja. Nakon prvog, trećeg, petog i desetog pranja također je obavljena analiza parametara strukture i rasteznih svojstava pređa i pletiva.

Za izradu čarapa na raspolaganju je bio jednocilindrični čaraparski automat talijanskog proizvođača Lonati, model Goal – 462 koji ima promjer cilindrične iglenice 95 mm, (3¾ inča) i plete sa 108 igala. Automat radi u CAD/CAM sustavu i nema mogućnost zatvaranja vrška čarape kod prstiju. Ovaj vršak je zašivan na posebnom šivaćem stroju. Ispletene su četiri grupe čarapa u četiri obuvne veličine, svaka drugom dubinom kuliranja orijentacijskih oznaka: 300, 400, 500 i 600. Dubina kuliranja oznake 300 je najmanja dubina kuliranja pri čemu se dobije najmanja obuvna veličina čarape, a dubina kuliranja 600 je najveća s kojom se dobije najveća obuvna veličina čarape. Povećanjem dubine kuliranja povećava se utrošak niti u očici i poprečna rastezljivost čarapa te smanjuje gustoća pletiva [14].

Za analizu temeljnih parametara strukture i rasteznih svojstava potrebne su najmanje dvije čarape. Analize se obavljaju na neopranoj čarapi, potom na čarapi nakon prvog, trećeg, petog i desetog pranja. Prema tome, potrebno je napraviti pet kompletnih analiza, a za pojedinu analizu su potrebne dvije čarape. Međutim, nakon završenih svih analiza potrebno je i dalje imati uzorke čarapa. Zbog toga je pri navedenim dubinama kuliranja izrađeno po dvanaest čarapa, tj. deset čarapa se potroši pri obavljanju analiza i dvije čarape ostanu za rezervu, ponovljeno mjerenje ili pokazni uzorak. Za ova istraživanja izrađeno je pedeset čarapa (25 pari). Čarape su prane u kućanskom stroju za pranje. Svako pranje je obavljano

na programu za iskuhavanje pri temp. 95 °C i trajalo je 123 min. Pri pranju je korišten deterdžent Faks Helizim, hrvatske tvrtke Saponia d.d. iz Osijeka. Prilikom pranja nije korišten omekšivač. Da se čarape ne izmješaju pri analizi, svaka je čarapa na peti bila označena posebnim oznakama. Nakon pranja čarape su na klasičan način vješane na užu za sušenje koje je trajalo 24 do 72 sata. Nakon sušenja obavljene su analize parametara strukture i rasteznih svojstava čarapa.

Pojedinačna mjerenja u ovom radu su obavljena u dvije susjedne prostorije gdje je prevladavala uobičajena radna atmosfera, pri čemu je temperatura bila 20 do 24 °C i relativna vlažnost 50 do 65 %. Svi su pojedinačni rezultati mjerenja obrađeni u Microsoft Excelu. Pogreška se računala s razinom pouzdanosti 95 %, ($p=0,05$) [15].

Finoće pređa za izradu čarapa su određivane klasičnom metodom vitičica koje su uzimane s namotnica. Rastezna svojstva pređa određena su dinamometrom tvrtke Textechno, tip Statimat M. Dinamometar, koji radi po načelu konstantne brzine istezanja s razmakom između hvatalica 500 mm. Dinamometar je povezan s računalom na kojem je moguće birati izlazne podatke mjerenja koji se prikazuju tabelarno i grafički. Za određivanje rasteznih svojstava pređe obavljeno je po 35 mjerenja [16].

Masa čarape je mjerena na analitičkoj vazi s preciznošću 0,01 g. Debljina jednog sloja čarape je mjerena debljinomjerom s preciznošću 0,01 mm. Za

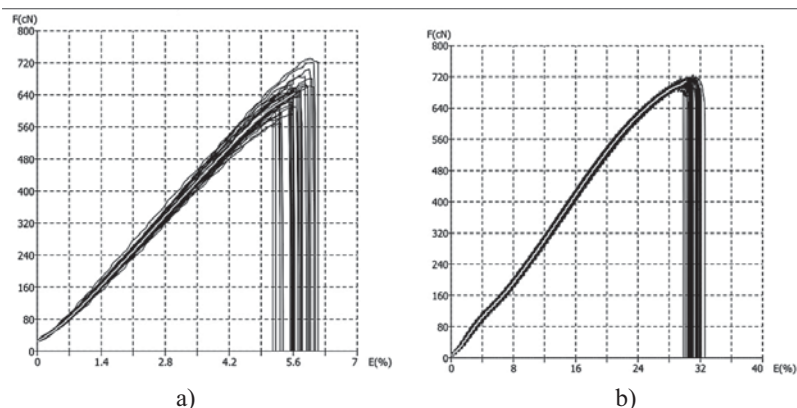
mjerenje dimenzija čarapa izabrane su četiri izmjere koje su prikazane na sl.2. Mjerena je dužina čarape, dužina stopala, širina čarape u okrajku i širina čarape u stopalu s preciznošću 1 mm.

Zbijenosti očica u redu i nizu brojane su na 2 cm i određivane na osnovi deset mjerenja. Utrošak niti u očici određivan je paranjem pređe iz reda pletiva koji je izrađen sa 108 igala pa ima isto tiliko očica. Jedna oparana pređa ima duljinu 500 do 900 mm. Jedan kraj pređe se stavi u gornju hvatalicu, a drugi kraj pređe se opteret predopterećenjem 0,5 cN/tex i potom na skali očita duljina niti. Za pamučnu pređu predopterećenje je iznosilo 25 g, a za PA 8g. Dijeljenjem ukupne duljine niti s brojem očica dobije se prosječni utrošak niti u jednoj očici. U jedan red su upletene dvije bitno različite niti koje su se mogle jednostavno parati i sortirati.

3. Rezultati mjerenja

Kratke su čarape izrađivane s tri pređe. Temeljna pamučna pređa je nazivne finoće 50 tex koja se upliće u svaki red po cijeloj duljini čarape. Za izradu tijela i stopala čarape pređa se uzima s jedne namotnice, a za izradu pete i vrška kod prstiju s druge namotnice (tab.4). Uz pamučnu se upliće i filamentna pređa izrađena od PA 6. Osim ovih dviju pređa, samo u elastični okrajak čarape se upliće i elastanska pređa finoće 54 tex. Sve tri pređe koje izgrađuju čarapu bitno se razlikuju, sl.6.

