

# Termofiziološka udobnost viskoznih i tencel čarapa

Beti Rogina-Car, Zenun Skenderi, Zlatko Vrljićak

Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Prilaz baruna Filipovića 28, 10000 Zagreb, Hrvatska

beti.rogina-car@tff.unizg.hr

Izvorni znanstveni rad

UDK:

DOI: 10.34187/ko.68.4.6

## Sažetak:

Projektirane su i izrađene muške čarape u višestruko platirnom desno-lijevom prepletu s viskoznom i tencel pređom finoće 20 tex, multifilamentnom PA 6.6 pređom finoće 156 i 220 dtex i pamučnom pređom finoće 25 tex. Određena je masa, debljina, visina tijela, duljina stopala, polovica opsega tijela i polovica opsega stopala čarape. Određena je termofiziološka udobnost čarapa mjerenjem otpora prolazu topline na termalnom stopalu. Rezultati su pokazali da uzorci čarapa koji u strukturi imaju prstenastu pređu imaju veći otpor prolazu topline u odnosu na uzorke sa rotorskom i aerodinamičkom pređom. Dobivena razlika otpora prolazu topline uzoraka čarapa po tipu bazne pređe je značajna. Najveći otpor prolazu topline imaju viskozne čarape izrađene iz prstenastih pređa uz dodatak grublje pamučne i PA 6.6. pređe, dok najmanji otpor imaju čarape iz tencel rotorske pređe.

## Ključne riječi:

udobnost nošenja, čarape, pletivo, otpor prolazu topline, Termalno stopalo

## 1. Uvod

Na toplinsku udobnost stopala utječe prijenos topline i vlage unutar odjavnog sustava. Udobnost stopala ima veliki utjecaj na ukupnu udobnost tijela. Stopala se nalaze u zatvorenom sustavu koji čine čarape prekrivene cipelama, pa je mnogo teže omogućiti toplinsku udobnost, odnosno neutralnost i suhoću. Kod pojačanog isparavanja znoja povećava se relativna vlažnost mikroklima. Do osjećaja nelagode dolazi zbog nemogućnosti odjeće, čarapa ili cipela da izvrše prijenos pare ili tekućine u okolinu [1, 2]. Nepropusna obuća i nemogućnost čarapa da izvrše prijenos znoja u vanjsko okruženje rezultira nakupljanjem znoja unutar zatvorenog sustava (cipela + čarapa) pri čemu se javlja osjećaj vlage. Količina znoja ovisi o uvjetima okoliša, fizičkoj aktivnosti, individualnim karakteristikama osobe i vrsti tekstilnih materijala koji se koriste u konstrukciji obuće i čarapa [3]. U hladnim sredinama znoj nakupljen oko stopala u tzv. zatvorenom sustavu osim hladnih i vlažnih stopala može uzrokovati ozljede stopala kao posljedica mekše kože, te zdravstvene probleme zbog pojave mikroorganizama [3-5]. Pamuk i regenerirana celulozna vlakna najčešći su materijali koji se koriste za odjeću koja se nosi uz kožu poput čarapa, rublja i sportske odjeće. Toplinski otpor glavni je parametar koji utječe na toplinsku udobnost odjavnih sustava. Mjeri se na vrućoj ploči ili termalnom manekenu odnosno termalnom stopalu [6-8]. Utjecaj vrste vlakana na toplinski otpor postaje očita kod vlažnog materijala. Voda ispuni međuprostore koji su bili popunjeni zrakom povećavajući prijenos vlage. Geometrijske karakteristike tkanina i pletiva utječu na otpor prolaza topline, propusnost zraka i vodene pare, dok na prijenos vlage utječu karakteristike vlakana [9]. Studija autora Frydrych i sur. uspoređuje karakteristike toplinske udobnosti vlakana. Dokazano je da Tencel® ima nižu toplinsku provodljivost i apsorpciju, ali veću toplinsku difuziju i propusnost zraka od pamuka [10]. Međutim, kod usporedbe toplinske vodljivosti Tencela® sa drugim regeneriranim celuloznim vlaknima utvrđena je viša toplinska vodljivost od modala i viskoze [11]. Stanković i dr. (2008) zaključili su da je redoslijed vrijednosti toplinske otpornosti celuloznih pletiva počevši od maksimalne: pamuk, lan, viskoza, lan/viskoza, lan/pamuk [12]. U studiji autora Gün (2011) maksimalne vrijednosti toplinskog otpora među celuloznim materijalima ima modalna tkanina, a minimalne vrijednosti mikromodalna tkanina [13]. Toplinski otpor definira se kao sposobnost materijala da pruži otpor protoku topline kroz materijal. Vrlo malo literature istražuje termofiziološka svojstva izrađenih čarapa. Većina literature istražuje termofiziološka svojstva pletiva iz kojih se izrađuju čarape [14, 15]. Skupina autora Čiukas i sur. provela je istraživanje toplinske vodljivosti 30 vrsta pletiva od različitih vrsta vlakana, s ili bez dodatka teksturiranog PA i elastanske niti (Lycra). Dobivene vrijednosti koeficijenta toplinske vodljivosti kreću se u granicama od 0.028 do 0.0644 W/(m × °C), dok se vrijednosti otpora prolazu topline kreću u granicama od 0.0119 do 0.0401 m<sup>2</sup> °C W<sup>-1</sup> [16, 17]. Rezultati studije Gün i sur. dokazuju da značajan utjecaj na toplinsku vodljivost ima upletena elastanska nit [18]. Toplinski otpor pletiva ovisi o debljini i masi pletiva kao i njegovoj poroznosti [19]. Toplina se kod čovjeka prenosi isparavanjem

znoja. Jače lučenje znoja uzrokuje nagli porast gubitka topline tijela uslijed porasta temperature okoliša iznad ugodne tjelesne temperature [20]. Prijenos topline isparavanjem s površine kože ovisi o količini vlage na koži i razlici između tlaka vodene pare na koži i okolini [21]. U normalnim uvjetima dolazi do gubitka topline između 50 i 70 kJ/h odnosno do isparavanja od 450 do 600 ml znoja dnevno [20]. Cilj rada je istražiti utjecaj tipa i različitog sirovinskog sastava pređa koje se dodaju baznim viskoznim i tencel pređama u čarapama na otpor prolazu topline. Otpor prolaza topline jedan je od glavnih termofizioloških parametara udobnosti.

## 2. Eksperimentalni dio

### 2. 1. Materijali i metode

U radu su korišteni uzorci čarapa izrađeni od viskoznih (Viskoze® - V) i liocelnih (Tencel® - T) vlakana uz dodatak pamučne (PR) i poliamidne (PA) pređe različite finoće (tab. 1). Osnovne pređe ispredene su na prstenastoj (oznaka R), rotorskoj (oznaka RO) i aerodinamičkoj (oznaka AJ) predilici. Pređe su namijenjene za pletenje (sl. 1). Projektirane su i izrađene muške čarape veličine 42 na čaraparskom automatu promjera cilindra 95 mm (3¼ inča) koji plete sa 108 igala. Čarape su izrađene u višestruko platirnom desno-lijevom prepletu s viskoznom i tencel pređom finoće 20 tex, multifilamentnom PA 6.6 pređom finoće 156 i 220 dtex i pamučnom pređom finoće 25 tex. U okrajak čarape upletena je elastanska nit.

Prosječna masa čarapa određena je pojedinačnim vaganjem četiri čarape na analitičkoj vazi, te je izračunata srednja vrijednost mase jedne čarape [22]. Debljina čarapa mjeri se debljinomjerom (model 2000-U, HESS MBV GmbH, Sonsbeck, Germany, ISO 9073-2) na deset različitih mjesta. Jedna pločica uložić se unutar tijela čarape, a druge dvije s vanjske strane čarape pa se izmjeri debljina „sendviča“. Oduzimanjem debljina pločica (3 pločice = 3 mm) od debljine sendviča dobiva se debljina čarape. Debljina pletiva čarape iznosi polovicu debljine čarape [22]. Dimenzije čarapa mjere se duljinomjerom s preciznošću očitavanja 1 mm pri čemu čarapa mora biti izravnata na ravnoj podlozi [22]. Način mjerenja dimenzija čarapa prikazan je na slici 2.

