

# Toplinski otpor goveđe kože i kompozitnih laminata za profesionalnu obuću

Zenun Skenderi, Snježana Firšt Rogale, Jadranka Akalović, Emilija Zdraveva  
Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet

E-mail: zenun.skenderi@ttf.hr

Izvorni znanstveni rad  
UDK: 685.343/.348:[675.031.1.017.56:675.28.017.56]

DOI: 10.34187/ko.2019.3.4

## Sažetak:

Istražen je toplinski otpor različitih govedih koža (boks, velur, hidrofobirana napa, podstavna obućarska napa) i kompozitnih laminata (2-slojni laminat za izradu jezika obuće, 2-slojni laminat za izradu sara, 4-slojni laminat sa membranom za podstavu i 3-slojni laminat za podstavu) namijenjenih za izradu profesionalne obuće. Toplinski otpor je određen na uređaju PEMETEST. Toplinski otpor koža debljine 1,16 do 2,37 mm kreće se u granicama od 0,0813 do 0,0989 m<sup>2</sup> C W<sup>-1</sup>. Toplinski otpor tekstilnih laminata, u prosjeku je niži od otpora prolazu topline koža, i iznosi 0,0701 do 0,0918 m<sup>2</sup> C W<sup>-1</sup>.

## Ključne riječi:

goveđa koža, kompozitni laminat, profesionalna obuća, toplinski otpor, permetest

## 1. Uvod

Funkcija obuće je da osigura udobnost osobe i zaštitu stopala od grubih uvjeta okoline kao što su hladnoća i/ili vlažni uvjeti [1]. Namjena svake vrste obuće određena je funkcionalnim i specifičnim svojstvima kože i drugih materijala iz kojih je izrađena [2]. Tako npr. gornjište radne obuće se obično izrađuje iz goveđe hidrofobirane kvalitetne kože debljine 1,8 do 2 mm, podstava iz tekstilnih materijala koji su otporni na habanje uz dobro upijanje znoja i brzo sušenje, potplat iz brizganog poliuretana, kapica čelična (na zahtjev) te tabanica koja može biti i neprobojna. Nadalje, kada se radi o vojnoj obući, onda se gornjište obično izrađuje od visokokvalitetne goveđe hidrofobirane kože debljine 2,1 do 2,3 mm, podstava od vodonepropusne membrane (materijali Sympatex®, GORE-TEX®), potplat iz gume i poliuretana otporni na ulje, benzin i antistatičan, termokapicu i neprobojnu tabanicu [3].

Tehnološki proces obrade sirove kože i dobivanja gotove provodi se kroz niz mehaničkih i kemijskih tehnoloških operacija od pripremnih preko štavljenja do dovršnih. Mehaničke i kemijske operacije pripremnih radova obrade kože važne su za osiguranje optimalne difuzija sredstava za obradu kože u narednim tehnološkim operacijama štavljenja, bojanja, mašćenja i dr. [4]. Pored toga enzimatska obrada u pripremnim radovima utječe i na svojstva propusnosti (vodene pare, zraka i topline).

Fizikalno-mehanička svojstva gotovih koža ovise ne samo o svojstvima njihovih vlakana, već i o međusobnom položaju i građi, tj. mikrostrukтури koža. Mikrostruktura koža ovisi o svojstvu sirovih koža pojedinih topografskih dijelova i o procesu prerade. Osnovni pokazatelji mikrostrukture koža su: pravilnost spleta vlakana, kut ispreplitanja, gustoća spleta, savijenost vlakana, stupanj razdijeljenosti i debljina vlakana. Mikrostruktura koža određuje pored ostalih i fizikalno svojstvo propusnosti topline i vodene pare.

