

Otpor prolazu topline kratkih čarapa iz viskoznih pređa

Beti Rogina-Car, Zenun Skenderi, Zlatko Vrljičak

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

E-mail: beti.rogina-car@ttf.hr

Izvorni znanstveni rad

UDK: 687.254.8.021-026.65-055.1:677.463

DOI: 10.34187/ko.68.3.2

Sažetak:

Projektirane su i izrađene muške čarape iz viskozni vlakana, veličine 42 na čaraparskom automatu promjera cilindra 95 mm (3 3/4 inča) koji plete sa 108 igala. Čarape su izrađivane u višestruko platirnom desno-lijevom prepletu s viskoznom pređom finoće 20 tex, filamentnom PA 6.6 pređom finoće 156 i 220 dtex i pamučnom pređom finoće 25 tex. U okrajak čarape upletena je elastanska nit. Određena je masa, debljina čarapa te je mjerena visina tijela čarape, duljina stopala čarape te polovica opsega tijela i polovica opsega stopala čarape. Određena su termofiziološka svojstva čarapa mjerenjem otpora prolazu topline na termalnom stopalu. Struktura čarapa, kod jednakih uvjeta pletenja i veza čarapa, ovisi o broju pređa, tipu pređa, vrsti sirovine (viskozna, pamučna, PA) te finoći pređa. Finije pređe daju veće istezanje u dijelu tijela čarape u smjeru nizova. Najveći otpor prolazu topline imaju čarape izrađene iz viskozni pređa uz dodatak grublje pamučne pređe i grublje PA 6.6 pređe, dok najmanji otpor imaju čarape iz viskozni pređa uz dodatak samo PA 6.6 pređe.

Ključne riječi:

čarapa, viskoza, PA, otpor prolazu topline, termalno stopalo

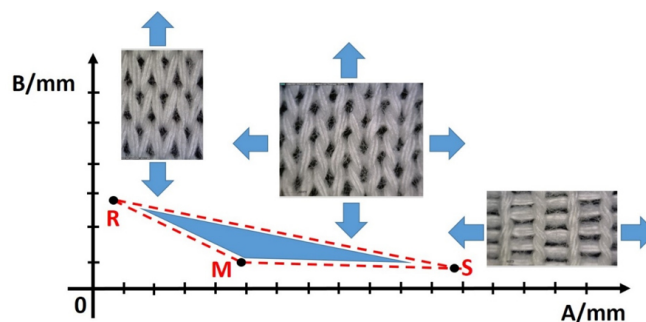
1. Uvod

Ljudsko tijelo na površini kože ima oko tri miliona znojnih žlijezda. Tijekom dana, s obzirom na čovjekovu aktivnost sa površine kože izluči se do 40 g kožne masnoće te 0,5 -1 litara znoja. Kod različitih aktivnosti čovjeka, odjeća mora osigurati termofiziološku ravnotežu odnosno udobnost. Udobnost pri nošenju predstavlja interakciju između tijela, odjevnog sustava kojega čine slojevi tekstilnog materijala i zraka te okoline. Na termofiziološku udobnost pri nošenju utječe također i sirovinski sastav i konstrukcijski parametri odjeće [1-4]. Pletena odjeća koja se nosi uz tijelo, npr. čarape, rublje, majice, pidžame itd., mora omogućiti što efikasnije isparavanje znoja i odvod vlage od tijela. Specifična struktura pletiva daje odjeći poroznost koja omogućava prolaz vodene pare kroz pore pletiva u okolinu [1-4]. Na udobnost čovjeka utječu faktori koji se mogu podijeliti na tri kategorije:

- faktori specifični za korisnika (metabolizam, dob, kondicija, aktivnost),
- vrsta vlakana, tip pređe, konstrukcija plošnog proizvoda, dizajn odjeće i konstrukcija te
- vanjski uvjeti (vlaga, temperatura, brzina zraka) [4].