### 2. 2. Određivanje otpora prolazu topline na Termalnom stopalu

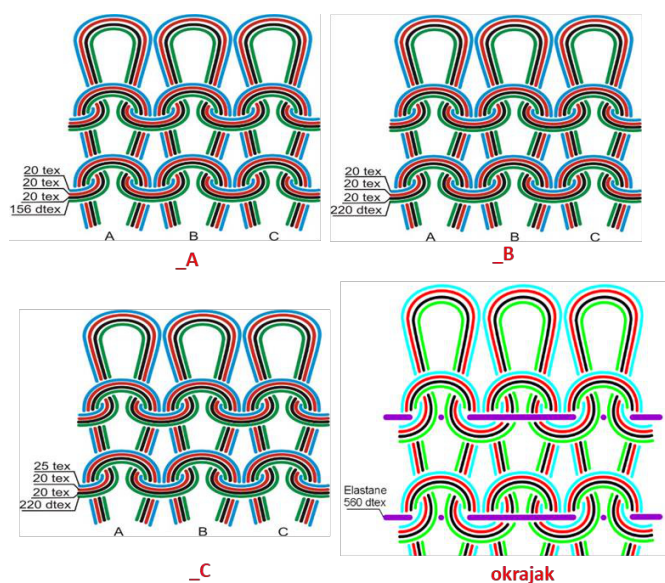
Dva objektivna parametra za ocjenu termofizioloških svojstava su otpor prolazu topline (toplinski otpor) i otpor prolazu vodene pare. Otpor prolazu topline  $R_{ct}$  (m<sup>2</sup> °C W<sup>-1</sup>) općenito ovisi o debljini uzorka  $d$  (mm) koji se mjeri i njegove toplinske vodljivosti  $\lambda$  (W(°C m)<sup>-1</sup>). Izračunava se prema izrazu:

$$R_{ct} = \frac{d}{\lambda} \quad (1)$$

**Tab. 1** Kratice i opis uzoraka čarapa

Uzorak	Kratice	Pređe, %	Oznaka pređe	Pletenje
*VR – Viskozna prstenasta pređa	VR_A	Viskozna i poliamidna pređa	Viskoza 20 tex x 3 + PA 6.6 156 dtex f68 x 1	Pleteno s četiri pređe u svakom redu
	VR_B		Viskoza 20 tex x 3 + PA 6.6 220 dtex f68 x 1	
	VR_C	Viskozna, pamučna i poliamidna pređa	Viskoza 20 tex x 2 + pamuk 25 tex x 1 + PA 6.6 220 f68 dtex x 1	
VRO – Viskozna rotorska pređa	VRO_A	Viskozna i poliamidna pređa	Viskoza 20 tex x 3 + PA 6.6 156 dtex f68 x 1	Pleteno s četiri pređe u svakom redu
	VRO_B		Viskoza 20 tex x 3 + PA 6.6 220 dtex f68 x 1	
	VRO_C	Viskozna, pamučna i poliamidna pređa	Viskoza 20 tex x 2 + pamuk 25 tex x 1 + PA 6.6 220 dtex f68 x 1	
VAJ – Viskozna aerodinamička pređa	VAJ_A	Viskozna i poliamidna pređa	Viskoza 20 tex x 3 + PA 6.6 156 dtex f68 x 1	Pleteno s četiri pređe u svakom redu
	VAJ_B		Viskoza 20 tex x 3 + PA 6.6 220 dtex f68 x 1	
	VAJ_C	Viskozna, pamučna i poliamidna pređa	Viskoza 20 tex x 2 + pamuk 25 tex x 1 + PA 6.6 220 dtex f68 x 1	
TR – Tencel prstenasta pređa	TR_A	Tencel i poliamidna pređa	Tencel 20 tex x 3 + PA 6.6 156 dtex f68 x 1	Pleteno s četiri pređe u svakom redu
	TR_B		Tencel 20 tex x 3 + PA 6.6 220 dtex f68 x 1	
	TR_C	Tencel, pamučna i poliamidna pređa	Tencel 20 tex x 2 + pamuk 25 tex x 1 + PA 6.6 220 dtex f68 x 1	
TRO – Tencel rotorska pređa	TRO_A	Tencel i poliamidna pređa	Tencel 20 tex x 3 + PA 6.6 156 dtex f68 x 1	Pleteno s četiri pređe u svakom redu
	TRO_B		Tencel 20 tex x 3 + PA 6.6 220 dtex f68 x 1	
	TRO_C	Tencel, pamučna i poliamidna pređa	Tencel 20 tex x 2 + pamuk 25 tex x 1 + PA 6.6 220 dtex f68 x 1	
TAJ – Tencel aerodinamička pređa	TAJ_A	Tencel i poliamidna pređa	Tencel 20 tex x 3 + PA 6.6 156 dtex f68 x 1	Pleteno s četiri pređe u svakom redu
	TAJ_B		Tencel 20 tex x 3 + PA 6.6 220 dtex f68 x 1	
	TAJ_C	Tencel, pamučna i poliamidna pređa	Tencel 20 tex x 2 + pamuk 25 tex x 1 + PA 6.6 220 dtex f68 x 1	

PR – pamučna prstenasta pređa; \*VR – rezultati objavljeni u literaturi [21]

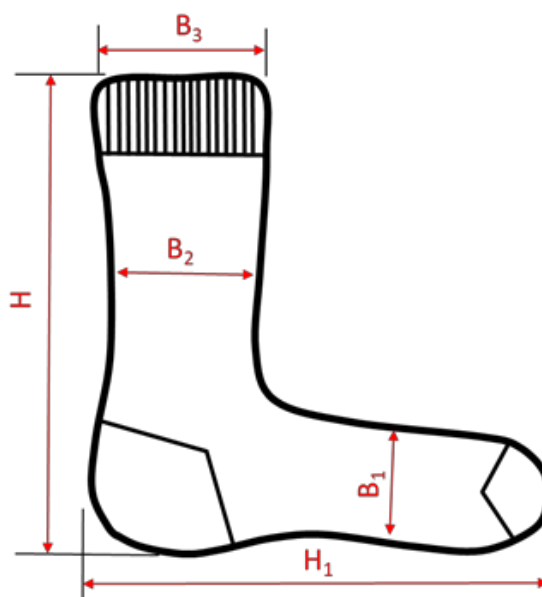

**Sl. 1** Prikaz pređa u strukturi na tijelu čarapa i okrajku; grupa uzoraka čarapa A, grupa uzoraka B, grupa uzoraka C

Otpor prolazu topline čarapa mjereno je na Termalnom stopalu koje je podijeljeno je na 13 segmenata, sl. 3. Svaki segment zasebno se grije na 35°C [21, 23, 24]. Slika 4 prikazuje sučelje upravljačke jedinice Termalnog stopala s prikazom podataka.

Čarape su postavljene na Termalno stopalo na način da prekriju svu mjernu površinu odnosno sve segmente (sl. 3). Postupak mjerenja otpora prolaza topline je slijedeći: bazna čarapa stabilizira se 20-30 minuta nakon čega se mjeri  $R_{ct0}$ . Postavlja se uzorak čarape te se provodi ponovno stabilizacija 20-30 minuta nakon čega se mjeri  $R_{ctu}$ . Ovaj postupak se ponavlja za svaki uzorak čarape. Termalno stopalo mjeri otpor uređaja sa temeljnom čarapom ( $R_{ct0}$ ) i ukupni otpor uređaja, temeljne čarape i uzorka ( $R_{ctu}$ ). Otpor prolaska topline ispitivanog uzorka čarape  $R_{ct}$  dobiva se iz razlike  $R_{ctu}$  i  $R_{ct0}$  prema izrazu [21]:

$$R_{ct} = R_{ctu} - R_{ct0} \quad (2)$$

Obzirom da kod uzoraka čarapa dolazi do određenog istezanja prilikom stavljanja na Termalno stopalo, način mjerenja neistegnute čarape i nastalog istezanja čarape prikazan je na slici 5. Bitno je naglasiti da se


**Sl. 2** Oblik čarape s glavnim izmjerama, H – dužina čarape, H1 – dužina stopala čarape, B1 – polovica opsega stopala, B2 – polovica opsega dužine H, B3 – polovica opsega u visini gležnja [21, 22]

mjenjenje istegnute čarape na termalnom stopalu mjeri po krivulji (sl. 5). Procedura mjerenja je opisana detaljno u literaturi [21].