Termofiziološka svojstva materijala (toplinski otpor i otpor prolazu vodene pare) za izradu obuće u posljednje su vrijeme sve više predmet istraživanja u svijetu [5]. Toplinska vodljivost naročito je važno kod koža za izradu obuće (donjih i gornjih), a poželjna je njena što manja vrijednost. Toplinska vodljivost ovisi o svojstvima kožnog tkiva. Rahlije građeni dijelovi kože imaju veći toplinski otpor od gušće građanih dijelova kože. Povećani sadržaj masnoća i vlage u koži povisuje toplinsku vodljivost. Količina i vrsta masnoće imaju veliki utjecaj na toplinsku vodljivost. Rezultati ispitivanja toplinskog otpora i otpora prolazu vodene pare različito obrađenih govedih koža, pokazali su da obrada kože značajno utječe na svojstva propusnosti topline i osobito vodene pare, pa je potrebna sustavna evaluacija prolaza topline i vodene pare materijala za izradu obuće. Kromno štavljene kože imaju najveću toplinsku vodljivost i najniže vrijednosti toplinskog otpora. Biljno štavljene kože imaju najveću toplinsku absorptivnost koja je povezana sa znatnom količinom štavni i neštavni tvari prisutnih u strukturi [6]. Različite obrade sirovih koža rezultiraju različitim funkcionalnim svojstvima gotovih koža, pa tako i na svojstv propusnosti topline i/ili vodene pare. Tako, Čolak i sur. [7] nalaze da kože debljine 1,3 do 1,4 mm, štavljene različitim štavama imaju toplinski otpor u granicama od 0,0255 do 0,0275

m<sup>2</sup> °C/W, i kod toga se pokazalo da su dobivene razlike u otporu prolaza topline do 7,8 %.

Nadalje, Hes i sur. [8] istraživali su toplinsku otpornost govedih koža različitih debljina (0,54 do 1,63 mm) i PA pletiva naslojenih PUR (umjetnih koža) u mokrom stanju.

Uobičajeno, cipele imaju funkciju održavanja temperature stopala i udobnosti unutar širokog temperaturnog područja od -5 do +25 °C pod normalnim aktivnostima i vlastitom toplinskom reakcijom tijela i preraspodjele topline. Većina običnih cipela i radne obuće imaju ukupni toplinski otpor (izolaciju) oko i iznad 0,20 m<sup>2</sup> °C/W [9]. Rezultati toplinskog otpora određene obuće ovisi i o uvjetima okoline (temperature, vlažnosti), brzini strujanja zraka (vjetru), radijaciji te o stupnju aktivnosti osobe [10].

Toplinski otpor obuće za različita temperaturna područja okoline za nisku aktivnost čovjeka od oko 10 W/m<sup>2</sup> prikazan je u tab. 1 [1].

**Tab. 1** Preporučene vrijednosti toplinskog otpora obuće kod nižih aktivnosti (oko 10 w/m<sup>2</sup>).

Temperatura okoline (°C)	Toplinski otpor obuće Rct (m <sup>2</sup> °C/W)
+15 to +5	0,20 ≤ Rct < 0,25
+5 to -5	0,25 ≤ Rct < 0,30
-5 to -15	0,30 ≤ Rct < 0,37
< -25	0,45 ≤ Rct

Tekstilni kompozitni laminati koji se koriste za izradu obuće, imaju jače izražena fizikalno-mehanička, toplinska i ergonomijska svojstva u ovisnosti o dijelu obuće za koji je namijenjen. Za podstavu isti moraju imati veću čvrstoću i dobru toplinsku otpornost. Malo je publiciranih radova koji obrađuju navedena specifična svojstva pojedinih dijelova obuće. Utjecaj tri tipa podstavnih kompozitnih laminata za izradu zaštitne obuće (1-slojni, 2-slojni i 3-slojni) različitog sirovinog sastava na subjektivno ocjenjenu udobnost (45 ispitanika) bavila se Irzmaška [11].

Precizniji rezultati ukupne ocjene udobnosti obuće svakako se dobivaju kada bi se uz objektivna mjerenja, vršila i subjektivna mjerenja na ispitanicima [12].

## 2. Eksperimentalni dio

### 2.1. Izbor materijala

Jedan dio uzoraka za ovaj rad, uzorci koža A do E (tab. 1) je isti kao u radu Akalović i sur. [5]. u kome je određen samo otpor prolazu vodene pare. Uzorci A, B, C, D, E su različiti artikli gotove kože (boks, velur, napa) dobiveni u industrijskim uvjetima obradom sirove goveđe kože srednje težinske kategorije (30/40 kg/kom).

U ovom radu je određena debljina te toplinski otpor na navedenim uzorcima koža. Drugi dio uzoraka korištenih u ovom radu su

uzorci kompozitnih laminata (oznaka F,G, H i I) koji se koriste za izradu različitih dijelova profesionalne obuće (za podstavu, saru i jezik). Oznake i opis uzoraka dani su u tab. 2.

