

## Održivi dizajn pletiva: analiza utjecaja projektiranih struktura na funkcionalna svojstva

Živa Zupin<sup>1</sup>, Antonija Petrov<sup>2,\*</sup>, Ivana Salopek Čubrić<sup>2</sup>, Goran Čubrić<sup>2</sup>, Vesna Marija Potočić Matković<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Ljubljana, Slovenija

<sup>2</sup> Sveučilište u Zagrebu Tekstilno tehnološki fakultet, Zagreb, Hrvatska

\*Dopisni autor: [antonija.petrov@ttf.unizg.hr](mailto:antonija.petrov@ttf.unizg.hr)

Prispjelo: 18. siječnja 2026.

Prihvaćeno: 23. veljače 2026.

UDK 677.31.025:677.075:677.017



Ovaj je rad licenciran pod licencom  
[Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

### Izvorni znanstveni rad\*\*

*U današnjem svijetu, u kojem je potreba za održivim materijalima široko prepoznata, raste potražnja za dizajnom i proizvodnjom visokokvalitetnih tekstilnih struktura poboljšanih svojstava. Kako bi se ispunili ti zahtjevi, potrebno je pažljivo razmotriti sve aspekte odabira materijala, konstrukcijskog dizajna i funkcionalnosti proizvoda. Nakon dugog razdoblja smanjene uporabe, vuna ponovno privlači pozornost zbog svojih jedinstvenih svojstava, potičući nova nastojanja da se njezine prednosti iskoriste u razvoju funkcionalnih materijala. Ovaj se rad bavi istraživanjem odnosa između strukture i svojstava različitih pletiva proizvedenih korištenjem vunene pređe. Istražen je utjecaj različitih pletenih struktura na ponašanje vunениh pletiva izrađenih pod jednakim proizvodnim uvjetima, s ciljem dobivanja uvida u njihove funkcionalne i dizajnerske potencijale. Izrađen je niz različitih pletenih struktura kojima su ispitana fizikalno-mehanička svojstva. Rezultati su pokazali da je debljina u velikoj mjeri ovisna o strukturi pletiva, a površinska hrapavost razlikuje se kako među pojedinim strukturama, tako i između lica i naličja pletiva. Dinamika kvašenja i sušenja potvrđuje da otvorenije strukture pogoduju bržem kvašenju i sušenju, dok se gušće strukture sporije kvase i suše. Struktura pletiva utječe na propusnost zraka pletiva na način da gušće strukture omogućavaju manju propusnost zraka. Od ispitanih uzoraka, najbolju elastičnost, uz najmanju sfernu deformaciju, imaju pletiva izrađena u glatkom desno-desnom prepletu te desno-desna rebrasta 2+2 pletiva.*

**Ključne riječi:** održivost; vuna; pređa; pletivo; funkcionalna svojstva

### Original scientific paper\*\*

#### Sustainable knitwear design: analysis of the impact of engineered structures on functional properties

*In today's world, where the need for sustainable materials is widely recognized, the demand for the design and production of high-quality textile structures with enhanced properties is increasing. To meet these requirements, it is necessary to carefully consider all aspects of material selection, structural design, and product functionality. After a long period of reduced use, wool is once again attracting attention due to its unique properties, encouraging new efforts to utilize its advantages in the development of functional materials. This paper investigates the relationship between the structure and properties of different knitted fabrics produced using wool yarn. As part of the study, a series of various knitted structures was produced, followed by an examination of a range of physical and mechanical properties. The results showed that thickness largely depends on the structure of the knitted fabric, while surface roughness varies between individual structures and between the front and back of the fabric. The dynamics of wetting and drying confirm that more open structures wet and dry faster, whereas denser structures wet and dry more slowly. The knitted structure influences the air permeability of the fabrics; denser structures have lower air permeability. Among the tested samples, the best elasticity and the least reduction of force are found in fabrics made with double jersey and rib double jersey 2+2 structures.*