Čarape ovisno o namjeni, izrađuju se u različitim oblicima i veličinama. Specifični su tekstilni proizvod koji se često izrađuje s najmanje tri bitno različite sirovine, npr.: pamuk, PA i elastan. Najčešća sirovina za izradu čarapa su pamučne ili vunene jednostruke ili končane pređe. Elastičnost čarapa postiže se uplitanjem PA filamentne pređe znatno veće prekidne istezljivosti (oko 30 %) uz osnovnu pređu. U postupku izrade čarapa pređa se u zonu pletenja dovodi u istegnutom stanju. Nakon oblikovanja očica pređe kontrahiraju te se pletivo skuplja 20 do 40 % i oblikuje čarapu. Ovakvo skupljanje pletiva moguće je zbog elastičnosti PA filamentne pređe. Veća elastičnost je potrebna u gornjem okrajku tijela čarape pa se u taj dio upliće elastanska nit („gumica“) čija je funkcija pridržavati čarapu uz nogu [5-8].

Rastezna svojstva čarapa obuhvaćaju istezanje pletiva u smjeru redova očica. Dolazi do povećavanja koraka očice (A) i smanjuje se visina reda očica (B), odnosno skraćuje se pletivo po visini. Sjecište koraka očice (A) i visine reda očica (B) u skupljenoj čarapi daje točku M (sl. 1). Kod poprečnog istezanja čarape povećava se korak očice (A) i smanjuje se visina reda očica (B), a trenutak prekida pletiva označava točka S. U slučaju istezanja čarapa u smjeru nizova očica dobiva se najveća visina reda očica (Bmax) i najmanji korak očice (Amin). Navedene vrijednosti Bmax i Amin oblikuju točku R čija je vrijednost iznosom približno jednaka četverostruko debljini pređe (d). Dobiveni trokut MSR predstavlja približnu opću rastezljivost čarape [5, 9].



Sl. 1 Prikaz poprečnog i uzdužnog istezanja pletiva u čarapi.

Toplinski otpor može se definirati kao sposobnost materijala da pruži otpor protoku topline kroz materijal. Većina literature istražuju termofiziološka svojstva pletiva iz kojih se izrađuju čarape, a ne termofiziološka svojstva izrađenih čarapa [10, 11]. Istraživanje toplinske vodljivosti 30 vrsta pletiva od različitih vrsta vlakana, sa ili bez dodatka teksturiranog PA i elastanske niti (Lycra) provela je skupina autora Čiukas i sur. Vrijednosti koeficijenta toplinske vodljivosti za 30 tipova ispitanih pletiva 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 m² × °C × W⁻¹ [10, 11]. Rezultati studije Gun i sur. dokazuju da upletena elastanska nit ima značajan utjecaj na toplinsku vodljivost [12]. Toplinski otpor pletiva ovisi o debljini i masi pletiva kao i njegovoj poroznosti [13].

Prijenos topline konvekcijom uzrokuje strujanje zraka oko tijela. Ova činjenica ovisi o razlici temperature kože i zraka te brzini strujanja zraka. U normalnim uvjetima oko 30% topline izmjenjuje se konvekcijom topline između tijela i okoliša. Količina topline koja se prenosi kondukcijom znatno je manja od one količine koja se prenosi konvekcijom [15, 16]. Prijenos topline kondukcijom postaje bitan prilikom kontakta ljudi sa hladnim predmetima [17]. Na prijenos topline kondukcijom otpada 15% ukupnog prijenosa topline, a ovisi o predmetu i materijalu koji je u kontaktu sa kožom [18]. Kod čovjeka, toplina se prenosi isparavanjem znoja. Porastom temperature okoliša iznad ugodne tjelesne temperature dolazi do jačeg lučenja znoja što uzrokuje nagli porast tjelesnog gubitka topline [19]. Prijenos topline isparavanjem s površine kože ovisi o količini vlage na koži i razlici između tlaka vodene pare na koži i okolini [17]. U normalnim uvjetima isparavanje sa površine kože iznosi od 450 do 600 ml dnevno, odnosno dolazi do gubitka topline između 50 i 70 kJ / h [20].