U ispletenim čarapama najprije su mjereni i analizirani parametri strukture pletiva, a potom rastezna svojstva pređa i pletiva. Već prema uobičajenim metodama analize parametara strukture kulirnih pletiva, najprije su brojani i mjereni parametri za koje nije trebalo rezati uzorke iz čarapa. Potom su iz čarapa rezani uzorci za ostala mjerenja. U početku analize



Sl.6 Dijagrami prekidnih sila i prekidnih istezanja: a) pamučne pređe nazivne finoće 50 tex i b) poliamidne filamentne pređe finoće 168 dtex; prije pletenja

Tab.4 Rezultati mjerenja svojstva pređa pri istezanju prije pletenja; n = 35

Parametri	X_s			s			CV		
	pamuk peta	pamuk stopalo	PA	pamuk peta	pamuk stopalo	PA	pamuk peta	pamuk stopalo	PA
Prekidno istezanje [%]	5,63	5,11	30,17	0,24	0,21	0,67	4,29	4,20	2,21
Prekidna sila [cN]	645	600	709	37	29	7	5,72	4,75	1,07
Rad do prekida [cN·cm]	959	855	5853	87	68	235	9,03	7,92	4,01
Prekidna čvrstoća [cN/tex]	13,09	12,29	42,01	0,75	0,58	0,43	5,72	4,75	1,01
Vrijeme do prekida [s]	3,46	3,16	19,11	0,16	0,14	0,40	4,54	4,41	2,10

n – broj mjerenja, X_s – srednja vrijednost, s – standardna devijacija, CV – koeficijent varijacije, pamuk peta – pamučna pređa korištena za izradu pete i vrška čarape, pamuk stopalo – pamučna pređa korištena za izradu tijela i stopala čarape, PA – filamentna pređa od PA 6

Tab.5 Rezultati mjerenja mase čarapa; m_z - prosječna masa jedne čarape; h_k - indeks dubine kuliranja

h_k	m_z [g]				
	Prije pranja	1. pranje	3. pranje	5. pranje	10. pranje
300	15,30 ± 0,06	15,00 ± 0,06	15,13 ± 0,06	15,39 ± 0,07	16,19 ± 0,08
400	16,50 ± 0,06	16,18 ± 0,07	16,32 ± 0,08	16,53 ± 0,05	17,38 ± 0,09
500	18,00 ± 0,07	17,65 ± 0,07	17,77 ± 0,09	18,08 ± 0,08	19,03 ± 0,10
600	19,60 ± 0,06	19,16 ± 0,08	19,27 ± 0,10	19,61 ± 0,07	20,59 ± 0,08

bilo je jednostavno izmjeriti masu i značajnije dimenzije čarape. Nakon toga mogla se mjeriti debljina pletiva čarape i izbrojati očice u redu i nizu čarape. Potom je trebalo rezati čarapu i iz nje parati pamučnu i PA nit i odrediti utrošak niti u očici kao i rastezna svojstva pređa i pletiva nakon pletenja i pranja.

Masa jedne čarape mjerena je na analitičkoj vazi. Prosječna masa čarape prije pranja određena je pojedinačnim vaganjem dvanaest čarapa i na osnovi pojedinačnih mjerenja dobivena je srednja vrijednost mase jedne čarape. Međutim, nakon svake analize su utrošene po dvije čarape tako da je nakon desetog pranja mjerena masa samo četiriju čarapa. Masa jedne najmanje čarape koja je izrađena pri dubini kuliranja 300, iznosi 15,30 g. Pri razini pouzdanosti 95 %, dozvoljeno odstupanje iznosi ± 0,06 g. (tab.5). S povećanjem dubine kuliranja povećava se i utrošak niti u očici pa se povećava i masa čarape do 19,60 g. S procesom pranja masa čarape se ne mijenja. Nastale male razlike u masi mogu se pripisati različitom udjelu vlage u čarapi ili ostatku sredstva za pranje.

Debljina pletiva u čarapi u prvom redu se koristi pri određivanju izolacijskih svojstava pletiva i zapreminske mase pletiva, a potom i za teorijske analize parametara strukture pletiva. Debljina čarape je mjerena

debljinomjerom uz pomoć tri metalne pločice. Jedna pločica je uložena unutar tijela čarape, a druge dvije s vanjske strane čarape i potom je izmjerena debljina „sendviča“. Debljina jedne pločice je iznosila 1,00 mm, ili tri pločice, 3,00 mm. Oduzimanjem debljina pločica od debljine sedniča dobije se ukupna debljina čarape, pri čemu debljina pletiva čarape iznosi polovicu debljine čarape, tab.6. Na osnovi deset mjerenja izračunala se prosječna debljina pletiva čarape.

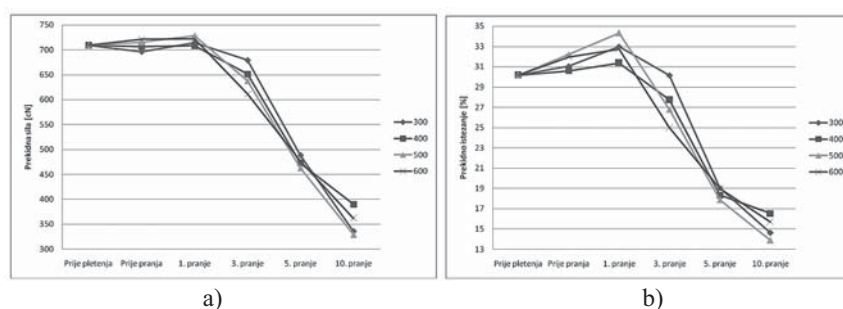
Dimenzije čarapa mjerene su za samo četiri značajne veličine čarape koje su prikazane na sl.2. Za mjerenje određene veličine obavljeno je deset mjerenja. Čarapa se izravnala na ravnoj podlozi potom je duljinomjerom izmjerena određena duljina s preciznošću očitavanja 1 mm, tab.7.

Gustoća očica također opisuje dimenzijske promjene čarapa nakon procesa pranja. Brojane su očice u smjeru redova i nizova nakon svakog

pranja. Na osnovi broja očica u redu i nizu izračuna se koeficijent zbijenosti očica (C) koji predstavlja njihov odnos, tab.8.

Utrošak niti u očici (t) je prema mnogim kriterijima osnovni parametar strukture pletiva. U jedan su red istovremeno upletane pamučna i PA nit. Čarapa je pletena na stroju sa 108 igala pa u jednom redu ima 108 očica. Paran je red po red pletiva i mjerena oparana duljina pamučne niti i PA filamentne niti s predopterećenjem 0,5cN/tex. Na osnovi oparanih 35 redova izračunao se prosjek utroška niti u jednoj očici. Rezultati su prikazani u tab.9.