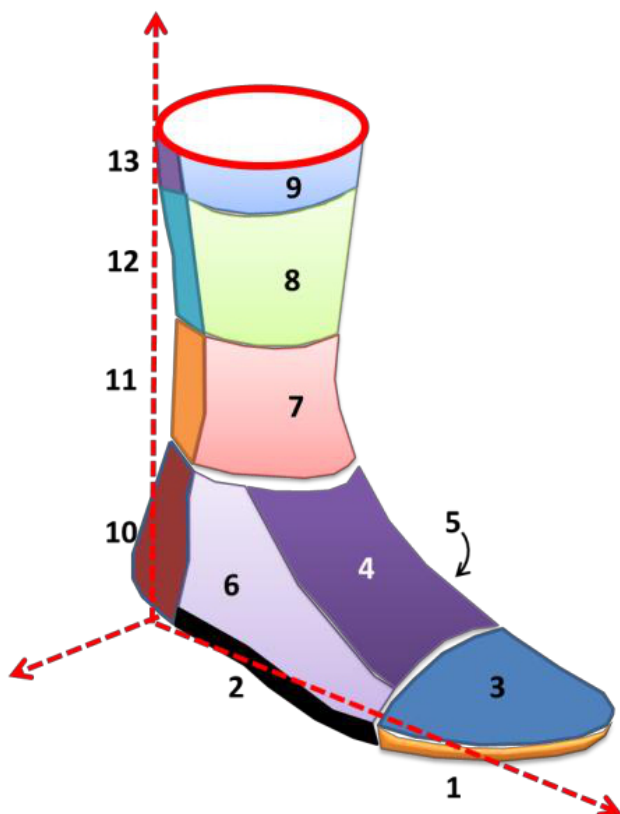
Relativno istezanje čarape na dijelu stopala  $\epsilon_s$  (%) je istezanje u smjeru nizova, koje nastaje postavljanjem čarape na Termalno stopalo, izračunava se prema izrazu [21]:

$$\epsilon_s = \frac{\Delta L_s}{L_{0s}} = \frac{L_{1s} - L_{0s}}{L_{0s}} \cdot 100 \quad (3)$$

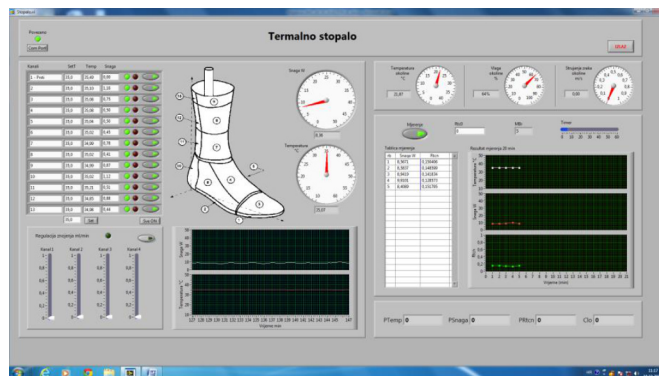
Relativno istezanje na dijelu čarape tijela  $\epsilon_t$  (%) također se izračunava mjerenjem istezanja u smjeru nizova na tijelu i određuje se izrazom [21]:

$$\epsilon_t = \frac{\Delta L_t}{L_{0t}} = \frac{L_{1t} - L_{0t}}{L_{0t}} \cdot 100 \quad (4)$$

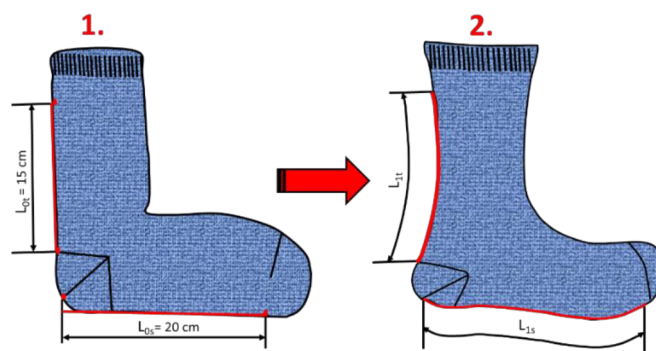
gdje su  $\Delta L_s$ ,  $\Delta L_t$  apsolutna istezanja čarapa na stopalu odnosno tijelu,  $L_{1s}$ ,  $L_{1t}$  izmjerene vrijednosti nakon stavljanja čarape na termalno stopalo u smjeru nizova,  $L_{0s}$ ,  $L_{0t}$  početne vrijednosti mjerenja čarape u smjeru nizova na stopalu odnosno tijelu prije stavljanja na termalno stopalo ( $L_{0t} = 150$  mm,  $L_{0s} = 200$  mm) [21].



Sl. 3 Termalno stopalo podijeljeno na 13 segmenata [23]



Sl. 4 Sučelje upravljačke jedinice Termalnog stopala



Sl. 5 Obilježavanje uzorka za mjerenje geometrijskih parametara neistegnute i istegnute čarape po krivulji

### 3. Rezultati i diskusija

#### Dimenzije čarapa

Mjerena je visina tijela čarape, duljina stopala čarape te polovica opsega tijela i polovica opsega stopala čarape. Dimenzije uzoraka čarapa, prema sl. 1, prikazane su u tab. 2 i 3 te sl. 6-8. Izvršeno je po 5 mjerenja na različitim mjestima na svakoj od 4 čarape po uzorku. Područje odstupanja od srednje vrijednosti određeno je s pouzdanošću od 95 %.

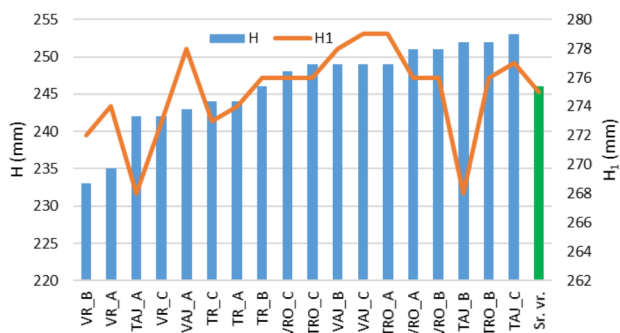
Ukupna visina čarape (H) kreće se u granicama od 233 mm kod uzorka VR\_B do 253 mm kod uzorka TAJ\_C (tab. 2, sl. 6). Uspoređivanjem srednje

vrijednosti visine tijela čarapa H i duljine stopala H<sub>1</sub> grupe uzoraka pređa oznake VR, VRO i VAJ dobiva se prikaz utjecaja tipa osnovne pređe (R, RO, AJ) i vrste sirovina (V, T, PR, PA) na dimenzije čarapa. Tako, najveća dobivena razlika kod uzoraka čarapa sa bazičnom viskoznom pređom u visini tijela iznosi 5.5 %, a dobivena je između VR i VRO (sl. 7). Najveća razlika u visini tijela čarapa kod uzoraka sa bazičnom tencel pređom je 2 %, i praktički zanemariva (sl. 6). Nadalje, utjecaj viskoze odnosno tencela kao osnovne sirovine i drugih sirovina u uzorcima čarapa je zanemarivo mali i iznosi 1.2 % (sl. 8).