Tab. 2 Oznake i opis uzoraka

Oznaka uzoraka	Naziv uzorka	Opis uzorarka
A	Goveđi boks	Hidrofobiran, kromno štavljen Lagano vegetabilno doštavljen Lice dovršeno PU dogotovom
B	Goveđi velur	Hidrofobiran, kromno štavljen
C	Goveđi obučarski velur	Hidrofobiran, kromno štavljen
D	Goveđa hidrofobirana napa	Kromno štavljena Blago vegetabilno doštavljena PU dogotova lica
E	Obučarska napa kao podstavna koža	Kromno štavljena
F	Dvoslojni tekstilni laminat za izradu jezika	Lice tkanina PA s adhezivom, Naličje tkanina PET (ili PET/Viskoza) Površinska masa: 435 (+/- 10%) g/m <sup>2</sup>
G	Doslojni tekstilni laminat za sare	Lice: tkanina PA/PUR adheziv Naličje: tkanina: pamuk 100 % Površinska masa: 480 (+/- 10%) g/m <sup>2</sup>
H	Četveroslojni laminat, membrana, za izradu podstavnih dijelova obuće (podstava).	1. sloj: pletivo PA 80 – 85% i PET 15 – 20% PES 2. sloj: PET 100% 3. sloj: PTFE membrana 4. sloj: pletivo PA 100 %. Površinska masa: 320 do 380 g/m <sup>2</sup>
I	Troslojni laminat za izradu podstavnih dijelova obuće (podstava)	1. sloj: pletivo PA 80 - 85%; PET 15 - 20% 2. sloj: membrana PTFE 100% 3. sloj: pletivo PA 100% Površinska masa: 210 do 250 g/m <sup>2</sup>

## 2.2. Metode ispitivanja

Mjerenje debljine kože je izvršeno na uređaju HESS prema normi HRN EN ISO 2589:2016 [13]. Mjerenje debljine uzoraka tekstilnih kompozitnih laminata izvršeno je na istom uređaju HESS thickness meter prema normi ISO 5084:1996 [14]. Veličina uzoraka je bila 31 x 31 cm. Svaki uzorak ima po tri mjerne epruvete. Tako npr. uzorak A ima 3 mjerne epruvete oznake A1, A2 i A3, i tako redom do I. Na svakoj mjernoj epruveti određenog uzorka izvršeno je po 5 mjerenja debljine, određena st. devijacija i područje vrijednosti debljine uz statističku pouzdanost od 95 %. Uvjeti okoline kod mjerenja debljine bili su: t = 20 ± 2 C i RH: 65 ± 5%.

Kod određivanja otpora prolazu topline na PERMETEST-u izvršena su po 2 mjerenje po mjernoj epruveti svakog uzorka, 1 na licu i 1 na naličju. PERMETEST uređaj [15] mjeri toplinski otpor na nedestruktivan način, a koristi se prvenstveno za tekstilne materijale, tekstilne kompozite i kožu debljine 0,1 do 7 mm za područje u rasponu od 0,02 do 1 m<sup>2</sup> C/W. Uvjeti okoline kod mjerenja na PERMETESTU bili su, temperatura = 21 – 24 C i relativna vlažnost: 46 do 52 %.

Uređaj PERMETEST mjeri toplinski otpor po jednakom principu kao i uređaj Vruća ploča prema normi ISO 11092 [16]. Toplinski otpor uzorka  $R_{ct}$  (m<sup>2</sup> C/W) određen prema sljedećoj jednadžbi:

$$R_{ct} = \frac{(T_s - T_a) A}{Q} - R_{cto} \quad (1)$$

gdje je  $T_s$  temperatura mjerne površine uređaja (C),  $T_a$  temperatura okoline, A površina mjerne površine uređaja, Q energija u vremenu potrebna za održavanje temperature mjernog elementa obično na 35 C (J/s = W).  $R_{cto}$  toplinski otpor uređaja (mjerne ploče).

## 3. Rezultati i diskusija

U tablicama 3 i 4 prikazani su rezultati mjerenje debljine kože odnosno kompozitnih laminata, dok su u tabl. 5 i 6 prikazani rezultati mjerenja otpora prolazu topline koža odnosno kompozitnih laminata određeni na PERMETESTU. Na slici 1 prikazani su rezultati mjerenja debljine svih uzoraka. Na sl. 2 prikazani su rezultati mjerenja toplinskog otpora koža i kompozitnih materijala koji se koriste u industriji obuće. Slika 3 pokazuje postotnu razliku otpora prolazu topline koža i kompozitnih laminata lica i naličja za izradu profesionalne obuće. Prikaz otpora prolazu topline (od najmanjeg do najvišeg) i debljine kože odnosno debljine kompozitnih laminata prikazani su na slikama 4 i 5.