**Keywords:** sustainability; wool; yarn; knitted fabric; functional properties

\*\*Izlaganje na 18. znanstveno-stručnom savjetovanju „Tekstilna znanost i gospodarstvo”, 27. siječnja 2026., Zagreb, Hrvatska

## 1. Uvod

U današnjim okolnostima, u kojima održivost i ekološki odgovoran odabir materijala dolaze u prvi plan, tekstilna industrija suočava se s rastućim zahtjevima za razvojem struktura koje objedinjuju visoku kvalitetu i poboljšana funkcionalna svojstva. Postizanje takvih ciljeva zahtijeva temeljito razumijevanje međusobnog djelovanja vrste vlakna, svojstava pređe i konstrukcije plošnog proizvoda, budući da ti čimbenici presudno oblikuju konačno ponašanje tekstilnih proizvoda. Među prirodnim vlaknima, vuna se ponovno istaknula kao materijal od posebnog interesa. Nakon razdoblja smanjene uporabe, uglavnom zbog dominacije sintetskih vlakana, vuna se ponovno vrednuje zbog svojih prednosti, kao što su biorazgradivost, sposobnost regulacije topline, istezljivost te učinkovito upravljanje vlagom. Ovo obnovo-  
ljeno zanimanje potaknulo je intenzivnija istraživanja njezina potencijala u razvoju naprednih i funkcionalnih tekstilnih rješenja. Pregled literature pokazuje da vunena pletiva imaju značajan potencijal u području funkcionalnih tekstilnih struktura zahvaljujući sposobnosti upravljanja vlagom i topline. Hu i sur. [1] istraživali su vunena pletiva koja reagiraju na povećanu količinu vlage otvaranjem pletiva, što omogućuje brže odvođenje znoja i doprinosi osjećaju hlađenja, dok u suhim uvjetima osiguravaju toplinsku izolaciju. Strukturna prilagodljivost takvih pletiva izdvaja vunu kao materijal prikladan za odjeću namijenjenu promjenjivim klimatskim uvjetima. Slično tome, Zhou i sur. [2] pokazali su da svojstva prijenosa i raspodjele vlage ovise o konstrukciji i sastavu pletiva. Usporedba 100% vunениh pletiva i mješavina vune s poliestrom i pamukom potvrdila je da određene kombinacije vlakana poboljšavaju sposobnost upravljanja vlagom, što izravno utječe na udobnost korisnika. Istraživanje Nawaza i sur. [3] dodatno je naglasilo važnost debljine, poroznosti i konstrukcije pletiva u prijenosu topline i vodene pare. Vunena pletiva i njihove mješavine pritom su se pokazale najpovoljnijima za održavanje toplinske udobnosti, što potvrđuje važnost pravilnog odabira vlakana i parametara strukture pletiva pri izradi funkcionalnih tekstilnih slojeva.

Troynikov i Wardiningsih [4] utvrdili su da miješanje vunениh vlakana s poliesterskim ili bambusovim vlaknima značajno poboljšava upravljanje vlagom u odnosu na pletiva izrađena isključivo iz vunениh vlakana. Pritom su kombinacije vuna / bambus pokazale najuravnoteženija svojstva na površini prema koži i vanjskoj površini, a pet od devet analiziranih uzoraka klasificirano je kao učinkovita pletiva za upravljanje vlagom. Kejkar i Dhore [5] ističu da se vunena vlakna mogu uspješno integrirati u višeslojne konstrukcije, no upozoravaju da funkcionalnost ne ovisi isključivo o vrsti vlakna, već o kombinaciji vlakana, strukturi pletiva i primijenjenim doradama.

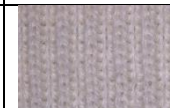
U tom kontekstu, cilj istraživanja prikazanog u ovom radu jest ispitati odnos između strukture i svojstava pletiva proizvedenih isključivo od 100% vunene pređe. Stoga je izrađen niz pletenih struktura koje su podvrgnute opsežnoj evaluaciji njihovih fizikalno-mehaničkih svojstava, od čega je dio prikazan u ovom radu. Sustavna usporedba rezultata dobivenih za različite strukture omogućava uvid u utjecaj promjena u dizajnu pletene strukture na svojstva gotovog proizvoda u primjeni.