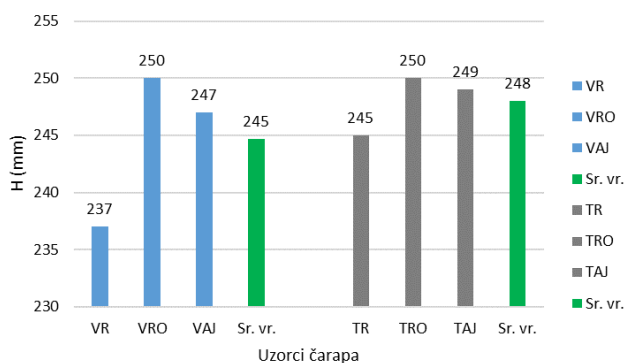
Tab. 2 Dimenzije uzoraka čarapa prema sl. 1

		H (mm)	H <sub>1</sub> (mm)	B <sub>1</sub> (mm)	B <sub>2</sub> (mm)	B <sub>3</sub> (mm)
*VR	VR_A	235 ± 3	274 ± 2	92 ± 1	87 ± 0	85 ± 0
	VR_B	233 ± 5	272 ± 2	93 ± 1	88 ± 1	86 ± 1
	VR_C	242 ± 3	273 ± 4	93 ± 1	89 ± 1	85 ± 1
VRO	VRO_A	251 ± 2	276 ± 5	91 ± 1	86 ± 1	84 ± 0
	VRO_B	251 ± 3	276 ± 4	93 ± 1	89 ± 1	85 ± 1
	VRO_C	248 ± 4	276 ± 2	95 ± 1	90 ± 0	86 ± 1
VAJ	VAJ_A	243 ± 4	278 ± 2	92 ± 1	87 ± 3	84 ± 1
	VAJ_B	249 ± 1	278 ± 1	93 ± 1	90 ± 1	84 ± 0
	VAJ_C	249 ± 3	279 ± 2	94 ± 1	91 ± 1	86 ± 1
TR	TR_A	244 ± 2	274 ± 3	93 ± 1	87 ± 1	85 ± 1
	TR_B	246 ± 2	276 ± 3	94 ± 1	88 ± 0	85 ± 0
	TR_C	244 ± 4	273 ± 5	93 ± 2	89 ± 2	86 ± 1
TRO	TRO_A	249 ± 2	279 ± 1	93 ± 1	88 ± 1	85 ± 1
	TRO_B	252 ± 3	276 ± 2	94 ± 1	91 ± 1	85 ± 1
	TRO_C	249 ± 2	276 ± 2	95 ± 0	91 ± 1	86 ± 1
TAJ	TAJ_A	242 ± 2	268 ± 2	89 ± 1	86 ± 1	84 ± 1
	TAJ_B	252 ± 2	268 ± 2	95 ± 1	91 ± 1	85 ± 1
	TAJ_C	253 ± 4	277 ± 5	95 ± 1	92 ± 1	85 ± 1

\*VR – rezultati objavljeni u literaturi [21]

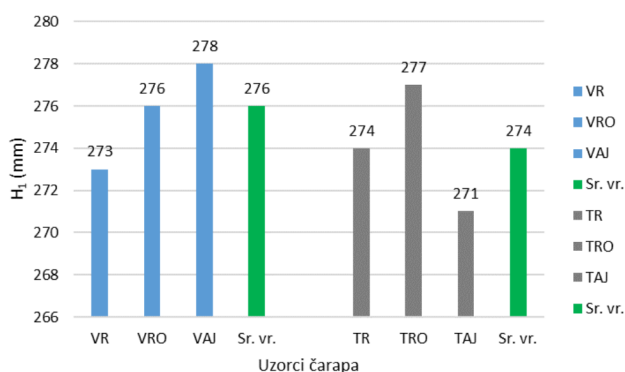


SI. 6 Usporedba visine tijela čarape (H) i duljine stopala (H<sub>1</sub>)



SI. 7 Srednje vrijednosti visine tijela čarapa (H) grupe uzoraka

U pogledu dužine stopala čarapa (H1) tab. 2, sl. 7 dobivene su vrlo male razlike, koje su praktički zanemarive. Drugim riječima utjecaj sirovine i tipa pređe u strukturi čarapa nije značajan.



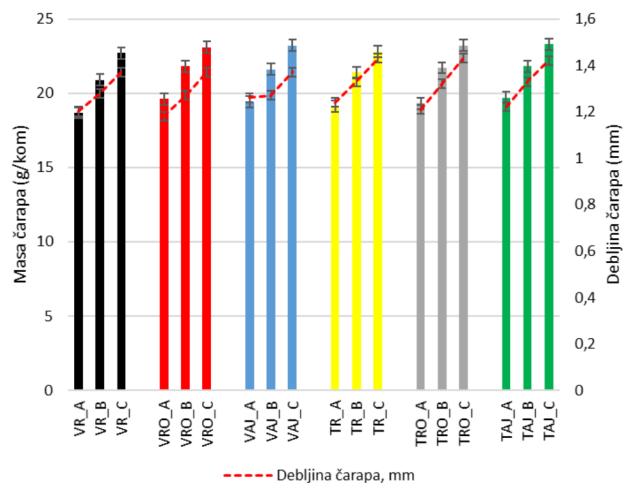
SI. 8 Srednje vrijednosti duljine stopala čarapa (H1) grupe uzoraka

### Masa i debljina čarapa

Rezultati mase i debljine čarapa prikazani su u tab. 3 i sl. 9-12. Izvršeno je po 5 mjerenja mase i debljine na različitim mjestima na svakoj od 4 čarape po uzorku. Područje odstupanja od srednje vrijednosti određeno je s pouzdanošću od 95 %.

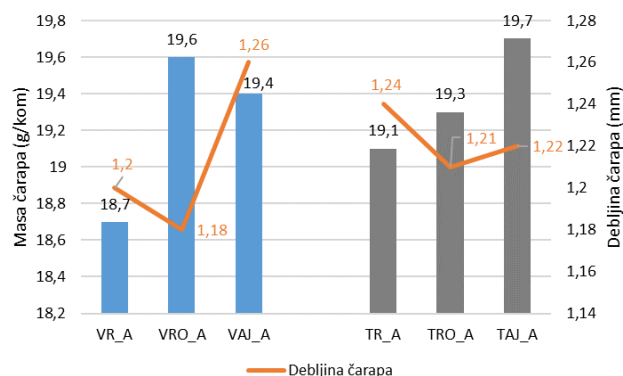
Tab. 3 Debljina pletiva u čarapi i masa uzoraka čarapa

		Masa čarapa (g/kom)	Debljina čarapa (mm)
*VR	VR A	18,7 ± 0,0	1,20 ± 0,02
	VR B	20,9 ± 0,1	1,28 ± 0,01
	VR C	22,7 ± 0,0	1,37 ± 0,02
VRO	VRO A	19,6 ± 0,1	1,18 ± 0,01
	VRO B	21,8 ± 0,0	1,27 ± 0,01
	VRO C	23,1 ± 0,0	1,37 ± 0,02
VAJ	VAJ A	19,4 ± 0,0	1,26 ± 0,01
	VAJ B	21,6 ± 0,0	1,27 ± 0,01
	VAJ C	23,2 ± 0,0	1,37 ± 0,02
TR	TR A	19,1 ± 0,0	1,24 ± 0,01
	TR B	21,4 ± 0,0	1,33 ± 0,01
	TR C	22,8 ± 0,1	1,43 ± 0,02
TRO	TRO A	19,3 ± 0,0	1,21 ± 0,02
	TRO B	21,7 ± 0,0	1,32 ± 0,01
	TRO C	23,2 ± 0,1	1,43 ± 0,01
TAJ	TAJ A	19,7 ± 0,1	1,22 ± 0,01
	TAJ B	21,8 ± 0,0	1,33 ± 0,02
	TAJ C	23,3 ± 0,1	1,42 ± 0,01



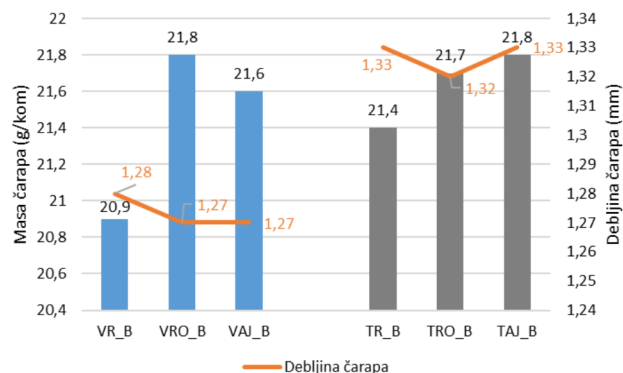
SI. 9 Usporedba mase i debljine čarapa

Najveća razlika u masi viskoznih čarapa dobivena je između uzoraka kojima dominira rotorska pređa (VRO\_A) u odnosu na pletivo gdje dominira prstenasta pređa (VR\_A) i iznosi 4,8 % (tab. 3, sl. 9, 10). Masa viskoznih čarapa kod rotorske i aerodinamičke pređe je znatno ujednačena i veća je od mase uzoraka prstenaste pređe. Iako je razlika u masi čarapa manja od 5 %, ipak su dobivene određene razlike, a uzrok tome može biti razlika u strukturi predenih pređa prstenaste (R), rotorske (RO) i aerodinamičke (AJ). Kod uzoraka čarapa iz tencela dobivena je najveća razlika od 3,1 % između uzoraka aerodinamičke pređe (TAJ\_A) i prstenaste pređe (TR\_A) i ovdje kao kod uzoraka viskoznih čarapa najmanja masa je kod uzoraka čarapa iz prstenaste pređe.