Cilj ovog rada je istražiti kako različiti sirovinski sastavi pređa koje se dodaju viskozni pređama u čarapama utječu na otpor prolazu topline, kao jednom od glavnih termofizioloških parametara udobnosti.

2. Eksperimentalni dio

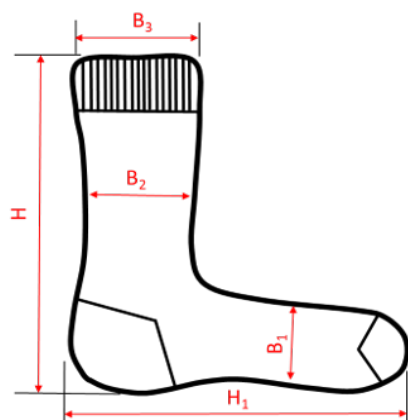
2.1. Materijali i metode

U radu su korišteni uzorci čarapa izrađeni iz viskozni prstenastih pređa uz dodatak pamučne i/ili PA pređe različite finoće (tab. 1)

Tab 1. Kratice i opis uzoraka čarapa

Uzorak		Pređe		Opis uzorka
		PA 6.6., dtex	Druge pređe, tex	
VR - Viskoza Ring; viskoza prstenasta pređa pletena sa različitim drugim pređama u čarapi;	VR_A	156	3VR x 20 tex	Pleteno s četiri pređe u redu: 3 x VR + 1 x PA 6.6. 156 dtex
	VR_B	220	3VR x 20 tex	Pleteno s četiri pređe u redu: 3 x VR + 1 x PA 6.6. 220 dtex
	VR_C	220	2VR x 20 tex 1PK x 25 tex	Pleteno s četiri pređe u redu: 2 x VR + 1 x PK 25 tex + 1 x PA 6.6. 220 dtex

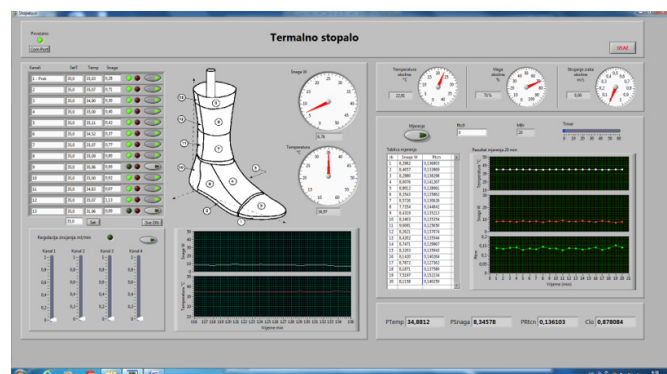
Masa čarapa mjeri se na analitičkoj vazi. Prosječna masa čarape određena je pojedinačnim vaganjem četiri čarape i na osnovi pojedinačnih mjerenja dobivena je srednja vrijednost mase jedne čarape [5]. Debljina čarapa mjeri se debljinomjerom uz pomoć tri metalne pločice. Jedna pločica uloži se unutar tijela čarape, a druge dvije s vanjske strane čarape te se izmjeri debljina „sendviča“. Debljina jedne pločice iznosi 1,00 mm. Ukupna debljina čarape dobiva se oduzimanjem debljina pločica od debljine sendviča, pri čemu debljina pletiva čarape iznosi polovicu debljine čarape. Provodi se deset mjerenja i izračuna prosječna debljina pletiva čarape [5]. Dimenzije čarapa mjere se tako da se čarapa izravna na ravnoj podlozi te se potom duljinomjerom izmjeri određena duljina s preciznošću očitavanja 1 mm [5]. Način mjerenja dimenzija čarapa prikazan je na slici 2.



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 [5]

2. 2. Određivanje otpora prolazu topline na Termalnom stopalu

Otpor prolazu topline čarapa proveden je na Termalnom stopalu koje je podijeljeno je na 13 segmenata. Svaki segment zasebno se grije na 35°C uzorak [21, 22]. Na slici 3 prikazano je sučelje upravljačke jedinice Termalnog stopala sa prikazom podataka.