## 2. Eksperimentalni dio

### 2.1. Materijali i metodologija

Za potrebe istraživanja, na pletaćem stroju Shima Seiki SES 122 RT, finoće E 12, izrađeno je šest uzoraka u različitim pletenim strukturama od 100% vunene pređe finoće 66 tex. Odabrane su strukture koje su rjeđe zastupljene u standardnoj proizvodnji, ali se ističu visokom estetskom vrijednošću te značajno doprinose dizajnerskoj atraktivnosti izrađenog proizvoda. Osim toga, promatrane strukture međusobno se bitno razlikuju prema osnovnim svojstvima pletiva, čime se omogućuje dobivanje cjelovitijeg uvida u njihovo različito ponašanje, vidljivo kroz rezultate ispitivanja svojstava. Svi uzorci bili su ispleteni pod jednakim uvjetima. Pletene strukture prikazane su u tab.1.

Tab.1. Opis uzoraka

| Uzorak      | KF1                                                                                 | KF2                                                                                 | KF3                                                                                 | KF4                                                                                  | KF5                                                                                   | KF6                                                                                   |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Preplet     | Glatki desno-desni                                                                  | Desno-lijevi podliježni 3+3                                                         | Desno-desni valoviti                                                                | Desno-desni rebrasti 2+2                                                             | Desno-desni rebrasti 2+2 sa zahvatnim očicama                                         | Desno-desni cjevasti                                                                  |
| Fotografija |  |  |  |  |  |  |

U sklopu eksperimentalnog dijela rada, ispitane su debljina, površinska hrapavost, dinamika kvašenja i sušenja, propusnost zraka i elastičnost pletiva. Za mjerenje debljine pletiva korišten je debljinomjer DM-2000 proizvođača Wolf Messtechnik GmbH, Njemačka, i metoda opisana u normi HRN EN ISO 5084:2003 [6]. Tijekom ispitivanja, uzorci su opterećeni pritiskom od 0,5 kPa, a provedeno je ukupno 10 mjerenja na različitim dijelovima horizontalno položenog uzorka.

Za ispitivanje površinske hrapavosti korišten je uređaj za mjerenje hrapavosti PCE-RT 2000 proizvođača PCE Instruments, UK. Ispitivanje je provedeno na licu i na naličju pletiva te u smjeru nizova i redova.

Ispitivanje dinamike kvašenja i sušenja provedeno je na uzorcima dimenzija 100 × 100 mm. Zbog izražene sklonosti pletiva uvijanju na rubovima pletiva, uzorci su tijekom mjerenja bili stabilizirani pomoću dvaju metalnih kružnih okvira, između kojih je materijal učvršćen. Na tako pripremljen uzorak, mikropipetom je aplicirano 0,5 ml destilirane vode, uz mjerenje vremena potrebnog za raspodjelu tekućine unutar pletiva. Površina mokrog područja određena je analizom digitalnih slika, snimljenih kompaktnom digitalnom kamerom Kodak PixPro FZ45, u programu PhotoMeasure, a brzina kvašenja izračunata je temeljem izmjerene površine i vremena. Vrijeme sušenja određeno je korištenjem infracrvene termografske kamere TESTO 872 proizvođača Testo SE & Co. KGaA, Njemačka, koja praćenjem temperaturnih razlika omogućuje jasno razlikovanje mokrih i suhih područja. Suho stanje definirano je trenutkom postizanja toplinske homogenosti uzorka, što omogućuje objektivno i pouzdano određivanje završetka procesa sušenja.

