

# Fizikalno-mehanička svojstva pletiva za sportsku odjeću

---

**Stulić, Dolores**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Textile Technology / Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:201:819391>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-13**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Textile Technology University of Zagreb - Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET**

**ZAVRŠNI RAD**

Fizikalno-mehanička svojstva pletiva za sportsku odjeću

Dolores Stulić

Zagreb, rujan 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET  
Zavod za projektiranje i menadžment tekstila

ZAVRŠNI RAD

Fizikalno-mehanička svojstva pletiva za sportsku odjeću

Mentorica:

izv. prof. dr. sc. Ivana Salopek Čubrić

Studentica:

Dolores Stulić, 0117228276

Zagreb, rujan 2021.

Ovaj rad je izrađen na Zavodu za projektiranje i menadžment tekstila pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Ivana Salopek Čubrić i uz neposredno voditeljstvo Željke Pavlović, mag. ing. text. tech.

**Kandidatkinja:** Dolores Stulić

**Naslov rada:** Fizikalno-mehanička svojstva pletiva za sportsku odjeću

**Naslov studija:** Tekstilna tehnologija i inženjerstvo

**Naziv smjera:** Projektiranje i menadžment tekstila

**Jezik teksta:** hrvatski

**Rad ima:**

- stranica: 38
- slika: 33
- tablica: 8

**Institucija u kojoj je rad izrađen:** Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet

Zavod za projektiranje i menadžment tekstila

**Članovi povjerenstva:**

1. Izv. prof. dr. sc. Goran Čubrić, predsjednik
2. Izv. prof. dr. sc. Ivana Salopek Čubrić, članica
3. Prof. dr. sc., Vesna Marija Potočić Matković, članica
4. Izv. prof. dr. sc. Anita Tarbuk, zamjenica člana

**Datum predaje rada:** 1. rujna 2021

**Datum obrane rada:** 14. rujna 2021.

## **Zahvala i financiranje**

Rad studentice Dolores Stulić financirala je Hrvatska zaklada za znanost projektom HRZZ IP-2020-02-5041 Tekstilni materijali za povećanu udobnost u sportu voditeljice izv. prof. dr. sc. Ivane Salopek Čubrić.



## SAŽETAK

Završni rad usmjeren je na ispitivanje fizikalno – mehaničkih svojstva materijala za izradu sportske odjeće. U teorijskom odjelu opisani su materijali koji se koriste za izradu sportske odjeće i njihova najvažnija svojstva. Pojašnjena je važnost debljine i kompresibilnosti pletiva za sportsku odjeću te opisane mjerne metode. Eksperimentalni dio usmjeren je na ispitivanje temeljnih karakteristika odabranih materijala te je u tu svrhu određen sirovinski sastav, preplet, temeljni strukturni parametri pletiva, gustoća i površinska masa. Potom je provedeno mjerenje debljine i kompresibilnosti pletiva. Dobivenim rezultatima utvrđeno je koji parametri utječu na gustoću i površinsku masu pletiva te kako se debljina pod različitim opterećenjima mijenja za svaki uzorak. Također je prikazano kako opseg cilindra utječe na promjenu kompresibilnost uzoraka pletiva.

**Ključne riječi:** pređa, pletivo, fizikalno-mehanička svojstva, sport, kompresibilnost

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. TEORIJSKI DIO</b> .....	2
2.1 Materijali za sportsku odjeću.....	2
2.1.1 Materijali i podjela vlakana.....	2
2.2 Svojstva materijala sportske odjeće.....	4
2.2.1 Pamuk.....	6
2.2.2 Vuna- Merino vuna.....	6
2.2.3 Poliester- PES.....	7
2.2.4 Poliamid- PA.....	7
2.2.5 Elastan- EL.....	8
2.3 Debljina pletiva.....	8
<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO</b> .....	10
3.1 Odabrani uzorci.....	10
3.2 Određivanje prepleta.....	11
3.3 Mjerenje gustoće pletiva.....	12
3.4 Mjerenje površinske mase.....	13
3.5 Mjerenje debljine pletiva.....	15
3.6 Mjerenje kompresibilnosti pletiva.....	17
3.7 Statistička analiza.....	19
<b>4. REZULTATI I RASPRAVA</b> .....	23
4.1 Uzorci, sirovinski sastav i preplet.....	23
4.2 Gustoća pletiva.....	28
4.3 Površinska masa.....	30
4.4 Debljina pletiva.....	31
4.5 Kompresibilnost pletiva.....	34
<b>5. ZAKLJUČCI</b> .....	36
<b>6. LITERATURA</b> .....	37