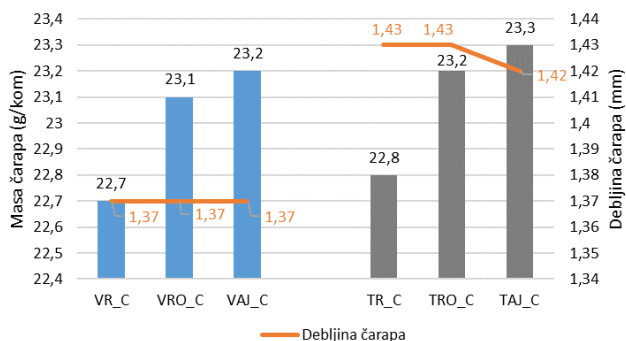
SI. 10 Usporedba mase i debljine čarapa grupa uzoraka A

Uzorci grupe B u kojima je korištena grublja poliamidna pređa (PA 6.6 220 dtex) u odnosu na uzorke grupe A pokazuju isti trend u masi čarapa tj. najveća razlika je manja od 5 %. Uzorci pletiva iz prstenaste pređe imaju manju masu od uzoraka iz rotorske odnosno aerodinamičke pređe (sl. 9, 11).



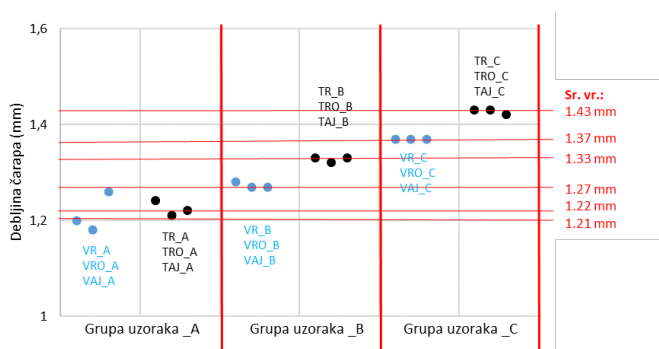
SI. 11 Usporedba mase i debljine čarapa grupa uzoraka B

Uzorci čarapa u kojima se umjesto jedne niti viskoze stavlja grublja pamučna pređa finoće 25 tex pokazuju jednaki trend kao i uzorci čarapa grupe A i B (sl. 9, 12). Tako, najveća razlika u masi, kako kod viskoznih, tako i kod tencel čarapa između uzoraka čarapa sa aerodinamičkom i uzoraka sa prstenastom predom iznosi 2,2 % (sl. 12).



SI. 12 Usporedba mase i debljine čarapa grupa uzoraka C

Razlike u debljini uzoraka čarapa grupe A između viskozni i tencel pletiva koja imaju PA 6.6 pređu finoće 156 dtex ne postoji (jednake srednje vrijednosti 1.21 mm).



SI. 13 Debljina čarapa po grupama uzoraka A, B i C

Tab. 4 Rezultati istezanja uzoraka čarapa na Termalnom stopalu

		$L_{1s}$ (mm)	SD (mm)	CV (%)	$\epsilon_s$ (%)	$L_{1t}$ (mm)	SD (mm)	CV (%)	$\epsilon_t$ (%)
*VR	VR_A	207.7	3.79	1.82	3.85	166.3	4.04	2.43	10.57
	VR_B	204.0	1.41	0.69	2.00	166.0	4.24	2.56	10.67
	VR_C	204.3	3.06	1.50	2.15	158.3	2.52	1.60	5.53
VRO	VRO_A	205.3	0.58	0.28	2.65	171.7	2.89	1.68	14.47
	VRO_B	211.7	2.89	1.36	5.85	168.7	1.16	0.70	12.47
	VRO_C	203.7	1.53	0.75	1.85	173.7	3.22	1.85	15.80
VAJ	VAJ_A	203.3	2.89	1.42	1.65	161.3	1.53	0.95	7.53
	VAJ_B	205.7	1.16	0.56	2.85	157.0	2.65	1.69	4.67
	VAJ_C	203.7	2.31	1.13	1.85	163.3	2.89	1.77	8.87
TR	TR_A	210.0	0	0	5.00	168.3	2.89	1.72	12.20
	TR_B	209.3	1.16	0.55	4.65	164.7	0.58	0.35	9.80
	TR_C	205.7	2.52	1.22	2.85	169.0	4.58	2.71	12.67
TRO	TRO_A	200.0	0	0	0	156.0	1.00	0.64	4.00
	TRO_B	205.3	5.03	2.45	2.65	163.3	2.89	1.77	8.87
	TRO_C	204.3	0.58	0.28	2.15	160.0	0	0	6.67
TAJ	TAJ_A	205.0	0	0	2.50	161.7	2.52	1.56	7.80
	TAJ_B	205.0	0.58	0.28	2.50	154.3	1.15	0.75	2.87
	TAJ_C	205.0	0	0	2.50	164.7	0.58	0.35	9.80

\*VR – rezultati objavljeni u literaturi [21]

Istezanje stopala na Termalnom stopalu svih uzoraka čarapa kreću se u granicama od 0 % do 5.85 %, dok je istezanje tijela čarapa u granicama od 2.87 % do 15.80 % (tab. 4, sl. 14).

Utjecaj grublje PA multifilamentne pređe finoće 220 dtex korištene u uzorcima čarapa grupe B u odnosu na grupu A kada je korištena finija PA multifilamentna pređa finoće 156 dtex (grupa A) na istezanja stopala i tijela čarapa je malo, što potvrđuju njihove srednje vrijednosti istezanja (7.7 % i 9.4 %, sl. 15). Istezanje tijela uzoraka čarapa grupe C, gdje se umjesto jedne viskozne ili tencel pređe dodaje grublja pamučna pređa finoće 25 tex iznosi 9.9 % i nešto je veće od istezanja grupe A i grupe B. Obzirom da su

#### Debljina uzoraka čarapa iz viskoze + PA 156 dtex i tencel + PA 156 dtex (uzorci grupe A)

Uzorci čarapa iz pređa viskoza + PA 156 dtex se u debljini maksimalno razlikuju 6.8 % (VR\_A i VAJ\_A), sl. 10, 13. Srednje vrijednosti debljine čarapa iz viskoze i tencela se međusobno ne razlikuju i iznose 1.21 mm i 1.22 mm, tako da ne postoji utjecaj sirovine na debljinu čarapa. Nadalje uzorci čarapa iz pređa tencel + PA 156 dtex imaju najveću razliku u debljini 2.5 % (TR\_A i TRO\_A). Ova razlika se praktički može zanemariti.

#### Debljina uzoraka čarapa iz viskoze + PA 220 dtex i tencel + PA 220 dtex (uzorci grupe B)

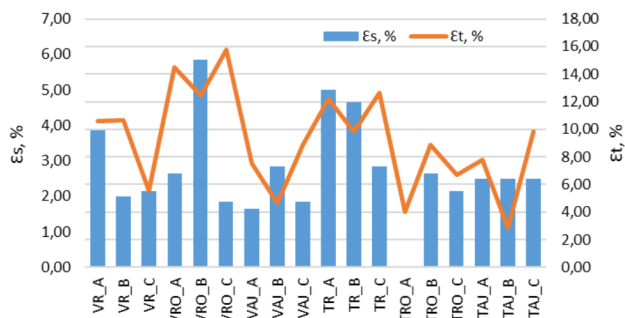
Razlika u debljini čarapa kod viskozne pređe uz dodatak 220 dtex korištenjem različitih tipova pređe (R, RO, AJ) je zanemarivo mala (sl. 11, 13). Jednako mala razlika je dobivena kod uzoraka tencel čarapa sa dodatkom grublje PA pređe finoće 220 dtex korištenjem različitih tipova pređe (R, RO, AJ). Razlika u srednjoj vrijednosti debljine uzoraka čarapa iz viskozne i tencel pređe je 4.7 % što se može smatrati da ima slučajan karakter.