Propusnost zraka mjerena je na uređaju Air-Tronic B (MESDAN, Italija), u skladu s predmetnom normom [7]. Površina mjerenja iznosila je 20 cm<sup>2</sup>, a mjerenja su provedena pri tlaku od 100 Pa. Na svakom ispitnom uzorku, obavljeno je 10 mjerenja protoka zraka. Propusnost zraka izračunata je prema sljedećem izrazu:

$$R = \frac{\bar{q}_v}{A} \times 167 \quad (1)$$

gdje je:

$R$  - propusnost zraka [mm/s]

$\bar{q}_v$  - prosječni protok zraka [l/min]

$A$  - površina uzorka

Elastičnost pletiva ispitivana je višeosnim ispitivanjem na mjernom uređaju Instron 5566 (Instron, UK), prema prilagođenoj normi [8]. Ispitani uzorci bili su učvršćeni u nepomični prsten promjera 45 mm te istezani kuglicom promjera 40 mm. Brzina pomaka hvataljke iznosila je 500 mm/min, a maksimalno opterećenje uzoraka 10 N. Uzorci su bili opterećeni pet puta. U prvom ciklusu istezanja očitana je

deformacija – produljenje pri opterećenju od 0,2 N. U posljednjem, petom ciklusu uzorak je opterećen s 10 N, opterećenje je zadržano 60 s, zatim je uzorak rasterećen i držan u rasterećenom stanju 60 s, nakon čega je proveden kontrolni ciklus te očitana deformacija – produljenje pri opterećenju od 0,2 N. Za svaki uzorak provedeno je pet mjerenja. Za svako mjerenje izrađen je graf. Vrijednosti, kao što su istezanje pri opterećenju od 0,2 N u prvom ciklusu istezanja ( $l$ ), smanjenje sile u petom ciklusu istezanja, nakon 60 sekundi odmora ( $F$ ), kao i preostalo istezanje u kontrolnom ciklusu pri opterećenju od 0,2 N ( $x$ ), očitane su s grafa. Trajno istezanje ( $TR$ ) izračunato je prema sljedećem izrazu:

$$TR = x - l \quad (2)$$

gdje je:

$TR$  - trajno produljenje [mm],

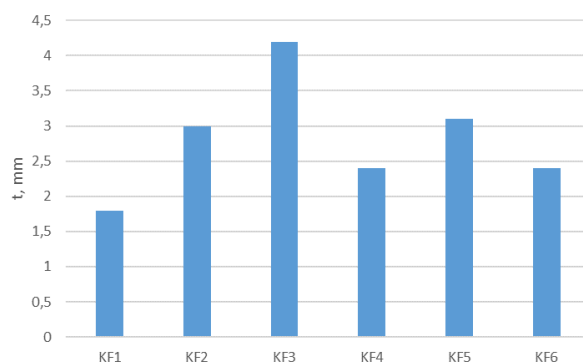
$x$  - preostalo produljenje u kontrolnom ciklusu pri opterećenju od 0,2 N [mm],

$l$  - produljenje pri opterećenju od 0,2 N u 1. ciklusu istezanja [mm].

### 3. Rezultati i rasprava

Rezultati ispitivanja debljine pletiva prikazani su na sl.1. Kao što je vidljivo sa slike, razlike u debljini između projektiranih struktura su značajne, preciznije, u rasponu su od 1,958 do 4,195 mm. Navedeni raspon debljina nastao projektiranjem različitih struktura osigurava raznolikost unutar promatrane skupine, što značajno utječe na njihova fizikalno-mehanička svojstva, o čemu će biti riječi u nastavku. Osim toga, omogućava precizno prilagođavanje projektiranih i proizvedenih pletenih struktura specifičnoj namjeni.

Rezultati ispitivanja površinske hrapavosti prikazani u tab.1 ukazuju na znatne razlike između mjerenja na licu i naličju materijala, kao i između mjerenja različitih projektiranih struktura (KF1–KF6) te smjera mjerenja (red i niz).