Nakon procesa pranja uočeno je veliko poprečno i uzdužno skupljanje čarapa. Zbog toga se pristupilo paranju pređa iz čarapa i njihovoj analizi. Pređe iz čarapa su parane prije pranja i nakon prvog, trećeg, petog i desetog pranja. Čarape su izrađivane u platirnom prepletu pri čemu su u jedan red upletene



Sl.7 Dijagrami; a) prekidnih sila i b) prekidnih istezanja PA filamentne pređe finoće 168 dtex prije i nakon pletenja te višestrukog pranja na temp. 95 °C

Tab.6 Rezultati mjerenja debljine pletiva u čarapi

h_k	$D_{\text{čp}}$ [mm]					Razlika [%]
	Prije pranja	1. pranje	3. pranje	5. pranje	10. pranje	
300	1,09 ± 0,04	1,18 ± 0,02	1,19 ± 0,02	1,19 ± 0,01	1,21 ± 0,01	11,0
400	1,06 ± 0,03	1,23 ± 0,02	1,23 ± 0,01	1,20 ± 0,01	1,23 ± 0,04	16,1
500	1,09 ± 0,02	1,28 ± 0,02	1,29 ± 0,02	1,23 ± 0,01	1,32 ± 0,02	21,1
600	1,01 ± 0,02	1,33 ± 0,02	1,32 ± 0,03	1,31 ± 0,02	1,30 ± 0,03	28,7

Tab.7 Rezultati mjerenja dimenzija čarapa

h_k	Stanje	B_4 [mm]	s [%]	B_5 [mm]	s [%]	H [mm]	s [%]	H_1 [mm]	s [%]
300	Prije pranja	81,10 ± 1,04		81,30 ± 0,59		190,30 ± 2,34		200,20 ± 2,79	
300	1. pranje	69,00 ± 1,54	14,92	68,90 ± 0,86	15,25	175,70 ± 3,69	7,67	181,90 ± 2,29	9,14
300	3. pranje	68,63 ± 0,89	15,38	69,37 ± 0,43	14,67	171,50 ± 2,10	9,88	179,88 ± 2,58	10,15
300	5. pranje	69,80 ± 0,79	13,93	69,20 ± 0,43	14,88	165,00 ± 2,30	13,30	177,50 ± 2,71	11,34
300	10. pranje	69,50 ± 0,92	14,30	68,75 ± 0,79	15,44	164,50 ± 1,59	13,56	177,50 ± 6,43	11,34
400	Prije pranja	83,90 ± 1,04		84,70 ± 0,34		208,50 ± 3,20		225,00 ± 2,21	
400	1. pranje	71,10 ± 0,79	15,26	71,60 ± 0,77	15,47	188,70 ± 2,61	9,50	198,60 ± 3,94	11,73
400	3. pranje	71,63 ± 0,43	14,62	71,50 ± 1,09	15,58	184,50 ± 3,63	11,51	201,50 ± 3,31	10,44
400	5. pranje	72,80 ± 0,79	13,23	71,50 ± 0,58	15,58	179,20 ± 2,04	14,05	195,50 ± 2,80	13,11
400	10. pranje	74,50 ± 3,31	11,20	72,00 ± 1,29	14,99	177,00 ± 5,66	15,10	200,25 ± 9,75	11,00
500	Prije pranja	88,50 ± 0,91		90,90 ± 1,09		223,50 ± 1,59		254,20 ± 1,96	
500	1. pranje	74,10 ± 0,71	16,27	74,40 ± 0,69	18,15	200,30 ± 3,05	10,38	226,00 ± 2,84	11,09
500	3. pranje	73,75 ± 0,39	16,66	74,13 ± 0,54	18,45	196,38 ± 4,77	24,21	225,00 ± 3,71	11,49
500	5. pranje	77,20 ± 0,43	12,77	75,20 ± 0,79	17,27	191,30 ± 4,72	14,41	220,00 ± 5,14	13,45
500	10. pranje	75,00 ± 2,25	15,25	73,50 ± 2,05	19,14	190,00 ± 3,89	14,98	220,25 ± 6,67	13,35
600	Prije pranja	94,90 ± 0,63		96,50 ± 2,00		241,10 ± 2,91		285,20 ± 3,23	
600	1. pranje	76,33 ± 0,77	19,57	77,33 ± 1,02	19,87	213,22 ± 2,69	11,56	249,22 ± 4,41	12,62
600	3. pranje	75,86 ± 0,99	20,06	77,14 ± 0,99	20,06	223,00 ± 15,21	7,51	250,00 ± 2,45	12,34
600	5. pranje	78,60 ± 1,11	17,18	78,00 ± 1,96	19,17	203,80 ± 3,76	15,47	245,20 ± 3,21	14,03
600	10. pranje	80,66 ± 2,87	15,00	79,33 ± 2,87	17,79	202,33 ± 6,25	16,08	252,00 ± 11,38	11,64

dvije niti: pamučna i PA. Zbog toga je trebalo niti pomno ručno parati da se ne zapetljaju, deformiraju ili potrgaju. Pri pranju, pređe se iz čarape odvojeno namataju na namotnice, a potom stavljaju na dinamometar s kojim se mjere njihova rastezna svojstva. Iz svake čarape ili uzorka parano je oko 50 redova, ili 30 m pređe što je bilo dovoljno za 35 mjerenja na dinamometru, tab.10 i 11 i sl.7. Mjerenje rasteznih svojstava pređa oparanih iz čarapa obavljeno je po istim načelima kao i mjerenja prije pletenja koja su obavljena s namotnice.

4. Rasprava rezultata

Prema hrvatskim normama duljina stopala određuje veličinski broj čarape. U ovim su primjerima s dubinom kuliranja oznake 300 izrađene čarape približnih izmjera za veličinu 10. Veličina čarape 11 je dobivena s indeksom dubine kuliranja 400, a veličina 12 je dobivena s indeksom kuliranja 500. Najveća je čarapa

izrađena s indeksom dubine kuliranja 600 i nešto je veća od veličine 12,5 pa se ponekad na tržištu nalazi pod veličinskim brojem 13.

Najmanja čarapa ima duljinu stopala 200,20±2,79 mm i ubraja se u veličinu 10. Nakon prvog pranja na temp. 95 °C, stopalo čarape se skupilo po duljini ili u smjeru nizova očica 9,14 % i ima duljinu 181,90±2,29 mm. Nakon desetog pranja na temp. 95 °C, duljina stopala čarape iznosi svega 177,50±6,43 mm, odnosno u odnosu na početnu duljinu, stopalo je kraće 11,34 %. Duljina tijela čarape također je smanjena sa 190,30±2,34 mm na 164,50±1,59 mm, ili 13,56 %. S procesom pranja, čarapa se također skuplja po širini, ili u smjeru redova očica. Tijelo i stopalo čarape su pleteni pod istim uvjetima pa se može očekivati da će širina tijela čarape i širina čarape u stopalu biti iste. Nakon deset pranja na temp. 95 °C skupljanje čarape po širini iznosi i do 15,44 %. Međutim, skupljanje čarape u tijelu i stopalu je različito, ali ne i bitno jer

stopalo čarape predstavlja cjevasti oblik pletiva otvoren s jedne strane, a tijelo čarape cjevasti oblik pletiva otvoren s obje strane. Kad se usporede izmjere čarape prije i nakon pranja može se konstatirati da su izmjere bitno različite. Čarapa se skupi uzduž i poprijeko i nove izmjere ne odgovaraju više čarapi veličinske oznake 10 nego 8,5.