#### Debljina uzoraka čarapa iz viskoze + PK + PA 220 dtex i tencel + PK + PA 220 dtex (uzorci grupe C)

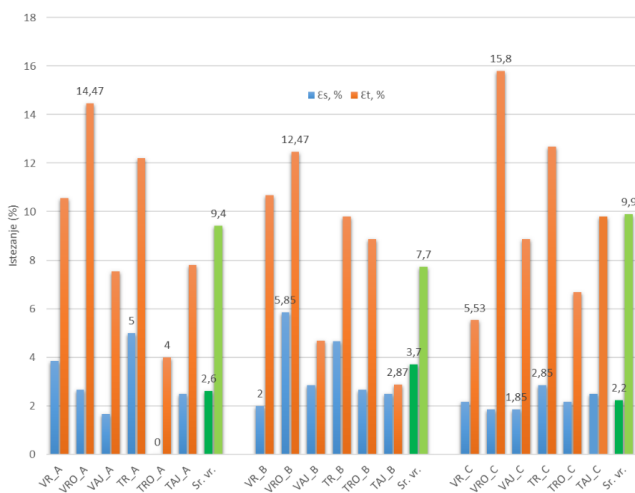
Razlika u debljini čarapa kod viskozne pređe uz dodatak pamučne pređe 25 tex i grubljom PA 220 dtex ne postoje (sl. 12, 13). Slično navedenom, razlika u debljini čarapa iz tencel pređe uz dodatak pamučne pređe 25 tex i PA 220 dtex praktički je zanemariva. Razlika u debljini čarapa za pletiva koja se razlikuju u osnovnoj pređi viskoza i tencel je 4.4 % te se može kazati da razlika ima slučajan karakter.

#### Debljina uzoraka čarapa grupe A, B i C

Razlika u srednjim vrijednostima debljine uzoraka čarapa među grupama uzoraka A, B i C je u granicama od 6.6 % (grupa B i A) do 14.8 % (grupa uzoraka C i A). Dobivena razlika u debljini je posljedica većeg udjela grublje PA pređe finoće 220 dtex (grupa uzoraka B) odnosno pamučne pređe 25 tex i grublje PA pređe finoće 220 dtex (grupa uzoraka C). Rezultati izračunatog istezanja prema formuli 3 i 4 prikazani su u tab. 4. i sl. 14, 15.



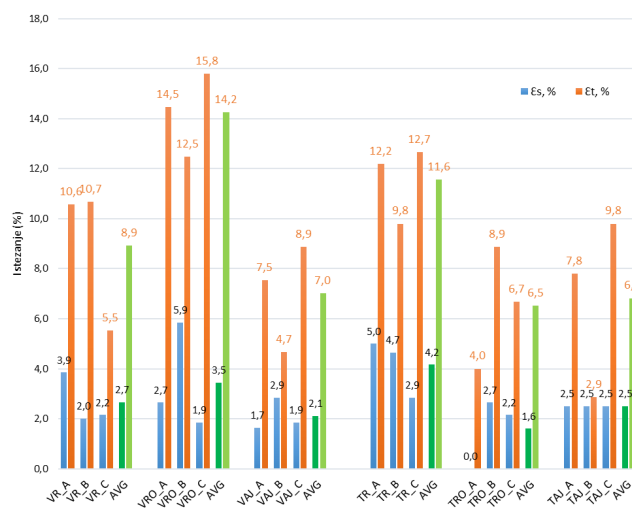
SI. 14 Istezanje stopala (εs) i tijela (εt) uzoraka viskoznih i tencel čarapa



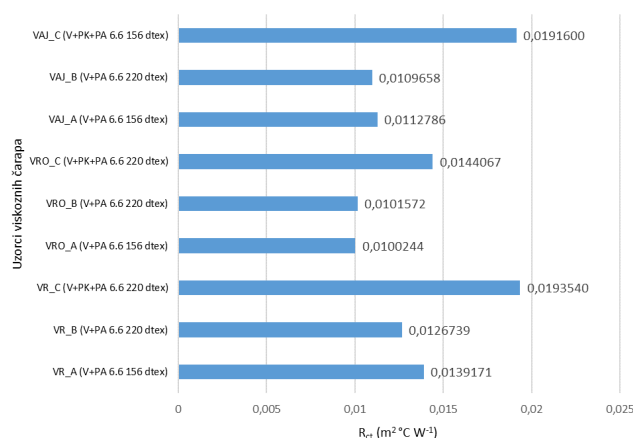
SI. 15 Istezanje stopala (εs) i tijela (εt) uzoraka viskoznih i tencel čarapa prema grupama čarapa A, B i C

Uzrok razlike istezanja u tijelu i stopalu čarapa je taj što se uzorci u određenoj mjeri istežu kako bi prekrili cjelu mjernu površinu Termalnog stopala. Kod toga se pazi da peta čarape prekrije petu Termalnog stopala, a ostatak čarape prekrije potpuno tijelo Termalnog stopala. Praktički se potvrdilo da je bilo potrebno više istezati tijelo čarape.

Iz slike 16 (tab. 4) vidljivo je da se istezanje tijela kod uzoraka čarapa iz bazne tencel pređe kreće od 2.9 % za uzorak iz aerodinamičke pređe (TAJ\_B) do 12.7 % za uzorak iz prstenaste pređe (TR\_C). Razlika u srednjim vrijednostima istezanja tijela čarapa iz bazne tencel pređe je manja nego kod istezanja tijela uzoraka bazne viskozne pređe. Razlika istezanja je vrijednosno manja za 5.1 %. Uzme li se da je razlika istezanja statistički nesignifikantna, može se kazati da tip bazne pređe (prstenasta, rotorska i aerodinamička pređa) ne utječe na istezanje tijela uzoraka čarapa. Istezanje stopala uzoraka čarapa iz bazne tencel pređe je malo i kreće se u granicama od 0 % (TRO\_A) do 5.0 % (TR\_A). Razlike istezanja stopala pojedinih uzoraka brojčano su male kao i razlike srednjih vrijednosti.



SI. 16 Istezanje stopala (εs) i tijela (εt) uzoraka viskoznih čarapa prema tipu pređe



SI. 17 Otpor prolazu topline viskoznih uzoraka čarapa

Otpor prolazu topline

Provedena su tri mjerenja otpora prolazu topline za svaki uzorak. Uzorci prije mjerenja ostavljeni 24 sata na standardnim uvjetima 20 ± 2 °C, 65 ± 5 %. Rezultati mjerenja prikazani su u tab. 5, pri čemu je za svaki od uzoraka izračunata srednja vrijednost, standardna devijacija i koeficijent varijacije. Usporedba rezultata otpora prolazu topline uzoraka prikazana je na sl. 17-20.

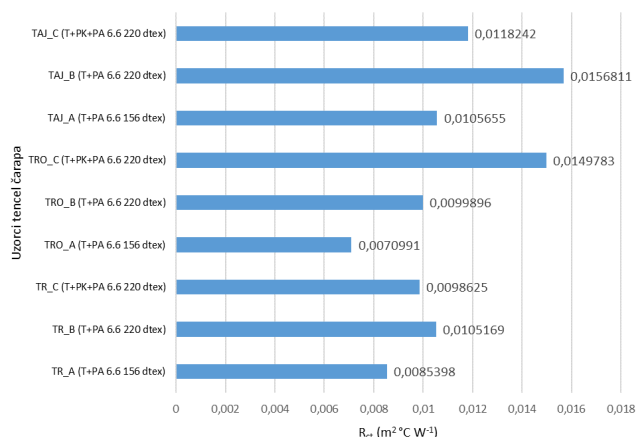
Uzorci čarapa iz bazne viskozne pređe

Čarape veće debljine i mase sa baznom viskoznom prstenastom predom daju veći otpor prolazu topline (0.0193540 m<sup>2</sup> °C W<sup>-1</sup>) u odnosu na čarape manje debljine i mase (0.0139171 m<sup>2</sup> °C W<sup>-1</sup> odnosno 0.0126739 m<sup>2</sup> °C W<sup>-1</sup>), a što je prikazano na tab. 5 i sl. 17. Razlika u otporu prolaza topline