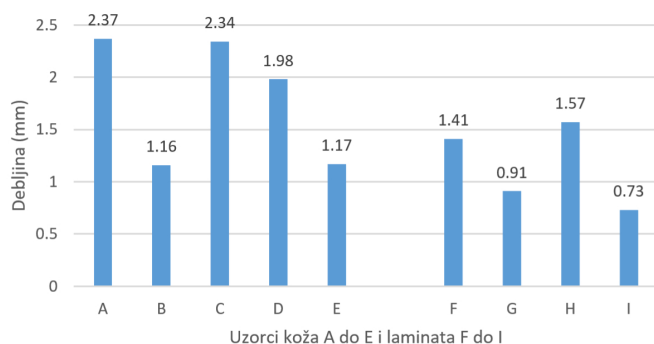
Tab. 3 Rezultati mjerenja debljine uzoraka koža za izradu profesionalne obuće

Oznaka i opis uzorka	Srednja vrij. (mm)	Stand. dev. (mm)	Područje (stat. pouzd. 95 %) (mm)
A1	2,35	0,037	2,35 ± 0,07
A2	2,37	0,036	2,37 ± 0,07
A3	2,38	0,044	2,38 ± 0,09
Sred. vr. (mm)	2,37		
Stand. dev. (mm)	0,02		
CV (%)	0,84		
B1	1,13	0,023	1,13 ± 0,04
B2	1,17	0,005	1,17 ± 0,01
B3	1,19	0,015	1,19 ± 0,03
Sred. vr. (mm)	1,16		
Stand. dev. (mm)	0,03		
CV (%)	2,59		
C1	2,35	0,060	2,35 ± 0,12
C2	2,32	0,059	2,32 ± 0,12
C3	2,34	0,031	2,34 ± 0,06
Sred. vr. (mm)	2,34		
Stand. dev. (mm)	0,01		
CV (%)	0,43		
D1	2,01	0,063	2,01 ± 0,12
D2	1,96	0,025	1,96 ± 0,05
D3	1,97	0,049	1,97 ± 0,10
Sred. vr. (mm)	1,98		
Stand. dev. (mm)	0,03		
CV (%)	1,51		
E1	1,18	0,050	1,18 ± 0,10
E2	1,18	0,055	1,18 ± 0,11
E3	1,16	0,033	1,16 ± 0,06
Sred. vr. (mm)	1,17		
Stand. dev. (mm)	0,01		
CV (%)	0,85		

**Tab. 4** Rezultati mjerenja debljine uzoraka kompozitnih laminata za izradu profesionalne obuće

Oznaka i opis uzorka	Srednja vrij. (mm)	Stand. dev. (mm)	Područje, stat. pouzd. 95 % (mm)
F1	1,44	0,014	1,44 ± 0,03
F2	1,41	0,008	1,41 ± 0,02
F3	1,43	0,033	1,43 ± 0,06
Sred. vr. (mm)	1,42		
Stand. dev. (mm)	0,02		
CV (%)	1,41		
G1	0,91	0,011	0,91 ± 0,02
G2	0,90	0,010	0,90 ± 0,02
G3	0,91	0,007	0,91 ± 0,01
Sred. vr. (mm)	0,91		
Stand. dev. (mm)	0,01		
CV (%)	1,10		
H1	1,55	0,017	1,55 ± 0,03
H2	1,57	0,014	1,57 ± 0,03
H3	1,59	0,017	1,59 ± 0,03
Sred. vr. (mm)	1,57		
Stand. dev. (mm)	0,02		
CV (%)	1,10		
I1	0,74	0,000	0,74 ± 0,00
I2	0,74	0,000	0,74 ± 0,00
I3	0,72	0,000	0,72 ± 0,00
Sred. vr. (mm)	0,73		
Stand. dev. (mm)	0,01		
CV (%)	1,37		

Debljina koža i kompozitnih laminata

**Sl. 1** Debljina koža i tekstilnih kompozitnih laminata za izradu profesionalne obuće

Debljina koža u ovisnosti o namjeni, kreće se u granicama od 1,16 mm (goveđi velur, uzorak B) do 2,37 mm (goveđi boks, uzorka A) (tab. 3, sl. 1). Koeficijent varijacije srednjih vrijednosti debljine kože pojedinih uzoraka kreće se u granicama od 0,84 % (goveđi boks, uzorak A) do 2,59 % (goveđi velur, uzorak B). Može se kazati da su varijacije debljine kože, kako kod mjernih epruvata tako i kod uzoraka male tj. kože su izraženo jednolične debljine.