## 1. UVOD

Materijali za sportsku odjeću imaju široku primjenu. Počevši od sportske odjeće u koju se ubrajaju majice, topovi, grudnjaci, tajice, hlače, čarape i sl., preko sportske obuće koja uključuje tenisice za različite sportove te sportske opreme poput teniskog reketa, jedra, ruksaka i torbe. Važnost sportskih materijala je da osobi koja ih nosi omogući maksimalnu udobnost prilikom sportske izvedbe. Navedeno dokazuje pogled na globalno tržište gdje sportska odjeća zauzima važno mjesto unutar cijele tekstilne industrije. Stoga proizvođači istog stalno rade na istraživanju novih materijala, dizajna i kvalitete kako bi svoje tržište proširili što više. Naime zahtjevi za performansama sportskih proizvoda često obzirom na sastav vlakna od kojih je materijal izgrađen moraju ispunjavati nemoguće uvijete na način da štiti od vanjskih utjecaja poput kiše, snijega, hladnoće, vrućina, bude dovoljno čvrsta, ali istovremeno dovoljno udobna i prilagođena potrebama lakoće kretanja. Tako je u proteklih nekoliko desetljeća sportska odjeća doživjela veliki napredak i postignuće u razvoju vlakana i proizvodnih tehnika za dobivanje sofisticiranih vlakana, pređa i tkanina. –Poliester (PES) je vlakno koje se najčešće koristi prilikom izrade sportske odjeće. Od ostalih vlakana možemo izdvojiti –poliamid (PA), –polipropilen (PP), akrilna (PAN) i elastanska (EL) vlakna koja je vrlo lako modificirati prema potrebama potrošača. Miješaju se s prirodnim vlaknima (pamuk, vuna – merino) kako bi se poboljšala njihova termofiziološka i osjetilna svojstva. Prilikom bavljenja fizičkom aktivnosti jedna od bitnih stavki je da odjeća koja prianja uz tijelo bude udobna te da upija znoj i štiti od vanjskih utjecaja. Danas već postoje sintetska vlakna koja štite od UV zračenja te su pogodna za izradu sportskih materijala. Isto tako istraživanja se vode na polju vlakana visokih performansi pa tako možemo razlikovati vlakna visoke čvrstoće, ona koja su nezapaljiva i na koje toplina, kemikalije, abrazija ne utječu. Kako vlakna tvore plošni proizvod tako razlikujemo i visoko funkcionalne materijale koje se vrlo brzo razvijaju i napreduju. Najbolji primjer za to je razvoj "Sportwool-a" ili sportske vune. Godine 1976. na tržištu se pojavio Gore-Tex, tkanina koja upija znoj, vodonepropusna je s visokom toplinskom izolacijom i danas ima široku primjenu u svijetu sportskih materijala. Budućnost se vidi u nanotehnologiji i nanofilerima ili nanopunilima zbog mnogih prednosti koje materijal nudi. Međutim postoji mana, prilikom proizvodnje nastaju nakupljanja, ako se taj problem uspješno riješi ovu tehnologiju čeka plodno tlo[1]. Kao takav ovaj rad usmjeren je na ispitivanje fizikalno- mehaničkih svojstava pletenih materijala namijenjenih izradi sportskih dresova za profesionalne sportaše i rekreativce. Cilj je usporediti setove rezultata različitih materijala i donijeti zaključak i preporuku o daljnjoj uporabi.