		R <sub>ct</sub> (m <sup>2</sup> °C W <sup>-1</sup> )	CV (%)	Debljina čarapa (mm)	Istezanje tijela čarapa (%)	Masa čarapa (g/kom)
*VR	VR A	0.0139171	12.9	1.20	10.57	18.7
	VR B	0.0126739	18.8	1.28	10.67	20.9
	VR C	0.0193540	17.6	1.37	5.53	22.7
	Sr. vr.	<b>0.0153150</b>		<b>1.28</b>	<b>8.92</b>	<b>20.77</b>
VRO	VRO A	0.0100244	19.6	1.18	14.47	19.6
	VRO B	0.0101572	20.9	1.27	12.47	21.8
	VRO C	0.0144067	13.4	1.37	15.80	23.1
	Sr. vr.	<b>0.0115294</b>		<b>1.27</b>	<b>14.25</b>	<b>21.5</b>
VAJ	VAJ A	0.0112786	5.3	1.26	7.53	19.4
	VAJ B	0.0109658	30.4	1.27	4.67	21.6
	VAJ C	0.0191600	18.8	1.37	8.87	23.2
	Sr. vr.	<b>0.0138015</b>		<b>1.30</b>	<b>7.02</b>	<b>21.4</b>
TR	TR A	0.0085398	31.8	1.24	12.20	19.1
	TR B	0.0105169	10.4	1.33	9.80	21.4
	TR C	0.0098625	23.1	1.43	12.67	22.8
	Sr. vr.	<b>0.0096397</b>		<b>1.33</b>	<b>11.56</b>	<b>21.10</b>
TRO	TRO A	0.0070991	21.8	1.21	4.00	19.3
	TRO B	0.0099896	3.7	1.32	8.87	21.7
	TRO C	0.0149783	31.7	1.43	6.67	23.2
	Sr. vr.	<b>0.0106890</b>		<b>1.32</b>	<b>6.51</b>	<b>21.4</b>
TAJ	TAJ A	0.0105655	23.2	1.22	7.80	19.7
	TAJ B	0.0156811	34.3	1.33	2.87	21.8
	TAJ C	0.0118242	6.3	1.42	9.80	23.3
	Sr. vr.	<b>0.0126903</b>		<b>1.32</b>	<b>6.82</b>	<b>21.6</b>

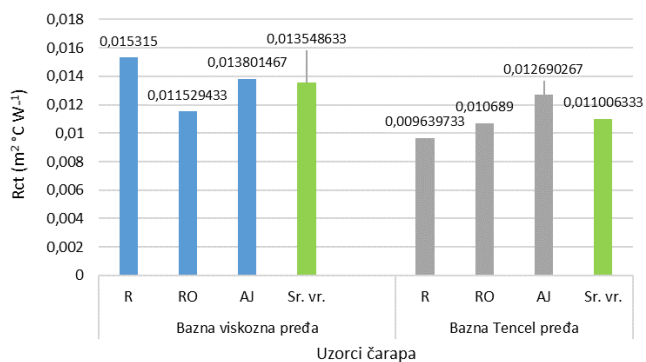
R<sub>ct</sub> – otpor prolazu topline u m<sup>2</sup> °C W<sup>-1</sup>, SD – standardna devijacija u m<sup>2</sup> °C W<sup>-1</sup>, CV – koeficijent varijacije u %, \* [21]

između uzoraka kreće se u rasponu od 9.8 % do 52.7 %. Utjecaj vrste sirovine na otpor je svakako uključen u dobivene vrijednosti posebno u uzorku VR\_C gdje su umjesto viskozne prstenaste pređe korištene pamučne prstenaste pređe. Poznato je da pamuk ima veću toplinsku vodljivost ( $0.461 \text{ W m}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ) od viskoze ( $0.289 \text{ W m}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ) [24].



SI. 18 Otpor prolazu topline uzoraka tencel čarapa

Srednja vrijednost otpora prolazu topline čarapa iz bazne viskozne pređe (svi tipovi pređa,  $0.013548633 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$ ) je veća od srednje vrijednosti otpora prolazu topline iz bazne tencel pređe (svi tipovi pređa,  $0.011006333 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$ ). Razlika u srednjoj vrijednosti otpora prolazu topline uzoraka iz bazne viskozne i tencel pređe iznosi 23.1 % (tab. 5, sl. 19) i svakako je značajna. Kod uzoraka čarapa iz tencela dobiveni rezultati toplinskog otpora razlikuju se u odnosu na uzorke iz bazne viskozne pređe. Iako se srednje vrijednosti mase čarapa po tipu pređe (R, RO, AJ) međusobno malo razlikuju (razlika je manja od 0.8 g) dobivena razlika otpora prolazu topline uzoraka po tipu bazne pređe je ipak značajna. Prosječno istežanje tijela čarape na Termalnom stopalu kod uzoraka koji sadrže prstenastu tencel pređu iznosi 11.6 % i veće je od istežanja tijela čarape iz bazne viskozne pređe (8.9 %). Veće istežanje smanjuje debljinu čarape i mijenja njezinu strukturu što može biti uzrok da je uzorak iz bazne tencel prstenaste pređe imao manju vrijednost otpora prolazu topline ( $0.0096397 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$ ).

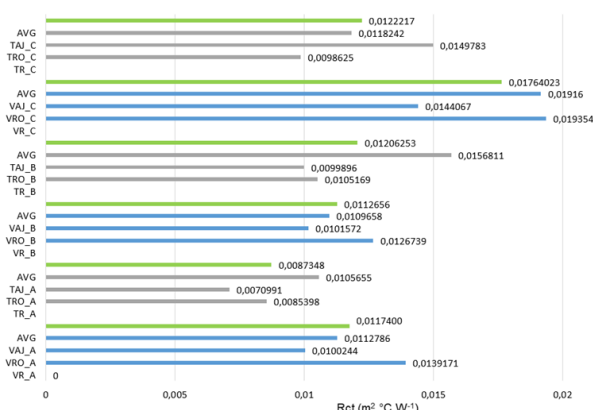


SI. 19 Otpor prolazu topline uzoraka čarapa prema sirovini i tipu bazne pređe (R, RO, AJ)

Prikaz rezultata otpora prolazu topline čarapa u ovisnosti o tipu bazne pređe (R, RO, AJ) prikazan je na sl. 20. Uzorci čarapa koji u strukturi imaju prstenastu pređu daju veći otpor prolazu topline ( $0.0139171 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$ ) u odnosu na uzorke s rotorskom i aerodinamičkom pređom ( $0.0100244$  odnosno  $0.0112786 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$ ) tab. 5, sl. 20. Analogni rezultati dobiveni su kod uzoraka čarapa bazne tencel pređe. Postoji razlika u srednjim vrijednostima otpora prolaza topline, a veći otpor je kod uzoraka iz viskozne bazne pređe.

Kod uzorka čarapa koji imaju baznu viskoznu prstenastu pređu i grublju PA multifilamentnu pređu (VR\_B) dobivena je najveća vrijednost otpora prolazu topline ( $0.0126739 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$ , tab. 5, sl. 20), a najmanju kod uzorka iz rotorske pređe VRO\_B ( $0.0101572 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$ ).

Uzorci čarapa sa baznom viskoznom pređom uz dodatak pamučne pređe imaju različite vrijednosti otpora prolazu topline. Najveći otpor je kod uzorka koji ima prstenastu pređu VR\_C ( $0.019354 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$ ), a najmanji kod uzorka sa rotorskom pređom VRO\_C ( $0.0144067 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$ , tab. 5, sl. 20). Kod uzoraka sa baznom tencel pređom, vrijednosti otpora prolazu topline ne prate vrijednosti uzoraka sa baznom viskoznom pređom i prosječno su niže.



SI. 20 Otpor prolazu topline viskoznih i tencel čarapa grupa A, B, C

## 4. Zaključak

Struktura čarapa, kod jednakih uvjeta pletenja i vrste prepleta čarapa, ovisi o broju pređa, tipu pređa (prstanasta, rotorska, aerodinamička), vrsti sirovine (viskoza, tencel, pamuk, PA) te finoći pređa. Grublje pređe (pamuk i PA) pletene u uzorcima viskoznih i tencelnih čarapa rezultiraju većom debljinom i masom čarapa. Istežanje čarapa određeno na Termalnom stopalu pri mjerenju otpora prolaza topline u području tijela čarape je veće kod svih uzoraka i kreće se u području od 2.87 % do 15.80 %, dok je istežanje na području stopala manje kod svih uzoraka i kreće se u području od 0 % do 5.85 %. Uzrok većeg istežanja tijela čarapa je način postavljanja uzoraka čarapa na mjerno područje Termalnog stopala. Stopalo se prekriva tako da peta čarape u potpunosti i pravilno prekrije petu Termalnog stopala, a tijelo čarape se isteže kako bi prekrilo sve preostale segmente.