Debljina kompozitnih laminata koji se koriste za izradu profesionalne obuće kreće se u granicama od 0,73 mm (3-slojni tekstilni laminat za postavu, uzorak I) do 1,57 mm (4-slojni tekstilni laminat sa membranom za postavu, uzorak H), a što je prikazano u tab. 4 i na sl. 1. Koeficijent varijacije debljine srednjih vrijednosti uzoraka je u granicama od 1,41 mm (2-slojni laminat za izradu jezika, uzorak F) do 1,10 mm (2-slojni tekstilni laminat za sare i 2-slojni tekstilni laminat sa membranom za postavu, uzorci G i H). Niske vrijednosti koeficijenta varijacije kompozitnih laminata pokazuju dobru kvalitetu pojedinih komponenti kao i postupka laminiranja.

Toplinski otpor koža i kompozitnih laminata ispitan je na dva načina, prvi s licem prema mjernoj ploči i drugi s naličjem prema mjernoj ploči (tab. 5 i 6, sl. 3). Maksimalna vrijednost koeficijenta varijacije otpora prolazu topline lica i naličja je 5,5 % (2-slojni tekstilni laminat za izradu jezika, uzorak F). Razmjerno malo odstupanje otpora prolazu topline lica i naličja koža i kompozitnih laminata je posljedica uobičajenih odstupanja debljine koža, procesa obrade, posebno u dovršnim obradama kožnog tkiva i prirodnog lica kože, odnosno različitih debljina pojedinih elementa

kompozita i procesa laminiranja. Daljnja analiza i diskusija uzet će samo rezultate otpora prolazu s polaganjem lica uzoraka na mjerni element.

Toplinski otpor različit je za ispitane kože, i kreće se u granicama od 0,0813 m<sup>2</sup> C/W goveđi boks, uzorak A) do 0,0989 m<sup>2</sup> C/W (obučarska napa kao podstavna koža, uzorak E) (tab. 5, sl. 2 i 4). Najveća razlika otpora prolazu topline koža iznosi 21,6 %. Debljina je jedan od parametara od kojih ovisi toplinski otpor. Utjecaj debljine je uočen kod uzoraka C i D. Naime, povećanje debljine kože sa 1,98 mm (goveđa hidrofobirana napa, uzorak D) na 2,34 mm (goveđi obućarski velur, uzorak C) dalo je povećanje otpora prolazu topline za 18,2 % (tab. 3). Uzorak C je kromno štavljen, a izmjerena je veća vrijednost otpora u odnosu na uzorak D koji je štavljen kromno i blago vegetabilno doštavljen. Pored navedenog utjecaja debljine koža, razlika u mikrostrukturi uzorka C i D također je mogla utjecati na veću vrijednost otpora prolazu topline uzorka C.

Za ostale uzorke je vidljivo, da pored debljine i drugi parametri utječu na razinu otpora prolazu topline koža, što je posebno izraženo kod uzoraka relativno manje debljine B (goveđi velur) i E (obučarska napa kao podstavna koža), čije su debljine znatno manje (1,16 mm). Debljine uzoraka B i E su gotovo jednakih vrijednosti (uzorak B 1,16 mm; uzorak E 1,17 mm), a izmjereni otpori prolazu topline ne pokazuju tako približno jednake vrijednosti. Uzorak E je kromno štavljena koža i trebao bi imati manje vrijednosti otpora u odnosu na uzorak B koji je štavljen kombiniranom kromnom i vegetabilnom štavom. Veća vrijednost otpora izmjerena na uzorku E u odnosu na vrijednosti otpora izmjerene na uzorku B (za 5,8 %) može se povezati sa obradom prirodnog lica kože uzorka E i mikrostrukturom uzorka B. Naravno, utjecajni parametri su najprije struktura kože i postupci njezine obrade i dorade. Za potpuno definiranje razine utjecaja svih parametara koža na toplinski otpor, potrebno je poznavanje svih postupaka obrade i dorade koža sa recepturama, a što će biti obuhvaćeno u narednim istraživanjima.