Sl. 3 Upravljačka jedinica Termalnog stopala

Sve čarape su, bez obzira na manje razlike u dužina, postavljene na Termalno stopalu, tako da prekriju svu mjernu površinu tj. sve segmente (tab. 3, sl. 5). Postupak mjerenja na termalnom stopalu proveden je tako da se na Termalno stopalo stavlja temeljne 100% pamučna čarapa. Nakon toga provedena je stabilizacija sustava u trajanju od 20-30 minuta nakon čega se mjeri R_{ct0} . Postavlja se uzorak čarape te se provodi ponovno stabilizacija u trajanju od 20-30 minuta nakon čega se mjeri R_{ctu} . Ovaj postupak se ponavlja za svaki uzorak čarape. Dakle, 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:

$$R_{ct} = R_{ctu} - R_{ct0} \quad (1)$$

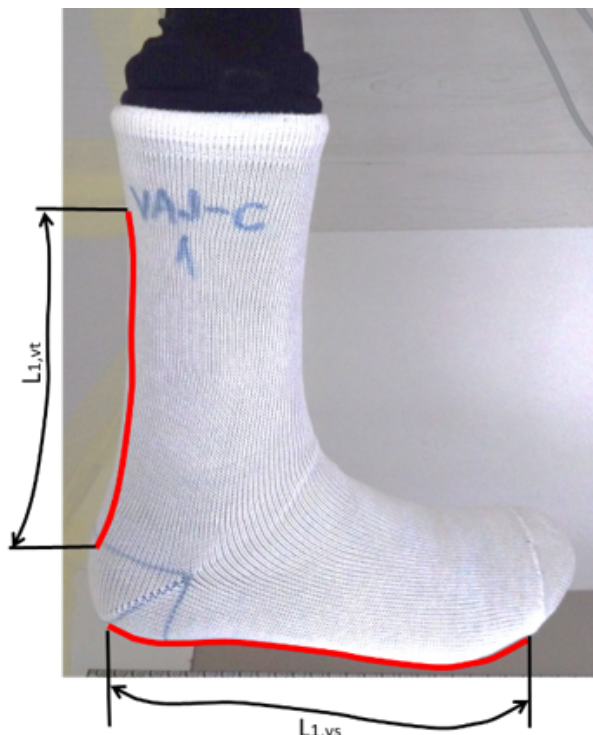
Izmjereni otpor prolazu topline (kod statičkog mjerenja) je zbroj otpora prijenosa topline kondukcijom i radijacijom. Otpor prolazu topline konvekcijom, kod statičkog mjerenja (bez gibanja) na Termalnom stopalu je mali te se zanemaruje. Kod slučajeva kada je konvekcija značajna, tada je potrebno brzinu strujanja zraka potrebno održavati u uskom zadanom području [21-24]. Kod ovih mjerenja korištena je prirodna konvekcija.

Obzirom da kod uzoraka čarapa priilikom stavljanja na Termalno stopalo dolazi do određenog istezanja, potrebno je definirati način na koji će se istezanje mjeriti i izračunavati. Na slikama 4 i 5 prikazan je postupak obilježavanja uzoraka i mjerenja parametara neistegnute i istegnute čarape.



Sl. 4 Obilježavanje uzorka za mjerenje geometrijskih parametara neistegnute čarape

Najprije se mjere označene dužine na tijelu i stopalu neistegnute čarape (sl. 4), $L_{0,vs}$ (150 mm) odnosno $L_{0,vt}$ (200 mm). Nakon toga se uzorak stavlja na Termalno stopalo te se mjeri istezanje uzorka čarape po krivulji $L_{1,vs}$ i $L_{1,vt}$ (sl. 5).