S indeksom dubine kuliranja 400 izrađene su čarape duljine stopala 225,00±2,21 mm, što približno odgovara obuvnoj veličini 11. Nakon deset pranja na temp. 95 °C duljina stopala čarape se skratila na 200,25±9,75 mm, ili 11,00 %, a duljina tijela čarape 15,10 %. Širina čarape u tijelu najviše se smanjila nakon prvog pranja, i to sa 83,90±1,04 mm na 71,10±0,79 mm, ili 15,26 %. Kao i u prethodnom slučaju, čarape su se bitno smanjile i više ne pripadaju obuvnoj veličini 11 već 9,5. Slična je situacija i s čarapama izrađenim s indeksom kuliranja 500.

Najveće čarape su izrađivane s najvećim indeksom dubine kuliranja, koji je iznosio 600. Duljina stopala čarape prije pranja je iznosila $285,20 \pm 3,23$ mm, a nakon deset pranja $252,00 \pm 11,38$ mm, ili 11,64 % kraće. Ove najveće čarape imaju veću poroznost pletiva pa su neka skupljanja i veća. Tako skraćivanje duljine tijela čarape iznosi čak 16,08 %, a skupljanje po širini i do 20,06 %. Skupljanjem čarapa obuvna veličina pada s 13 na 12.

Na osnovi provedenih mjerenja može se zaključiti da se procesom pranja na temp. 95 °C dimenzije svih analiziranih čarapa bitno mijenjaju. Čarape se skraćuju i u osnovi su za dva veličinska broja manje.

Čarape su izrađivane u temeljnom platimom prepletu, a koeficijent zbijenosti očica (C) neopranih čarapa se nalazi u području od 0,79 do 0,88, što je veoma zadovoljavajuće, tab.8. Procesom pranja pletivo se kod manjih

Tab.8 Rezultati gustoće očica u tijelu i stopalu čarape

h_k	Stanje	C	D /cm ²	ΔD [%]
300	Prije pranja	0,79	56,0	23,8
300	1. pranje	0,83	68,3	
300	3. pranje	0,77	71,3	
300	5. pranje	0,77	73,5	
300	10. pranje	0,78	72,2	
400	Prije pranja	0,84	47,9	27,9
400	1. pranje	0,85	61,0	
400	3. pranje	0,87	66,5	
400	5. pranje	0,78	63,0	
400	10. pranje	0,79	64,1	
500	Prije pranja	0,86	41,4	25,9
500	1. pranje	0,93	53,9	
500	3. pranje	0,87	55,6	
500	5. pranje	0,82	53,1	
500	10. pranje	0,85	55,9	
600	Prije pranja	0,88	34,2	30,8
600	1. pranje	0,96	48,6	
600	3. pranje	0,97	48,5	
600	5. pranje	0,90	47,8	
600	10. pranje	0,88	49,4	

C – koeficijent zbijenosti očica, D – gustoća očica, oč./cm², ΔD – povećanje broja očica u jedinici površine [%]

Tab.9 Rezultati mjerenja utroška niti u očici

h_k	Pređa	ℓ [mm]					$\Delta \ell$ [%]
		Prije pranja	1. pranje	3. pranje	5. pranje	10. pranje	
300	Pamuk	$6,63 \pm 0,01$	$6,52 \pm 0,01$	$6,47 \pm 0,01$	$6,51 \pm 0,01$	$6,57 \pm 0,01$	-2,4
300	PA	$5,91 \pm 0,01$	$5,84 \pm 0,02$	$5,86 \pm 0,01$	$5,85 \pm 0,01$	$5,84 \pm 0,01$	-1,2
400	Pamuk	$7,18 \pm 0,02$	$7,09 \pm 0,01$	$7,06 \pm 0,01$	$7,08 \pm 0,01$	$7,08 \pm 0,01$	-1,7
400	PA	$6,41 \pm 0,02$	$6,32 \pm 0,03$	$6,35 \pm 0,01$	$6,33 \pm 0,01$	$6,35 \pm 0,01$	-1,4
500	Pamuk	$7,75 \pm 0,01$	$7,55 \pm 0,01$	$7,58 \pm 0,01$	$7,62 \pm 0,01$	$7,66 \pm 0,01$	-2,6
500	PA	$6,97 \pm 0,01$	$6,88 \pm 0,02$	$6,93 \pm 0,01$	$6,88 \pm 0,01$	$6,91 \pm 0,01$	-1,3
600	Pamuk	$8,38 \pm 0,01$	$8,26 \pm 0,02$	$8,25 \pm 0,01$	$8,20 \pm 0,01$	$8,21 \pm 0,01$	-2,1
600	PA	$7,55 \pm 0,01$	$7,50 \pm 0,03$	$7,52 \pm 0,02$	$7,48 \pm 0,01$	$7,46 \pm 0,01$	-1,2

$\Delta \ell$ - razlika u utrošku niti u očici prije i nakon procesa pranja [%]

Tab.10 Rezultati mjerenja prekidne sile pamučne i PA filamentne prede

h_k	Pređa	F [cN]						Najveća razlika	
		Prije pletenja	Prije pranja	1. pranje	3. pranje	5. pranje	10. pranje	Aps. [cN]	Relat. [%]
300	Pamuk	600	626	749	765	713	694	165	27,47
300	PA	709	697	715	679	488	336	379	- 53,02
400	Pamuk	600	618	727	742	673	691	142	23,56
400	PA	709	706	708	651	472	390	319	- 44,96
500	Pamuk	600	655	718	709	652	675	118	19,58
500	PA	709	715	728	638	463	329	399	- 54,79
600	Pamuk	600	638	700	682	670	650	100	16,58
600	PA	709	721	722	611	477	362	360	- 49,98