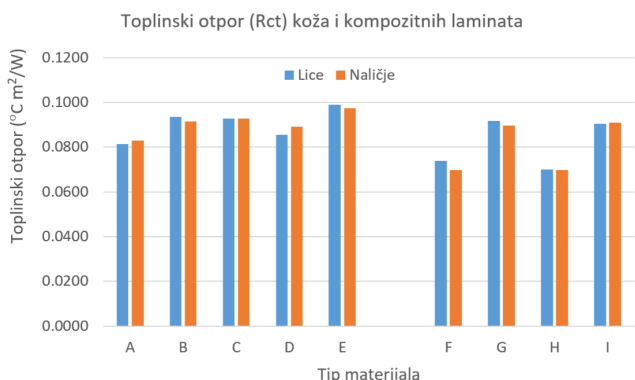
Toplinski otpor kompozitnih laminata (tab. 6, sl. 2 i 5) kreće se u granicama 0,0701 m<sup>2</sup> C/W (4-slojni kompozitnih laminata sa membranom za postavu, uzorak H, lice) do 0,0918 m<sup>2</sup> C/W (2-slojni tekstilni laminat za sare, uzorak G, lice). Za izradu profesionalne obuće koriste se različite vrste kompozitnih laminata a što ovisi o dijelu obuće za koji se laminati koriste i namjeni profesionalne obuće.

**Tab. 5** Rezultati mjerenja toplinskog otpora koža za izradu profesionalne obuće određeni na PERMETESTU

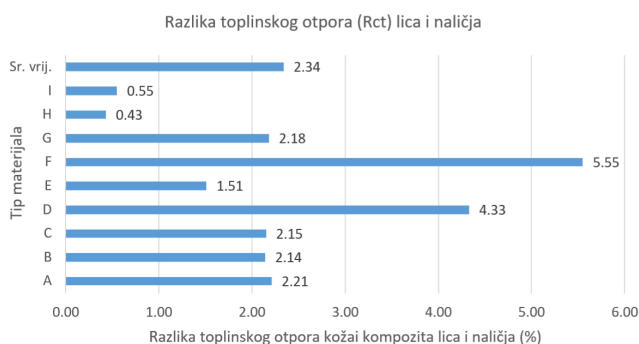
Parametri	Toplinski otpor (m <sup>2</sup> × °C/W)	
	Lice	Naličje
A1	0,0810	0,0824
A2	0,0812	0,0826
A3	0,0818	0,0842
<b>Sr. vrij. (m<sup>2</sup> °C/W)</b>	<b>0,0813</b>	<b>0,0831</b>
STDEV.S (m <sup>2</sup> °C/W)	0,00042	0,00099
CV (%)	0,50	1,19
B1	0,0946	0,0944
B2	0,0922	0,09
B3	0,0938	0,0901
<b>Sred. vrij. (m<sup>2</sup> °C/W)</b>	<b>0,0935</b>	<b>0,0915</b>
STDEV.S (m <sup>2</sup> °C/W)	0,00122	0,00251
CV (%)	1,3	2,73
C1	0,0916	0,0923
C2	0,0939	0,0978
C3	0,0931	0,0879
<b>Sred. vrij. (m<sup>2</sup> °C/W)</b>	<b>0,0929</b>	<b>0,0927</b>
STDEV.S (m <sup>2</sup> °C/W)	0,00117	0,00496
CV (%)	1,26	5,35
D1	0,0831	0,0906
D2	0,0859	0,0846
D3	0,0876	0,0925
<b>Sred. vrij. (m<sup>2</sup> °C/W)</b>	<b>0,0855</b>	<b>0,0892</b>
STDEV.S (m <sup>2</sup> °C/W)	0,00227	0,00412
CV (%)	2,65	4,59
E1	0,0985	0,0965
E2	0,0985	0,0959
E3	0,0997	0,0998
<b>Sred. vrij. (m<sup>2</sup> °C/W)</b>	<b>0,0989</b>	<b>0,0974</b>
STDEV.S (m <sup>2</sup> °C/W)	0,00069	0,0021
CV (%)	0,70	2,16

**Tab. 6** Rezultati mjerenja toplinskog otpora kompozitnih laminata za izradu profesionalne obuće određeni na PERMETESTU