SI. 5 Mjerenja parametara istezanja čarape po krivulji Termalnog stopala

Tab. 2 Debljina pletiva u čarapi i masa uzoraka čarapa

Uzorci	Masa čarapa, g/kom	Debljina čarapa, mm
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

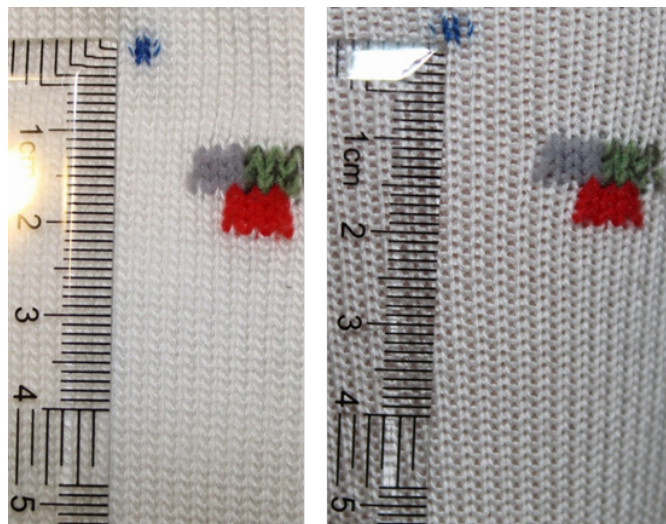
Tab. 3 Dimenzije uzoraka čarapa

Uzorci	H, mm	H ₁ , mm	B ₁ , mm	B ₂ , mm	B ₃ , mm
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

Rezultati izračunatog relativnog istezanja prema izrazu (2 i 3) i rezultati otpora prolazu topline uzoraka čarapa na Termalnom stopalu prikazani su u tab. 4.

Tab. 4 Rezultati istezanja uzoraka čarapa na Termalnom stopalu

Uzorak	L _{1,vs} , mm	SD, mm	CV, %	ε _{vs} , %	L _{1,vt} , mm	SD, mm	CV, %	ε _{vt} , %
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



SI. 6 Struktura neistegnute (lijevo) i istegnute čarape na Termalnom stopalu (desno)

Relativno istezanje čarape na dijelu stopala ε_{vs} (%) je istezanje u smjeru nizova, koje nastaje postavljanjem čarape na Termalno stopalo, izračunava se prema izrazu:

$$\varepsilon_{vs} = \frac{\Delta L_{vs}}{L_{0,vs}} = \frac{L_{1,vs} - L_{0,vs}}{L_{0,vs}} \cdot 100 \quad (2)$$

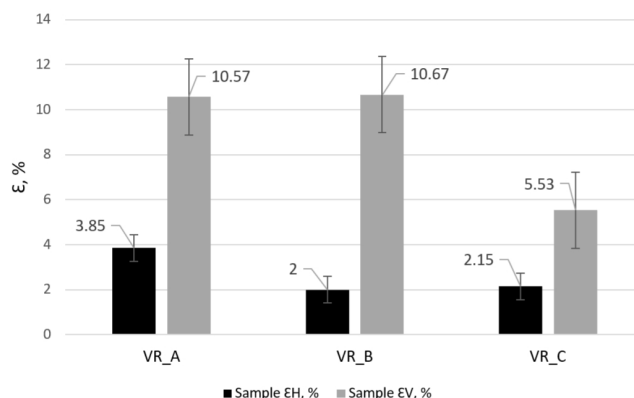
Relativno istezanje na dijelu čarape tijela ε_{vt} (%) također se izračunava mjerenjem istezanja u smjeru nizova na tijelu i određuje se izrazom:

$$\varepsilon_{vt} = \frac{\Delta L_{vt}}{L_{0,vt}} = \frac{L_{1,vt} - L_{0,vt}}{L_{0,vt}} \cdot 100 \quad (3)$$

gdje su L_{vs}, L_{vt} apsolutna istezanja čarapa na stopalu odnosno tijelu, L_{1,vs}, L_{1,vt} izmjerene vrijednosti nakon stavljanja čarape na termalno stopalo u smjeru nizova, L_{0,vs}, L_{0,vt} početne vrijednosti mjerenja čarape u smjeru nizova na stopalu odnosno tijelu prije stavljanja na termalno stopalo (L_{0,vs} = 150 mm, L_{0,vt} = 200 mm).