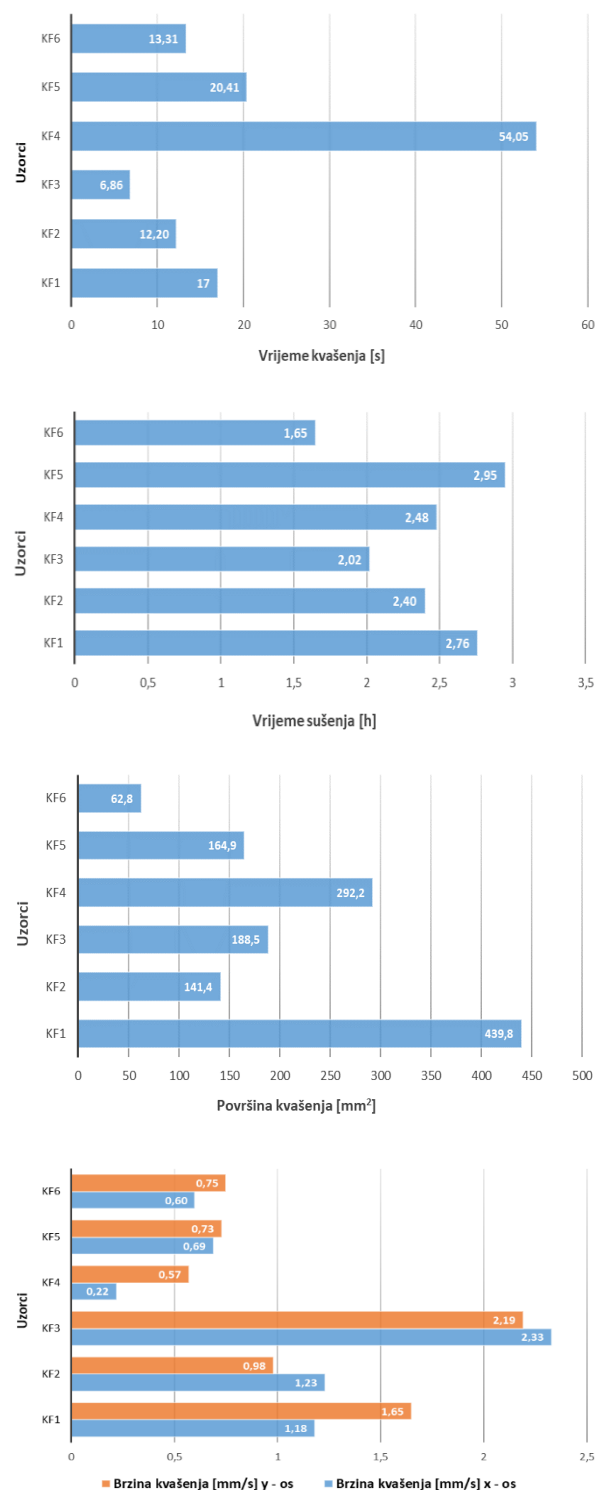
Sl.1 Debljina pletenih struktura

**Tab.1** Rezultati ispitivanja površinske hrapavosti pletenih struktura

| Uzorak  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|         | KF 1  |       | KF 2  |       | KF 3  |       | KF 4  |       | KF 5  |       | KF 6  |       |
| Smjer   | red   | niz   | red   | niz   | red   | niz   | red   | niz   | red   | niz   | red   | niz   |
| Lice    | 25,51 | 13,07 | 21,81 | 13,71 | 12,55 | 17,67 | 20,66 | 16,75 | 21,14 | 20,58 | 13,93 | 19,32 |
| Naličje | 26,22 | 16,28 | 11,33 | 15,73 | 27,20 | 4,27  | 22,38 | 17,09 | 29,21 | 16,63 | 14,46 | 22,48 |