Tab.11 Rezultati mjerenja prekidnog istežanja pamučne i PA filamentne pređe

h_k	Pređa	ε [%]						Najveća razlika	
		Prije pletenja	Prije pranja	1. pranje	3. pranje	5. pranje	10. pranje	Aps. [%]	Relat. [%]
300	Pamuk	5,11	5,93	6,69	5,89	5,25	4,73	1,96	- 29,30
300	PA	30,17	31,05	32,97	30,15	19,03	14,61	18,36	- 55,68
400	Pamuk	5,11	6,05	6,65	5,49	4,77	5,14	1,88	- 28,27
400	PA	30,17	30,59	31,36	27,73	18,33	16,54	14,82	- 47,26
500	Pamuk	5,11	6,23	6,55	5,38	5,01	4,80	1,75	- 26,72
500	PA	30,17	32,21	34,33	26,80	17,88	13,89	20,44	- 59,54
600	Pamuk	5,11	6,06	6,25	5,16	5,49	4,72	1,53	- 24,48
600	PA	30,17	31,96	32,74	24,99	18,97	15,69	17,05	- 52,08

obuvnih veličina gotovo podjednako skuplja uzduž i poprijeko pa se i koeficijent zbijenosti očica bitno ne mijenja. Međutim, kod većih obuvnih veličina nit je u očici znatno slobodnija i pletivo se različito skuplja pa je i koeficijent zbijenosti očica nešto veći i doseže čak 0,97, što je za ovakve čarape još uvijek prihvatljivo. S povećanjem dubine kuliranja smanjuje se gustoća očica pa je kod veće dubine kuliranja manji broj očica na jedinicu površine. Kod najmanje dubine kuliranja u pletivu ima 56 oč./cm², a kod najveće dubine kuliranja u pletivu ima svega 34,2 oč./cm². Međutim, uzdužno i poprečno skupljanje pletiva nakon procesa pranja izaziva 23,8 do 30,8 % veći broj očica na jedinici površine.

Debljina ovakvog platirnog pletiva u čarapi prije pranja iznosi 1,01±0,02 mm do 1,09±0,04 mm i gotovo da se ne razlikuje kod pojedinih veličina. Međutim, već nakon prvog pranja debljina pletiva se znatno povećava i ostaje oko tog područja sve do desetog pranja. Zbog procesa pranja, ukupno se debljina pletiva povećava od 11,0 do 28,7 %. Zanimljivo je uočiti povećanje debljine s obzirom na dubinu kuliranja i broj pranja. Kod najmanje dubine kuliranja nit nije slobodna u pletivu. Kad se čarapa opere i skupi, nit se ne može više zaobliti. Kod veće dubine kuliranja, nit je više slobodna u strukturi pletiva pa se pri višekratnom pranju nit više zaobliti i oblikuje deblje pletivo. Ovo upućuje na zaključak da se bitno

mijenja geometrijski oblik očice. Vjerojatno nit u očici zauzima pravilne geometrijske oblike.

S većom dubinom kuliranja dobije se znatno veći utrošak niti u očici. Također je uočljivo da je utrošak niti u očici izrađenoj pamučnom pređom uvijek oko 10 % veći od utroška niti u očici izrađenoj PA filamentnom niti. Razlog tome je znatno veća prekidna rastezljivost PA filamentne niti. Ono što je zanimljivo za ovu analizu je da se utrošak niti u očici neznatno smanjuje pod utjecajem procesa pranja, i to 1,2 do 2,6 %. Na osnovi dosadašnjih analiza, a naročito analizirane debljine pletiva i utroška niti u očici, može se konstatirati da se pletivo nakon pranja znatno skuplja i povećava njegova debljina. U ovom se slučaju utrošak niti u očici ne mijenja bitno pa se može pretpostaviti da se procesom pranja znatno mijenja geometrijski oblik očice.

Statističkom obradom rezultata može se dobiti eksperimentalna jednadžba koja opisuje promjenu utroška niti u očici ovisno o dubini kuliranja i broju pranja, za pamučnu i za PA filamentnu pređu.

$$\ell_{\text{pam}} = 4,84 + 0,005694 \cdot h_k - 0,00525 \cdot n_p; r = 0,995; 300 \leq h_k \leq 600; 1 \leq n_p \leq 10$$

$$\ell_{\text{PA}} = 4,20 + 0,005488 \cdot h_k - 0,00443 \cdot n_p; r = 0,998; 300 \leq h_k \leq 600; 1 \leq n_p \leq 10$$

ℓ_{pam} - utrošak pamučne niti u očici, mm; ℓ_{PA} - utrošak PA filamentne niti u očici, mm;

h_k - dubina kuliranja, n_p - broj pranja
Prekidna sila pamučnih pređa mijenja se procesom pletenja i oplemenji-

vanja. Čarape su pletene pamučnim narančasto bojadisanim jednostrukim pređama. Prekidna je sila ovih pređa prije pletenja iznosila 600 cN, a nakon procesa pletenja i višestrukog pranja veća je nego prije pletenja do 27,47 %. Zanimljivo je uočiti da povećanje prekidne sile pamučne pređe opada s povećanjem dubine kuliranja. Kod najmanje dubine kuliranja prekidna sila pamučne pređe prije pletenja je manja 27,47 % nego nakon pletenja i višestrukog pranja, a kod najveće dubine kuliranja je manja 16,58 %. PA filamentna pređa je drugačije strukture i sasvim se drugačije ponaša pri vlačnom opterećenju. Ona je gotovo uvijek manja nakon procesa pletenja i višestrukog pranja na temperaturi od 95 °C, i to gotovo do 55 %. U ovom slučaju dubina kuliranja ne utječe na promjenu prekidne sile PA filamentne niti.

Prekidno istežanje pamučne pređe prije procesa pletenja je iznosilo 5,11 %. Nakon pletenja i prvih pet pranja prekidna se istežljivost povećala do 6,69 %, da bi nakon deset pranja iznosila 4,73 %, odnosno najveća razlika se nalazi u granicama između 24,48 % i 29,30 %. Međutim, PA filamentna pređa je znatno izgubila na svojoj istežljivosti nakon procesa pletenja i višestrukog pranja. Prekidna istežljivost PA filamentne pređe prije pletenja je iznosila 30,17 % i nije se značajno mijenjala nakon procesa pletenja i prvog pranja. Međutim, nakon svakog daljeg pranja PA filamentna pređa je gubila na svojoj

istezljivosti gotovo po 2 % te je nakon deset pranja iznosila svega 13,89 %, što je smanjenje u odnosu na istezljivost prije pletenja oko 55 %. Ovako veliko smanjenje prekidne istezljivosti PA filamentne pređe izazvano je višestrukim pranjem na temp. 95 °C. Smanjena prekidna istezljivost pređe izazvala je značajno poprečno i uzdužno skupljanje čarape, pri čemu su se bitno promijenili parametri strukture pletiva čarape. U prvom redu povećan je broj očica na jedinici površine i značajno se smanjila duljina stopala čarape koja više ne odgovara prethodnoj obuvnoj veličini. Također je smanjena širina čarape i njena poprečna istezljivost tako da čarapa više ne zadovoljava kriterije izmjera obuvne veličine prije pranja. Prema tome, dimenzijsku nestabilnost ovakvih čarapa izazvalo je preveliko skupljanje čarapa koje je uzrokovano PA filamentnom pređom neotpornom na pranje pri temp. od 95 °C.