3. Rezultati i diskusija

Određena je masa i debljina čarapa, mjereni su visina tijela čarape, duljina stopala čarape te polovica opsega tijela i polovica opsega stopala čarape. Karakteristike uzoraka čarapa prikazane su u tab. 2 i 3. Izvršeno je po 5 mjerenja na različitim mjestima na svakoj od 4 čarape po uzorku. Područje odstupanja od srednje vrijednosti određeno je s pouzdanosti od 95 %.

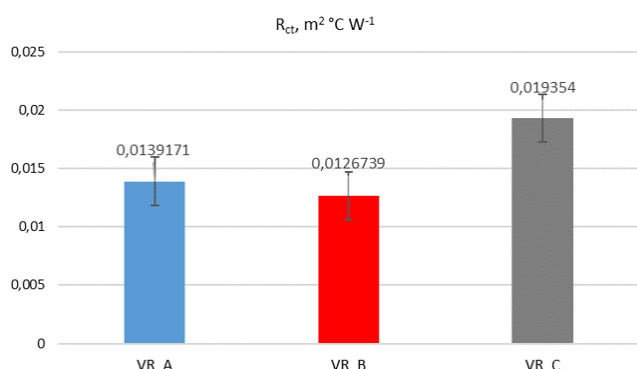


SI. 7 Prikaz iatezanja dijela stopala (ε_{vs}) i dijela tijela (ε_{vt}) uzoraka viskozniha čarapa

Kod mjerenje otpora prolazu topline, uzorci su prije ispitivanja ostavljeni 24 sata na standardnim uvjetima temperatura 20 ± 2°C i relativna vlažnost 65 ± 5%. Za svaki uzorak provedena su tri mjerenja i izračunata srednja vrijednost, standardna devijacija i koeficijent varijacije (tab. 5).

Tab. 5. Rezultati otpora prolaska topline (R_{ct}) za uzorke različitih čarapa

Uzorci	R_{ct} , m ² °C W ⁻¹	SD, m ² °C W ⁻¹	CV, %
VR_A	0.0139171	0.002	12.9
VR_B	0.0126739	0.002	18.8
VR_C	0.0193540	0.003	17.6

**Sl. 8** Otpor prolazu topline različitih uzoraka čarapa

Uzorak VR_C ima razmjerno najgrublju strukturu pletiva u odnosu na druga dva uzorka čarapa, jer su dvije pređe u strukturi čarape grublje, pamučna pređa je finoće 25 tex a i PA je finoće 220 dtex (tab. 1). Posljedica navedenog je razmjerno najveća debljina pletiva uzorka VR_C (1.37 mm) i razmjerno najveća masa čarape 22.7 g/kom (tab. 2). Uzorak VR_B ima u svojoj strukturi grublju PA pređu od VR_A te posljedično veću debljinu (1.28 mm) i masu čarape (20.9 g/kom). Finije pređe u uzorcima čarapa (VR_A i VR_B), dale su veća istezanja mjenjenog na Termalnom stopalu u tijelu čarape u smjeru nizova (10.57 odn. 10.67 %) u odnosu na pletivo iz razmjerno grubljih pređa uzorka VR_C (5.53 %) (tab. 4).

Otpor prolazu topline za sve uzorke čarapa kreće se u granicama 0.0127 do 0.01944 m² °C W⁻¹. Najmanja vrijednost otpora prolazu topline dobivena je kod uzorka čarapa VR_B izrađenih iz 3 niti viskozne pređe finoće 20 tex i 1 PA pređe finoća 220 dtex, dok je najveća vrijednosti dobivena kod uzorka VR_C (0.0194 m² °C W⁻¹) koji ima razmjerno najveću debljinu i najveću masu čarape izrađene iz 2 viskozne pređe finoće 20 tex, 1 pamučne pređe finoće 25 tex i jedne PA pređe finoće 220 dtex.

4. Zaključak

Struktura čarapa, kod jednakih uvjeta pletenja i veza čarapa, ovisi o broju pređa, tipu pređa (prstanasta, rotorska, aerodinamička), vrsti sirovine (viskozna, pamučna, PA) te finoći pređa.