Analiza rezultata upućuju na to da naličje pokazuje znatno izraženiju varijabilnost te širi raspon vrijednosti površinske hrapavosti u odnosu na lice pletiva. Za razliku od lica, čija je hrapavost unutar intervala 12,55 do 25,51  $\mu\text{m}$ , naličje pokazuje izrazitije krajnje vrijednosti, s minimumom od 4,27  $\mu\text{m}$  (KF3-niz) i maksimumom od 29,21  $\mu\text{m}$  (KF5-red). Analiza različitih projektiranih struktura pokazuje da se odnos hrapavosti između lica i naličja značajno mijenja ovisno o smjeru mjerenja i projektiranoj strukturi. U strukturama KF1, KF2 i KF6 razlike su umjerenije i uglavnom se odnose na varijacije između horizontalnog i vertikalnog smjera, dok strukture KF3, KF4 i osobito KF5 pletiva pokazuju najveća odstupanja, uključujući vrlo niske ili vrlo visoke vrijednosti hrapavosti naličja.

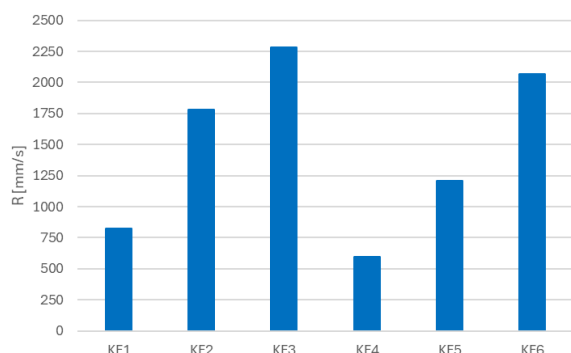
Na sl.2 su prikazani rezultati kvašenja i sušenja pletenih struktura. Analiza rezultata ispitivanja dinamike kvašenja i sušenja pokazuje izrazite razlike među uzorcima pletiva, što potvrđuje da struktura pletiva snažno utječe na promatranu dinamiku. Vunena pletiva općenito imaju visoku sposobnost apsorpcije, ali i sporije sušenje u odnosu na materijale izrađene od umjetnih vlakana. Vrijeme kvašenja među uzorcima variralo je od 6,86 s do 54,05 s. Najkraće vrijeme kvašenja zabilježeno je kod uzorka KF3, koji ima najveću debljinu te najveću brzinu kvašenja na obje osi. Razlog navedenom jest vidljivo otvorenija struktura pletiva (uočljiva na digitalnoj fotografiji te u nastavku potvrđena rezultatima ispitivanja propusnosti zraka), koja omogućuje brži prodor tekućine u unutrašnjost pletiva te učinkovitiji prijenos vlage kroz materijal. Zbog toga je kod njega zabilježeno i relativno brzo sušenje (2,02 h). Suprotno tomu, uzorak KF4 pokazuje najdulje vrijeme kvašenja i najmanju brzinu na obje osi, čemu je razlog vrlo zbijena struktura (također uočljiva na digitalnoj fotografiji i potvrđena rezultatima mjerenja propusnosti zraka) koja usporava početni prodor tekućine. Unatoč većoj površini kvašenja, ona je rezultat dugotrajnog kontakta s tekućinom, a ne učinkovitog kapilarnog prijenosa, što dovodi do sporog kretanja vlage kroz strukturu i duljeg sušenja. Uzorak KF1 ima najveću površinu kvašenja i relativno veću brzinu kvašenja, no sporije se suši (2,76 h), što upućuje na zadržavanje veće količine tekućine unutar pletiva. Uzorak KF5 također ima dulje vrijeme kvašenja i najdulje vrijeme



**Sl.2** Rezultati kvašenja i sušenja pletenih struktura

sušenja (2,95 h), što je povezano s njegovom debljinom. Najbrže sušenje zabilježeno je kod uzorka KF6 (1,65 h), manje debljine i mase. Među svim uzorcima, uzorak KF3 se ističe kao najuravnoteženiji, s najbržim kvašenjem, i relativno kratkim vremenom sušenja. Uočeno ponašanje u skladu je sa zaključcima koje su temeljem ispitivanja drugačijih struktura pletiva donijeli Zhou i sur. [2] Nawaza i sur. [3].