4.1. Poprečna rastezljivost čarapa

Čarape izrađene s indeksom kuliranja 500 imaju nakon pletenja i opuštanja duljinu stopala (H_1) 254,20±1,96 mm i prema normama iz tab.2 spadaju u obuvnu veličinu 12. Ovolika duljina stopala čarape odgovara duljini stopala noge, koje je oko 20 % veće i iznosi 28 do 30 cm. Duljina tijela čarape (H) može biti u granicama od 15 do 18 cm. Međutim, kad se čarape rade za slobodno tržište ili po narudžbi, tada duljina tijela može iznositi npr. 50 do 400 mm. U ovom slučaju je duljina tijela oko 22 cm. Pri-

likom navlačenja čarape na nogu prvo se poprečno isteže tijelo čarape koje ima širinu (B_1) 88,50±0,91 mm, ili opseg oko 17,7 cm. Navlačenje čarape na vršak prstiju noge nije problematično. Međutim, prilikom navlačenja čarape prema sredini stopala noge povećava se opseg stopala i iznosi oko 25 cm, a na ulazu u petu oko 27 cm. Već se na ovom dijelu navlačenja čarape osjeća potreba za elastičnosti čarape kako bi se mogla normalno navući na stopalo. Opseg stopala u peti za navedenu duljinu stopala najčešće iznosi 34 do 36 cm. Ovaj opseg je najkritičniji za navlačenje čarape na stopalo i potkoljenicu. U ovom dijelu čarapa mora biti dovoljno istezljiva da se jednostavno navuče na petu, a potom na potkoljenicu iznad gležnja.

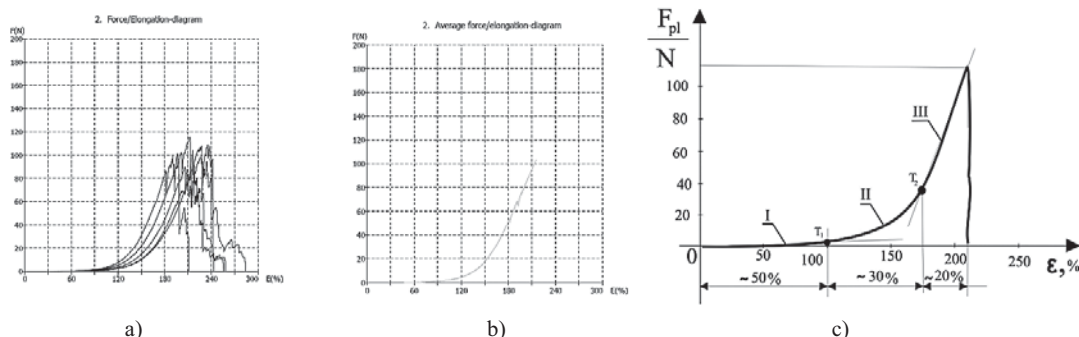
Čarapa je izrađena na stroju sa 108 igala i u jednom redu ima 108 očica. Utrošak pamučne niti u očici iznosi 7,75 ± 0,01 mm, a PA filamentne niti 6,97 ± 0,01 mm. Pamučna nit ima prekidnu istezljivost oko 5 %, a PA filamentna znatno veću, oko 30 %. Zbog toga se razmatra rastezljivost pletiva na osnovi istezljivosti pamučne pređe. U uvodnom dijelu navedena je jednadžba (3) kojom se računa najveći korak očice u elastičnom području kada se pletivo poprečno isteže, odnosno pomoću ove jednadžbe računa se poprečna rastezna širina čarape.

$$A_{\max} = \ell - 3 \cdot \pi \cdot d = 7,75 \text{ mm} - 3 \cdot 3,14 \cdot 0,28 \text{ mm} = 5,11 \text{ mm}$$

Prema tome, jedna očica u elastičnom području ima najveći korak oko 5,11

mm. Jedan red oblikuje 108 očica pa je najveća širina čarape istegnute poprečno oko 552 mm, (5,11 mm x 108 = 552 mm = 55,2 cm) ili u cjevastom obliku oko 27 cm x 2. Prema tome, ako je opseg stopala u peti između 34 i 36 cm, a najveća širina popriječno istegnutog tijela čarape oko 55 cm tada je uočljivo da se ovakva čarapa treba navući preko pete bez većih poteškoća.

Mjerenje poprečnih isteznih svojstava pletiva čarape provedeno je na uzorcima izrezanim iz tijela čarape. Širina uzorka iznosila je 50 mm, a duljina 75 mm. Prekidna istezljivost pletiva u tijelu analizirane čarape iznosi oko 210 % (sl.8). Dijagram se sastoji od tri glavna dijela. Prvi je dio linearan i proteže se do točke T_1 . Ovaj linearni dio opisuje temeljno elastično područje pletiva. U ovom se dijelu niti ne istežu već se prebacuju iz krakova očica u iglena i platinska zaobljenja pri čemu se povećava korak očice (A). Ovaj elastični dio iznosi oko 100 % ili 50 % od ukupne istezljivosti. Znači, u elastičnom području se uzorak duljine 75 mm istegne do duljine 150 mm, odnosno tijelo čarape opsega 177 mm se istegne na opseg duljine 354 mm. Nakon prestanka djelovanja sile uzorak se vrati na početnu duljinu. Daljim istežanjem uzorka ulazi se u područje dijagrama između točke T_1 i T_2 . To je područje u kojem se isteže pletivo i nit u pletivu u svome elastičnom dijelu. Za oporavak ove deformacije treba više vremena ili se deformacija anulira uzdužnim istežanjem čarape. Treće područje dijagrama se proteže od



Sl.8 Dijagrami mjerenja popriječne rastezljivosti čarape: a) prikaz grupnih mjerenja, b) prosječna vrijednost i c) značajnija područja u dijagramu

točke T_2 do prekida pletiva i predstavlja plastični dio ili trajnu deformaciju. Kao što je uočljivo iz dijagrama, temeljno elastično područje obuhvaća oko 50 % dijagrama i njemu se pripaja dodatno elastično područje koje iznosi oko 30 % dijagrama, tj. ukupno elastično područje iznosi oko 80 % poprečne istezljivosti pletiva čarape. Ostatak od 20 % predstavlja trajnu deformaciju pletiva.