Istezanje čarapa određeno na Termalnom stopalu pri mjerenju otpora prolazu topline izrađene iz 3 viskozne pređe finoća 20 tex s dodatkom PA finoće 156 ili 220 dtex je veće (10.27 do 10.67 %) od istezanja čarapa izrađenih od 2 viskozne niti uz dodatak 1 pamučne niti finoće 25 tex i 1 niti PA finoće 220 dtex (5.53 %). Grublje pređe (pamuk i PA) daju veću debljinu i masu te manje istezanje u smjeru nizova na tijelu.

Najveći otpor prolazu topline imaju čarape izrađene iz viskoznih pređa uz dodatak grublje pamučne pređe i grublje PA 6.6. pređe (0.0194 m² °C W⁻¹), dok najmanji otpor imaju čarape iz viskoznih pređa uz dodatak samo PA 6.6. pređe finoće 156 odn. 220 dtex (0.0127 m² °C W⁻¹).

Financiranje

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

5. Literatura

- [1] Morishita R., Saito M., Tsuchida K., Harada T.: Studies on Micro-climate within Clothing and the Equipment for its Evaluation, Research Institute, Toyobo Co Ltd, 1993
- [2] Hatch L. K.: Textile Science, University of Arizona, Tucson, West Publishing company, (1993) 27-43.
- [3] Mecheels J.: Körper-Klima-Kleidung: Wie funktioniert unsere Kleidung?, Schiele & Schon, Berlin, 1998
- [4] Mangat A. M. M.: Clothing Comfort: A Combination of Objective and Subjective Evaluations, Technical University Liberec, <https://>

www.scribd.com/doc/30439784/Introduction-to-Clothing-Comfort, pristupljeno 15.12.2019

- [5] Vrljićak Z., Pavlović Ž.: Dimensional instability of socks. *Tekstil* 63 (2014) 1-2, 27-40.
- [6] Modig N.: Hosiery Machines, Meisenbach, Bamberg, 1988
- [7] Bašneć I.: Proces izrade finih ženskih čarapa, *Tekstil* 43 (1994) 5, 255-259
- [8] Spenser D.: Knitting Technology, Pergamon Press, Oxford, 1983
- [9] Vrljićak Z.: Utjecaj sile u niti na ulazu u pletaći sistem na mehanička svojstva desno-desnog kulirnog pletiva, *Tekstil* 39 (1990) 9, 544-549
- [10] 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
- [11] 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
- [12] 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
- [13] Čubrić Salopek 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
- [14] Kroemer K. H. E., Grandjean E.: Prilagodavanje rada Čovjeku. Ergonomski priručnik, Naklada Slap, 1999., Zagreb
- [15] Havenith G.: Clothing and thermoregulation. *Textiles and the Skin, in book Current problems in Dermatology*. Wigger-Alberti W (eds), Karger Verlag, Basel 31 (2002), 35–39
- [16] Havenith G.: Individualized model of human thermoregulation for the simulation of heat stress response. *Journal of Applied Physiology* 90 (2001), 1943–1945
- [17] 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
- [18] Fukazawa T., Lee G., Matsuoka T., Kano K., Tochihiro Y.: Heat and water vapor transfer of protective clothing systems in a cold environment, measured with a newly developed sweating thermal manikin. *European Journal of Applied Physiology* 92 (2004), 645–648
- [19] Salopek I., Skenderi Z., Srdjak M.: The knitted fabric comfort – aspect of fabric hand. *Melliand Textilberichte* 6 (2007), 426–428
- [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] Foot Manikin, Technical specifications, Model FM 005-08, Version 1.0, March 2010, UCS, Slovenia.
- [22] Skenderi Z., Mihelić-Bogdanić A., Mijović B.: Termofiziološka udobnost nošenja obuće, *Koža i obuća* 66 (2017) 3, 12-21
- [23] Kulišić P.: Mehanika i toplina, IV izdanje, Školska knjiga, Zagreb, 1989
- [24] Qengel Y.A., Boles M.A.: Thermodynamics, An Engineering Approach, third edition, WCB/McGraw-Hill, 1998, 103-111