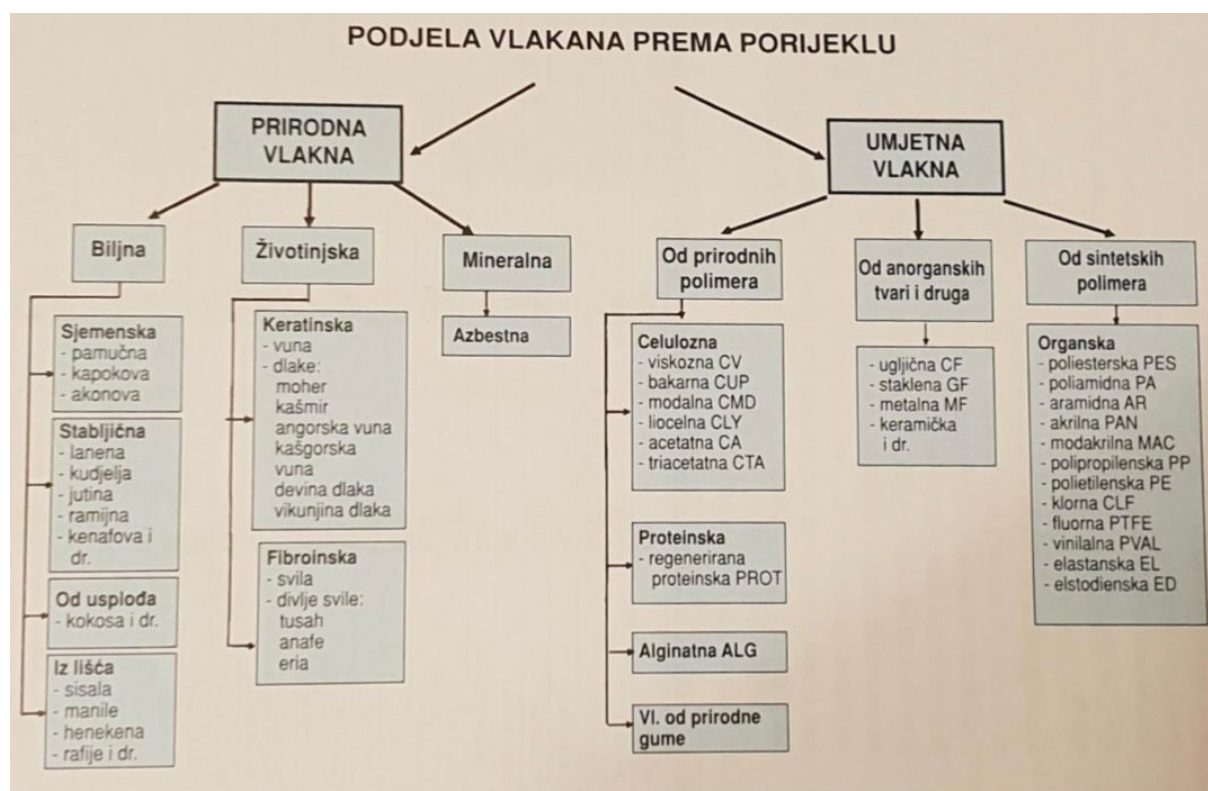


## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1 Materijali za sportsku odjeću

#### 2.1.1 Materijali i podjela vlakna

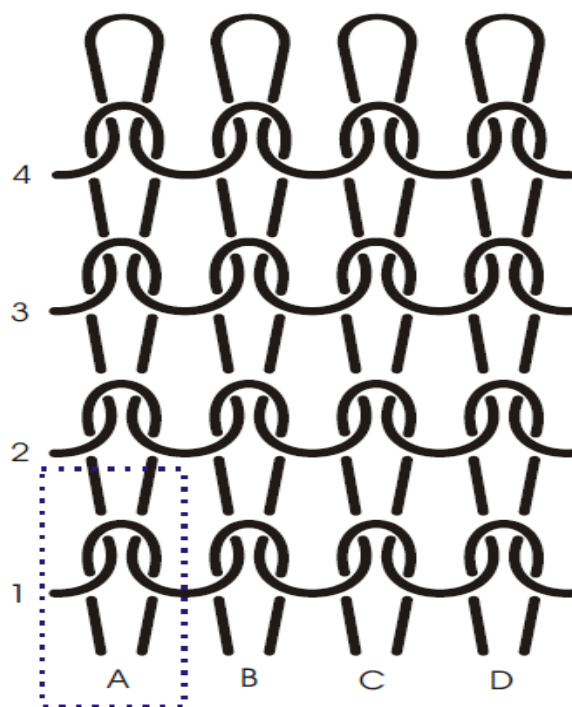
Sportska odjeća uglavnom se izrađuje od samo nekoliko različitih materijala, to su: pamuk, vuna - merino vuna i umjetni materijali (poliester, poliamid, elastan i njihove mješavine). Prirodna vlakna podijeljena su na biljna gdje se razlikuje sjemensko (pamuk), stabljično (lan), od ploda (kokos) te iz lišća (sisala) porijeklo; životinjska mogu biti keratinska (vuna) i fibroinska (svila) te mineralna (azbest). Umjetna vlakna razlikuju se po onim nastalih od prirodnih, sintetičkih polimera i anorganskih i drugo.