Analiza rezultata ispitivanja propusnosti zraka (sl.3) pokazala je da su među uzorcima vidljive velike razlike s obzirom na strukturu pletiva. Najveću propusnost zraka imaju pletiva strukture KF3 i KF6, što potvrđuje da su ove dvije strukture najotvorenije. Struktura KF3 je valovito pletivo, dok je struktura KF6 ispletena kao cjevasta struktura. Najmanju zračnu propusnost imaju strukture KF4 i KF1. Te dvije strukture su desno-desno rebrasto pletivo 2+2 i glatko desno-desno pletivo, koje su relativno guste strukture.



Sl.3 Rezultati propusnosti zraka pletenih struktura

Iz tab.3 vidljivo je da struktura KF5, desno-desna rebrasta 2+2 sa zahvatnim očicama, ima najveće produljenje pri opterećenju od 0,2 N u 1. ciklusu istezanja, i to 4,99 mm. Najmanje produljenje pri istom opterećenju i ciklusu ima struktura KF1, glatko desno-desno pletivo. Najmanju trajnu sfernu deformaciju (TR), 0,68 mm, ima pletivo KF1, glatko desno-desno pletivo, dok najveću sfernu deformaciju (TR) ima pletivo KF5, desno-desno rebrasto 2+2 sa zahvatnim očicama. Najveće smanjenje sile u 5. ciklusu istezanja, nakon 60 s mirovanja hvataljke, uočeno je kod uzoraka KF3 i KF5, desno-desno valovito i desno-desno rebrasto 2+2 sa zahvatnim očicama. Najmanje smanjenje sile uočeno je kod uzorka KF1 (glatko desno-desno pletivo). Rezultati analize elastičnosti pletiva potvrđuju da glatko desno-desno pletivo ima najmanju sfernu deformaciju i najmanje smanjenje sile nakon 5. ciklusa mirovanja. Pletena struktura sa zahvatnim očicama imaju najveće trajno istezanje i najveće smanjenje sile nakon 5. ciklusa opterećenja.

Tab.3 Rezultati ispitivanja elastičnosti pletenih struktura

| Pletena struktura | $l$ pri 0,2 N, 1. ciklus [mm] | $F$ [N] | $x$ pri 0,2 N, 6. ciklus [mm] | $TR$ [mm] |
|-------------------|-------------------------------|---------|-------------------------------|-----------|
| KF1               | 2,54                          | 1,50    | 3,22                          | 0,68      |
| KF2               | 2,86                          | 1,86    | 5,51                          | 2,65      |
| KF3               | 3,58                          | 2,01    | 6,89                          | 3,30      |
| KF4               | 2,99                          | 1,64    | 5,20                          | 1,28      |
| KF5               | 4,99                          | 2,00    | 8,82                          | 3,84      |
| KF6               | 4,38                          | 1,79    | 6,01                          | 1,63      |

## 4. Zaključak

Iz rezultata analize šest različitih pletenih struktura izrađenih od vunene pređe, može se zaključiti kako struktura pletiva značajno utječe na fizikalno-mehanička i funkcionalna svojstva pletiva. Rezultati su pokazali da se debljina pletiva u odnosu na strukturu znatno mijenjala, od 1,96 mm do 4,20 mm, što omogućuje različitu primjenu pletiva. Površinska hrapavost razlikuje se između lica i naličja pojedinog pletiva te između različitih struktura, što utječe na osjećaj udobnosti i interakciju s kožom. Dinamika upijanja i sušenja potvrđuje da otvorenije strukture (npr. KF3) omogućuju brže upijanje i relativno kraće vrijeme sušenja, dok gušće strukture (npr. KF4) usporavaju prijenos vlage. Propusnost zraka među uzorcima značajno varira; uzorci s gušćom strukturom imaju manju, a uzorci s otvorenijom strukturom veću propusnost zraka. Sferna deformacija pletiva najveća je kod struktura sa zahvatnim petljama (KF5), koje pokazuju najveće produljenje i trajnu deformaciju, dok jednostavne strukture (KF1) pokazuju najmanju deformaciju i najveću elastičnost.