Korištenjem jednadžbe (3) dobiven je približno najveći korak očice u elastičnom području, koji iznosi 5,11 mm i nalazi se na granici koju opisuje točka T_2 . U ovom je trenutku opseg tijela čarape iznosio oko 552 mm. Na osnovi trganja pletiva iz čarape može se uočiti da je poprečna elastičnost pletiva najmanja oko 100 %, a najviša 150 %. Od ukupne poprečne elastičnosti tijela čarape, na temeljnu elastičnost otpada oko 50 % ili eventualnu ukupnu elastičnost do 80 %. Ako na osnovi eksperimentalnih podataka temeljna elastičnost iznosi namanje 100 % tada je opseg istegnuto tijela čarape oko 35 cm, a ako je najveća elastičnost do 150 %, tada je opseg čarape oko 44 cm. Ovo su znatno manji podaci od prethodno izračunatih, ali još uvijek prihvatljivi da se čarapa jednostavno u svom elastičnom području navuče preko pete stopala, a potom veoma brzo i jednostavno kontrahira i priliježe uz gležanj. Razlika ovih rezultata upućuje na potrebu detaljnijeg izučavanja elastičnog područja poprečno opterećene čarape, odnosno opterećene u smjeru redova očica.

Kao što je iz navedenog uočljivo, za upotrebna svojstva ovakvih pletiva značajan je prvi dio dijagrama, tj. njegovo elastično područje. Iz dijagrama je uočljivo da se uz silu od oko 5 N ostvari istezljivost pletiva od oko 100 %, tj. istezljivost do točke T_1 . Kod sile oko 40 N ostvari se istezljivost do točke T_2 , tj. do područja plastičnosti, ili oko 80 % od ukupne istezljivosti. Prilikom izrade kratkih čarapa upravo se ovalikim silama optereti čarapa i mjeri njena istezljivost koja treba imati određenu duljinu za pojedinu

obuvnu veličinu čarape. Svaki proizvođač čarapa ima svoje interne propise kojima opisuje za svaku obuvnu veličinu poprečnu istezljivost tijela čarape pri određenoj vlačnoj sili.

Nakon navlačenja čarape preko pete na potkoljenu iznad gležnja treba doći do trenutnog opuštanja čarape i kontrakcije širine pri čemu čarapa treba prilijegati uz nogu koja ima opseg 23 do 27 cm. Ovo skupljanje omogućuje elastanska i PA filamentna nit. Rubni elastični dio tijela čarape koji u sebi ima upletenu elastansku nit finoće 54 tex pridržavat će čarapu u samostojećem položaju uz nogu. Ako je sila pritiska čarape na tijelo noge prevelika tada čarapa ne pristaje nozi na koju je navučena.

Nakon prvog pranja tijelo čarape se poprečno skupi i ima širinu $74,10 \pm 0,71$ mm, ili opseg oko 148 mm (14,8 cm). Ovo skupljanje iznosi 16,27 %. Kroz deset pranja širina tijela čarape se nalazila u području $88,50 \pm 0,91$ mm i $73,75 \pm 0,39$ mm, odnosno skupljanje iznosi 12,77 do 16,66 %. Ako se uzme u obzir da prekidna istezljivost PA filamentne pređe opada kroz deset pranja do 59,54 %, tada je sasvim jasno da se nakon deset pranja razmatrana čarapa neće moći navući na istu nogu. Na sličan se način mogu analizirati rastezna svojstva čarapa drugih veličina.

5. Zaključak

Osnovni dio čarapa izrađivan je u desno-lijevom platirnom prepletu pri čemu je jedan red očica oblikovala jedna pamučna pređa nazivne finoće 50 tex i jedna filamentna pređa finoće 168 dtex izrađena od PA 6. Prije pranja i nakon prvog, trećeg, petog i desetog pranja vršene su analize parametara strukture i svojstava čarapa, iz kojih se može zaključiti:

S povećanjem dubine kuliranja povećava se i masa čarapa. Kod jedinične dubine kuliranja 300, masa jedne neoprane čarape je iznosila $15,30 \pm 0,06$ g, a kod dubine kuliranja 600, gotovo za 5 g više, tj. $19,60 \pm 0,06$ g. Razlika

u masi čarapa prije i nakon pranja iznosi 5,1 do 5,8 %.

Debljina pletiva, tj. sloja koji naliježe na nogu prije pranja iznosi $1,01 \pm 0,02$ mm do $1,09 \pm 0,04$ mm i gotovo da se ne razlikuje kod pojedinih veličina. Već nakon prvog pranja debljina pletiva se povećava do 1,35 mm i ostaje oko tog područja sve do desetog pranja. Zbog procesa pranja, ukupno se debljina pletiva povećava 11,0 do 28,7 %.

Analizom dobivenih podataka uočljivo je da između širine tijela (B_4) i stopala čarape (B_5) nema bitnih razlika. Tako npr. čarape koje su izrađene s dubinom kuliranja 300, prije pranja imaju polovicu širine tijela čarape $81,10 \pm 1,04$ mm i polovicu širine stopala $81,30 \pm 0,59$ mm. Nakon procesa pranja s iskuhavanjem, na temperaturi od 95 °C čarape se skupljaju uzduž i poprijeko. Kroz deset pranja čarape se poprečno skupljaju 11,20 do 20,06 % i uzdužno 7,51 do 24,21 %. Čarape su se najviše skupile nakon prvog pranja.

Većom dubinom kuliranja dobije se i veći utrošak niti u očici. Kod dubine kuliranja s indeksom 300, utrošak niti u pamučnoj očici iznosi $6,63 \pm 0,01$ mm, a kod indeksa dubine kuliranja 600, utrošak niti u očici iznosi $8,38 \pm 0,01$ mm, što je povećanje oko 20 %. Utrošak pamučne niti u očici je veći od utroška PA niti. Tako npr. kod dubine kuliranja 300, utrošak pamučne niti u očici iznosi $6,63 \pm 0,01$ mm, a PA niti $5,91 \pm 0,01$ mm. Ovi utrošci se bitno razlikuju, a razlika najčešće iznosi 10 do 12 %. Utrošak niti u očici se veoma malo mijenja nakon procesa pranja.

Prekidna sila pamučne pređe je veća nakon procesa pletanja i prvog pranja od one prije pletanja, a potom se postupno s višekratnim pranjem smanjuje i nakon desetog pranja je još uvijek bitno veća nego prije pletanja. Prekidna je istezljivost pamučne pređe prije pletanja iznosila 5,11 %, a nakon pletanja i prvog pranja bila je veća od 6 %, da bi poslije pri višekratnom pranju postupno opadala i

zadržala se nešto nižom od prekidne istezljivosti prije pletenja, tj. između 4,5 i 5 %. Analizirajući ukupnu promjenu svojstava pamučne pređe može se zaključiti da je ona prikladna za izradu ovakvih čarapa.