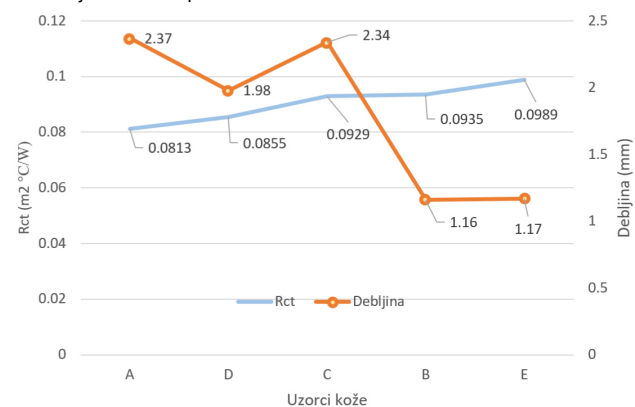
Parametri	Toplinski otpor ( $m^2 \times ^\circ C/W$ )	
	Lice	Naličje
F1	0,0742	0,0679
F2	0,074	0,0718
F3	0,0735	0,0698
<b>Sr. vrij. (<math>m^2 \times ^\circ C/W</math>)</b>	<b>0,0739</b>	<b>0,0698</b>
STDEV.S ( $m^2 \times ^\circ C/W$ )	0,00036	0,00195
CV (%)	0,49	2,79
G1	0,0914	0,0912
G2	0,0927	0,0896
G3	0,0914	0,0885
<b>Sred. vrij. (<math>m^2 \times ^\circ C/W</math>)</b>	<b>0,0918</b>	<b>0,08977</b>
STDEV.S ( $m^2 \times ^\circ C/W$ )	0,00075	0,00136
CV (%)	0,82	1,51
H1	0,0706	0,0689
H2	0,0711	0,0706
H3	0,0686	0,0698
<b>Sred. vrij. (<math>m^2 \times ^\circ C/W</math>)</b>	<b>0,0701</b>	<b>0,0698</b>
STDEV.S ( $m^2 \times ^\circ C/W$ )	0,00132	0,00085
CV (%)	1,88	1,21
I1	0,0909	0,0916
I2	0,0895	0,0899
I3	0,091	0,0915
<b>Sred. vrij. (<math>m^2 \times ^\circ C/W</math>)</b>	<b>0,0905</b>	<b>0,091</b>
STDEV.S ( $m^2 \times ^\circ C/W$ )	0,00084	0,00095
CV (%)	0,93	1,05



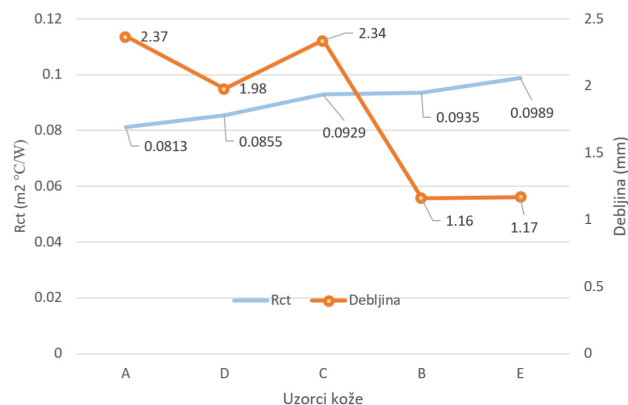
**Sl. 2** Toplinski otpor (Rct) koža (lijevo, A do E) i kompozitnih laminata (desno, F do I) za izradu profesionalne obuće



**Sl. 3** Postotna razlika toplinskog otpora (Rct) koža i kompozitnih laminata lica i naličja za izradu profesionalne obuće



**Sl. 4** Prikaz toplinskog otpora Rct i debljine kože



**Sl. 5** Prikaz otpora prolazu topline Rct i debljine kompozitnih laminata

## 4. Zaključak

Temeljem dobivenih rezultata može se zaključiti:

- Debljina koža za izradu profesionalne obuće kreće se u granicama od 1,16 mm; varijacije debljine koža su izraženo male.
- Debljina kompozitnih laminata koji se koriste za izradu profesionalne obuće kreće se u granicama od 0,73 mm do 1,57 mm; koeficijent varijacije debljine srednjih vrijednosti uzoraka je u granicama od 1,41 mm do 1,10 mm; niske vrijednosti koeficijenta varijacije kompozitnih laminata pokazuju dobru kvalitetu pojedinih komponenti kao i postupka laminiranja.
- Maksimalna vrijednost koeficijenta varijacije toplinskog otpora lica i naličja je 5,5 %; Razmjerno malo odstupanje toplinskog otpora lica i naličja koža i kompozitnih laminata je posljedica uobičajenih odstupanja debljine koža, procesa obrade i dorade koža, odnosno različitih debljina pojedinih elementa kompozitnih laminata i procesa laminiranja.
- Toplinski otpor različit je za ispitane kože za izradu profesionalne obuće kreće se u granicama od 0,0813 do 0,0989 m² C/W; najveća razlika toplinskog otpora koža iznosi 21,6 %.
- Pored debljine, i drugi parametri utječu na razinu toplinskog otpora koža i tekstilnih laminata, najprije struktura kože i postupci njezine obrade i dorade.
- Za potpuno definiranje razinu utjecaja svih relevantnih parametara koža na toplinski otpor, potrebno je poznavanje svih postupaka obrade i dorade koža sa recepturama, a što će biti obuhvaćeno u narednim istraživanjima.
- Toplinski otpor kompozitnih laminata kreće se u granicama 0,0701 m² C/W kod 4-slojnog kompozitnog laminata sa membranom za podstavu do 0,0918 m² C/W kod 2-slojni tekstilni laminat za sare.
- Za izradu profesionalne obuće koriste se različite vrste kompozitnih laminata a što ovisi o dijelu obuće za koji se laminati koriste i namjeni profesionalne obuće.

## Zahvala

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

## Literatura

- Luximon A.: Handbook of footwear design and manufacture, Woodhead Publishing, 2013., p. 300
- Mikulčić M., Kovačević S., Skenderi Z.: Materials for production of protective boots for workers in forestry Leather & Footwear, 68 (2019), 1, 37-41.
- www.jelen.hr., pristupljeno 10.02.2020.
- Nishad Fathima N., M. Pradeep Kumar M., Raghava Rao J., Nair B.U.: A DSC investigation on the changes in pore structure of skin during leather processing, Thermochimica Acta Volume 501, Issues 1-2, 2010, Pages 98-102.
- Akalović J., Skenderi Z., Firšt Rogale S., Zdraveva E.: Water Vapor Permeability of Bovine Leather for Making Professional Footwear, Leather & Footwear 67 (2018) 4, 12-17.
- Skenderi Z., Mijović B., Mihelić-Bogdanić A.: Thermophysiological wear comfort of footwear, Koža & Obuća 66 (2017) 3, 12-21.
- A Kutnjak-Marvlinčić S., Akalović J., Bischof J.: Merging footwear design and functionality Autex Research Journal, DOI 10.2478/aut-2019-0023 © AUTEX.
- Çolak S. M., Özdiñ N., Ekinci M., Kaplan Ö.: Thermophysiological Comfort Properties of the Leathers Processed with Different Tanning Agents, TEKSTİL ve KONFEKSIYON 26(4), 2016, 436-443.
- Hes L., Mihai A., Ursache M.: Thermal insulation and thermal contact properties of upholstered leather furniture in wet state, Leather & Footwear 67 (2018) 3, 13-17
- Kuklane K.: Protection of Feet in Cold Exposure, Industrial Health 47 (2009.) 3, 242-253.
- Kuklane K.: The Use of Footwear Insulation Values Measured on a Thermal Foot Model, International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE) 10 (2004.) 1, 79-86.
- Irzmańska E.: The impact of different types of textile liners used in protective footwear on the subjective sensations of firefighters, Applied Ergonomics, Volume 47, March 2015, Pages 34-42.
- Skenderi Z., Mijović B., Mihelić-Bogdanić A.: Thermophysiological wear comfort of footwear, Koža & Obuća 66 (2017) 3, 12-21.
- Koža -- Fizikalna i mehanička ispitivanja -- Određivanje debljine (ISO 2589:2016; EN ISO 2589:2016)
- HRN EN ISO 5084:2003. Tekstil -- Određivanje debljine tekstila i tekstilnih proizvoda (ISO 5084:1996; EN ISO 5084:1996).
- www.sensors.eu., pristupljeno 11.12.2019.
- ISO 11092 Standard "Textiles -- Physiological effects - Measurement of the thermal and water vapour resistance"