Na temelju rezultata može se zaključiti da je odgovarajućim oblikovanjem pletene strukture moguće ciljano prilagoditi svojstva materijala, što je ključno za razvoj funkcionalnih i održivih tekstilnih proizvoda. Vunena pletiva pokazuju se kao perspektivan materijal za sportsku i tehničku odjeću, jer omogućuju kombinaciju svojstava za postizanje udobnosti.

*Objava rada proizašla je iz provedbe bilateralnog projekta između Hrvatske i Slovenije „Razvoj i strukturalna funkcionalizacija pletene sportske odjeće od prirodnih i usporednih umjetnih vlakana“ koji financiraju Ministarstvo znanosti, obrazovanja i mladih Republike Hrvatske i Ministarstvo visokog obrazovanja, znanosti i inovacija Republike Slovenije; u okviru programa P2-0213 Tekstil i ekolo-*

gija i infrastrukturnog centra RIC UL NTF, koji financira Javna agencija za znanstvenoistraživačku i inovacijsku djelatnost Republike Slovenije (ARIS); te provedbe institucijskog istraživačkog projekta „Istraživanje i razvoj održivih, funkcionalnih tekstilnih komponenti za kompozite nove generacije“, FUNK-TEX, TTF-IIP-06, koji financira Europska unija – NextGenerationEU.



**Izjava o korištenju alata UI:** UI alati nisu korišteni za definiranje znanstvenog istraživanja, osmišljavanje metodologije rada niti prikaza i analize rezultata mjerenja. UI alati su korišteni za jezičnu korekciju sadržaja.

## Literatura:

- [1] Hu, J.; Irfan Iqbal, M.; Sun, F.: Wool Can Be Cool: Water-Actuating Woolen Knitwear for Both Hot and Cold, *Advanced Functional Materials* **2020**, 30 (51), p. 2005033. <https://doi.org/10.1002/adfm.202005033>
- [2] Zhou, L.; Feng, X.; Du, Y.; Li, L.: Characterization of Liquid Moisture Transport Performance of Wool Knitted Fabrics, *Textile Research Journal* **2007**, 77 (12), pp. 951–956. <https://doi.org/10.1177/0040517507083518>
- [3] Nawaz, N.; Troynikov, O.; Watson, C.: Thermal Comfort Properties of Knitted Fabrics Suitable for Skin Layer of Protective Clothing Worn in Extreme Hot Conditions, *Advanced Materials Research* **2011**, 331, 184–189. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.331.184>
- [4] Troynikov, O.; Wardiningsih, W.: Moisture Management Properties of Wool/Polyester and Wool/Bamboo Knitted Fabrics for the Sportswear Base Layer, *Textile Research Journal* **2011**, 81 (6), pp. 621–631. <https://doi.org/10.1177/00405175103924>
- [5] Kejkar, V.; Dhore, R.: Active Sportswear Fabrics, *Trends in Textile Engineering & Fashion Technology* **2019**, 5 (2), pp. 603–605. <https://doi.org/10.31031/TTEFT.2019.05.000606>
- [6] HRN EN ISO 5084:2003 Tekstil -- Određivanje debljine tekstila i tekstilnih proizvoda (ISO 5084:1996; EN ISO 5084:1996)
- [7] HRN EN ISO 9237:2003 Tekstil -- Određivanje propusnosti zraka plošnog tekstila (ISO 9237:1995; EN ISO 9237:1995)
- [8] HRN EN ISO 14704-2:2008 Određivanje elastičnosti plošnih tekstila -- 2. dio: Višeosna ispitivanja (EN 14704-2:2007).