Poliamidna filamentna pređa ima sasvim drugačija svojstva od pamučne pređe i drugačije se ponaša nakon procesa pletenja i pranja. Prekidna sila PA pređe prije pletenja je iznosila 709 cN da bi nakon procesa pletenja i višekratnog pranja postupno opadala, čak i do 55 %, i nakon desetog pranja iznosila oko 340 cN. Slična je situacija i s prekidnim istezanjem koje prije pletenja iznosi oko 30 %, da bi se s procesom pletenja neznatno povećalo, i potom s višekratnim procesom pranja znatno smanjilo i poprimilo vrijednosti 14 do 16 %.

Na osnovi projektiranih, izrađenih i analiziranih čarapa može se zaključiti da filamentna pređa izrađena od ovakvog PA 6 nije činila nikakve probleme pri pletenju čarapa. Izrađene su čarape zadovoljavale sve kriterije pletenja i izmjere obuvne veličine. Međutim, preveliko popriječno i uzdužno skupljanje čarapa nakon

procesu pranja na temp. od 95 °C ne dozvoljava staviti čarapu na tržište bez oznake dozvoljenog pranja samo na hladno. Mnoge filamentne pređe izrađene od PA 6 su postojane do temp. pranja ili glačanja 50 °C. Zbog navedenog, potrebno je od proizvođača filamentne pređe tražiti specifikaciju značajki koje karakteriziraju pojedinu filamentnu pređu, njenu primjenu i uvjete korištenja te održavanja. Ove podatke svakako treba navesti na proizvođačku etiketu koja se stavlja na čarapu prilikom njenog plasiranja na tržište.

Literatura:

- [1] Modig N.: *Hosiery Machines*, Meisenbach, Bamberg, 1988
- [2] Bašnec I.: Proces izrade finih ženskih čarapa, *Tekstil* 43 (1994.) 5, 255-259
- [3] Spenser D.: *Knitting Technology*, Pergamon Press, Oxford, 1983
- [4] http://images.search.yahoo.com/search/images?_adv_prop=image&fr=yfp-t-900-s&va=shoe+size+chart; [7.V.2013.]
- [5] HRN F.G0.010.
- [6] HRN F.G1.611.

- [7] HRN F.G1.612.
- [8] Vrljičak Z., A. Kovač: Projektiranje i izrada kratkih čarapa, *Tekstil* 60 (2011.) 4, 149-159
- [9] Minčev V.: VGM1 - metod za ekspresno opredeljane na parametre za pletene na čorapni izdelija, XLIII Congress of the IFKT, 01-05 October 2006, Plovdiv, Bugarska, CD-ROM
- [10] [http://www.lonati.com/it-machines-item.asp?idf=3;](http://www.lonati.com/it-machines-item.asp?idf=3) [20.IV.2013.]
- [11] Dalidovič A.S.: *Osnovi teorije vjanzanja*, Legkaja industrija, Moskva, 1970
- [12] Vrljičak Z.: Kritički osvrt na analizu parametara strukture kulirnih pletiva, *Tekstil* 48 (1999.) 4, 181-187
- [13] Vrljičak Z.: Utjecaj sile u niti na ulazu u pletači sistem na mehanička svojstva desno-desnog kulirnog pletiva, *Tekstil* 39 (1990.) 9, 544-549
- [14] [http://www.lonati.com/images/postazioni/DIGRAPH3/;](http://www.lonati.com/images/postazioni/DIGRAPH3/) [20.2.2012.]
- [15] ... : Microsoft Office Excel 2007
- [16] Čunko R.: *Ispitivanje tekstila*, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 1995.

SUMMARY**Dimensional instability of socks***Z. Vrljičak, Ž. Pavlović*

Men's plain socks were designed and manufactured on an automatic hosiery machine with a cylinder diameter of 95 mm ($3\frac{3}{4}$ inch) which knitted with 108 needles. Four sizes of 10, 11, 12 and 13 were made for spring and autumn season. The socks were manufactured in plated plain jersey from a 50 tex cotton yarn and a 168 dtex PA 6 filament yarn whose characteristics were insufficiently known. The cuff contained an interlaced elastane yarn with a count of 54 tex. Principal yarn properties were measured before and after knitting and after 10 washing cycles at a temperature of 95 °C. Sock weight and knit fabric parameters in the sock as well as four most important sock dimensions before and after washing were measured. The height of the sock leg, the length of the sock foot and half of the leg circumference and half of the foot circumference were measured. Stretching properties of the yarn were essentially different before knitting and after 10 washing cycles. Cotton yarn breaking force was higher after 10 washing cycles up to 27.47%. PA filament breaking force and stretching was lower up to 59.54% after 10 washing cycles. The socks shrank longitudinally and transversally after 10 washing cycles from 11 to 19.14% and they did not have the same size after the washing procedure. Due to thermal instability of the PA 6 filament thread it is recommendable to use cold washing.

Key words: socks, cotton, PA, elastane, size, washing, shrinkage

University of Zagreb, Faculty of Textile Technology

Zagreb, Croatia

e-mail: zlatko.vrljicak@ttf.hr

Received May 14, 2013

Dimensionsunbeständigkeit von Socken

Herrensocken wurden auf einer automatischen Strumpfstrickmaschine mit einem Zylinderdurchmesser von 95 mm ($3\frac{3}{4}$ Zoll), die mit 108 Nadeln strickte, entworfen und hergestellt. Vier Größen 10, 11, 12 und 13 wurden für die Frühjahrs- und Herbstsaison hergestellt. Die Socken wurden als platierete Rechts-Linksware aus einem Baumwollgarn der Feinheit 50 tex und einem PA 6 Filament der Feinheit 168 dtex, deren Eigenschaften nur unzureichend bekannt sind, hergestellt. Der Sockenbund enthielt ein verflochtenes Elastan-Garn der Feinheit 54 tex. Vor und nach dem Stricken und nach zehnmalem Waschen bei einer Temperatur von 95 °C wurden Garneigenschaften gemessen. Sockengewicht und Strickwarenparameter in der Socke sowie vier wichtigste Sockendimensionen vor und nach dem Waschen wurden gemessen. Die Höhe des Schafts, die Länge des Fußteils, die Hälfte des Schaftumfangs und die Hälfte des Fußteils wurden gemessen. Die Dehnungseigenschaften des Garns unterschieden sich wesentlich vor dem Stricken und nach zehnmalem Waschen. Die Reißkraft des Baumwollgarns war höher nach zehnmalem Waschen bis zu 27,47 % höher. Die Reißkraft und die Dehnung des PA-Filaments waren niedriger bis zu 59,54 % nach zehnmalem Waschen. Die Socken schrumpften in Längs- und Querrichtung nach zehnmalem Waschen von 11 bis 19,14 % und sie hatten nicht mehr die gleiche Größe nach dem Waschen. Aufgrund der thermischen Unbeständigkeit des PA 6 Filamentgarns wird empfohlen, Kaltwäsche zu verwenden.