Najveći otpor prolazu topline imaju čarape izrađene iz viskoznih prstenastih pređa uz dodatak grublje pamučne pređe finoće 25 tex i grublje PA 6.6 pređe (VR\_C,  $0.0193540 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$ ), dok najmanji otpor imaju čarape iz tencel rotorske pređe finoće 20 tex uz dodatak jedne PA 6.6 pređe finoće 156 dtex (TRO\_A,  $0.0070991 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$ ).

Uzorci čarapa koji u strukturi imaju prstenastu pređu daju veći otpor prolazu topline u odnosu na uzorke sa rotorskom i aerodinamičkom pređom. Kod čarapa bazne tencel pređe, najveći otpor prolazu topline dobiven je kod uzoraka iz aerodinamičke pređe ( $0.012690267 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$ ). Srednja vrijednost otpora prolazu topline čarapa iz bazne viskozne pređe (svi tipovi pređa,  $0.013548633 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$ ) je veća od srednje vrijednosti otpora prolazu topline iz bazne tencel pređe (svi tipovi pređa,  $0.011006333 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$ ), a razlika je značajna i iznosi 23.1 %.

Iako se srednje vrijednosti mase čarapa po tipu pređe (R, RO, AJ) međusobno malo razlikuju (razlika je manja od 0.8 g) dobivena razlika otpora prolazu topline uzoraka po tipu bazne pređe je ipak značajna. Dakle, tip pređe kod ovih uzoraka utječe na otpor prolazu topline čarapa. Kod uzoraka koji sadrže prstenastu tencel pređu, prosječno istežanje tijela čarape na Termalnom stopalu iznosilo je 11.6 % i veće je od istežanja tijela čarape iz bazne viskozne pređe (8.9 %). Veće istežanje smanjuje debljinu čarape i mijenja njezinu strukturu, što može biti uzrok da je uzorak iz bazne tencel prstenaste pređe imao manju vrijednost otpora prolazu topline ( $0.0096397 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$ ) od uzorka iz bazne viskozne prstenaste pređe ( $0.0153150 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C W}^{-1}$ ).

Utjecaj vrste sirovine svakako je uključen u dobivene vrijednosti otpora prolazu topline, posebno u grupi uzoraka koji u sebi sadrže umjesto viskozne pamučnu pređu jer se toplinska vodljivost pamuka ( $0.461 \text{ W m}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ) bitno razlikuje od viskoze.

## Financiranje

Ovaj rad je financirala Hrvatska zaklada za znanost projektom IP-2016-06-5278.

## 5. Literatura

- [1] Li Y., Zhu Q., Yeung K.W.: Influence of thickness and porosity on coupled heat and liquid moisture transfer in porous textiles, *Textile Research Journal* 72 (2002) 5, 435-446.
- [2] Zhang P., Gong R.H., Yanai Y., Tokura, H.: Effects of clothing material on thermoregulatory responses, *Textile Research Journal* 72 (2002) 1, 83-89.
- [3] Irzanska E., Dutkiewicz J.K., Irzanski R. New approach to assessing

- comfort of use of protective footwear with a textile liner and its impact on foot physiology, *Textile Research Journal* 84 (2014) 7, 728-738.
- [4] Hole L.G.: Sweat disposal from footwear and health and hygiene of foot skin, *Journal of the Society Cosmetic Chemists* 24 (1973) 1, 43-63.
- [5] Cameron B.A., Brown D.M., Dallas M.J., Brandt B.: Effect of natural and synthetic fibers and film and moisture content on stratum corneum hydration in an occlusive system, *Textile Research Journal* 67 (1997) 8, 585-592.
- [6] Mekjavic I.B., Borut L., Miro V., Martin T., Naoshi K., Nigel A.T., Howard O. Static and dynamic evaluation of biophysical properties of footwear: the Jozef Stefan institute sweating thermal foot manikin system, paper presented at Prevention of Cold Injuries Meeting, Amsterdam, May 2005.
- [7] Kaplan S., Aslan S.: A thermal foot manikin system investigating effects of a sweat pad on foot thermal insulation, paper presented at AUTEX 2015 15th World Textile Conference, Bucharest, June, 2015.
- [8] Scholls E.H., Van den Eijnde W.A., Heus, R.: A method for assessing thermal comfort of shoes using a sweating foot, *European Journal of Applied Physiology* 92 (2004) 6, 706-709.
- [9] Amber R.R.V., Awilson C., Laing R.M., Lowe B.J., Niven B.E.: Thermal and moisture transfer properties of sock fabrics differing in fiber type, yarn, and fabric structure, *Textile Research Journal* 85 (2015) 12, 1269-1280.
- [10] Frydrych I., Dziworska G., Bilka J.: Comparative analysis of the thermal insulation properties of fabrics made of natural and man-made cellulose fibres, *Fibres and Textiles in Eastern Europe* 10 (2002) 4, 40-44.
- [11] Kayseri G.Ö., Bozdogan F., Hes L.: Performance properties of regenerated cellulosic fibers, *Textile & Apparel* 20 (2010) 3, 208-212.
- [12] Stankovic S.B., Popovic D., Poparic G.B.: Thermal properties of textile fabrics made of natural and regenerated cellulose fibers, *Polymer Testing* 27 (2008) 1, 41-48.
- [13] Gün A.D.: Dimensional, physical and thermal comfort properties of plain knitted fabrics made from modal viscose yarns having microfibers and conventional fibers, *Fibres and Polymers* 12 (2011) 2, 258-267.
- [14] Čiukas R., Abramavičiūtė J., Kerpauskas P.: Investigation of the Thermal Properties of Socks Knitted from Yarns with Peculiar Properties. Part I. Thermal Conductivity Coefficient of Socks Knitted from Natural and Synthetic Textured Yarns, *Fibres & Textiles in Eastern Europe* 18 (2011) 3, 89 – 93.
- [15] Čiukas R., Abramavičiūtė J., Kerpauskas P.: Investigation of the Thermal Properties of Socks Knitted from Yarns with Peculiar Properties. Part II: Thermal Resistance of Socks Knitted from Natural and Stretch Yarns, *Fibres & Textiles in Eastern Europe* 19 (2011) 3, 64 – 68.
- [16] Gun A. D., Alan G., Macit A. A.: Thermal properties of socks made from reclaimed fibre, *The Journal of The Textile Institute* 107 (2016) 9, 1112 – 1121.
- [17] Salopek Čubrić I., Skenderi Z., Mihelić-Bogdanić A., Andrassy M.: Experimental study of thermal resistance of knitted fabrics. *Experimental thermal and fluid science* 38 (2012), 223-228.
- [18] Salopek I., Skenderi Z., Srdjak M.: The knitted fabric comfort – aspect of fabric hand. *Melliand Textilberichte* 6 (2007), 426-428.
- [19] Skenderi Z., Salopek Čubrić I., Srdjak M.: Water Vapour Resistance of Knitted Fabrics under Different Environmental Conditions. *Fibres & Textiles in Eastern Europe* 2 (2009) 73, 72-75.
- [20] Fiala D., Lomas K. J., Stohrer M.: A computer model of human thermoregulation for a wide range of environmental conditions: the passive system. *Journal of Applied Physiology* 87 (1999), 1957-1972.
- [21] Rogina-Car Beti, Skenderi Z., Vrljičak Z.: Thermal resistance of viscose socks, *Koža & Obuća* 68 (2019) 3, 14-21.
- [22] Vrljičak Z., Pavlović Ž.: Dimensional instability of socks. *Tekstil* 63 (2014) 1-2, 27-40.
- [23] Foot Manikin, Technical specifications, Model FM 005-08, Version 1.0, March 2010, UCS, Slovenia.
- [24] Skenderi Z., Mihelić-Bogdanić A., Mijović B.: Termofiziološka udobnost nošenja obuče, *Koža i obuća* 66 (2017) 3, 12-21.