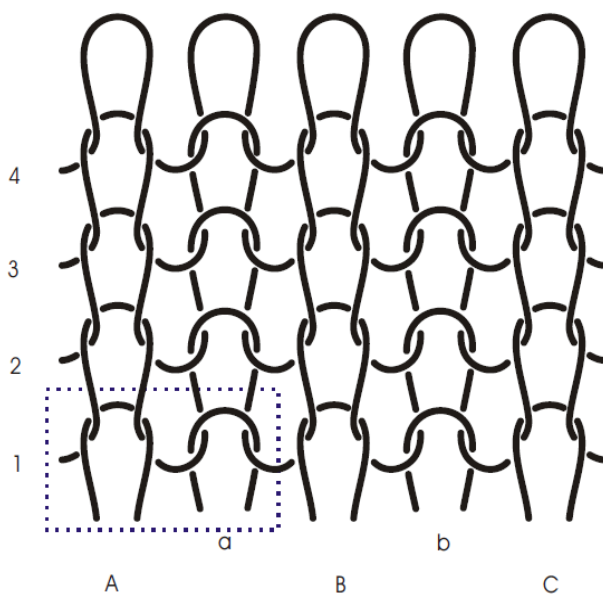
Sl. 1. Podjela vlakana [2]

Za vlakna i materijale nastalih od prirodnih polimera najpoznatije je ono celuloznog porijekla, viskoza (CV), razlikuju se još ona proteinskog koja su regenerirana (PROT), aliginatna (AL) te vlakna od prirodne gume. Za vlakna od sintetičkih polimera najčešće korišten je poliester (PES), a potom poliamid (PA), elastanska (EL) i elastodienska (ED) od njih dvanaest koji se nalaze u istoj skupini. Ona anorganska su malo manje bitna za sportsku odjeću te se više koriste za ojačavanje plastike prilikom proizvodnje kompozita, a to su: ugljična (CF), staklena (GF), metalna (MF), keramička i dr. Materijali se općenito još mogu

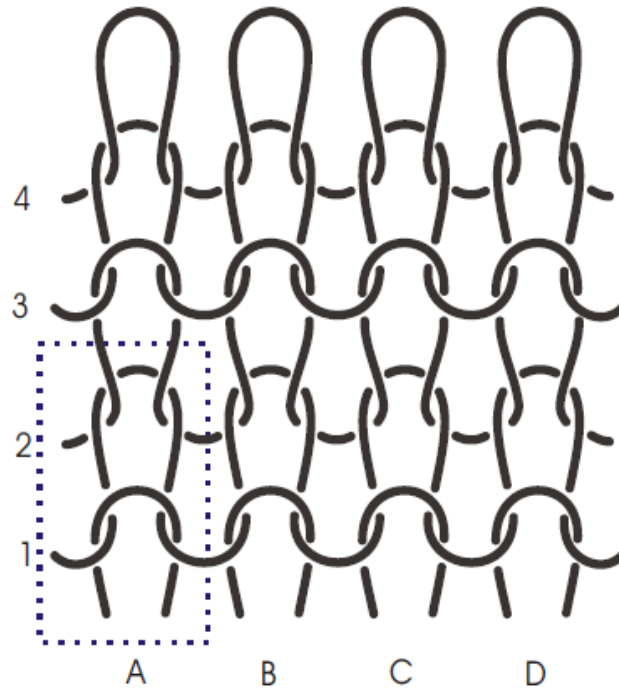
razlikovati prema prepletu. Svi pregledani uzorci za analizu izrađeni su u kulirnom pletivu koje izgleda kako je navedeno na slikama.



Sl. 2. Kulirni desno – lijevi glatki preplet



Sl. 3. Kulirni desno – desni glatki preplet



Sl. 4. Kulirni lijevo– lijevi glatki preplet

## 2.2 Svojstva materijala sportske odjeće

Za izradu sportske odjeće najčešće se koriste pletiva zbog dobre propusnosti vodene pare, zraka, toplinske vodljivosti i kontroliranja vlagom, ali i zbog bolje elastičnosti i rastezljivosti u usporedbi s tkanim materijalima. Sintetički materijali se općenito smatraju boljim odabirom za sportsku odjeću nego prirodni materijali jer pružaju termoregulaciju i kontrolu vlage, ali i regulaciju tjelesne temperature. Poliester (PES) najčešće se koristi zbog dimenzijske stabilnosti vlakana, izdržljivosti, jednostavnosti za njegu i otpornosti na gužvanje i mrlje [3]. Termoplastični poliesteri imaju slična svojstva kao PA 6 i PA 6.6, ali imaju manju sposobnost apsorpcije vode i veću dimenzijsku stabilnost od poliamida [4]

Prilikom istraživanja učinka hlađenja pletiva simuliranim uvjetima znojenja, otkriveno je da najveći učinak hlađenja imaju materijali izrađeni od PES-a koji provode vlagu duž materijala. Kad su u strukturi bila prisutna poliamidna ili pamučna vlakna učinak hlađenja je bio manji [5]. Toplinski otpor, propusnost zraka i vodene pare proučavani su kod različitih komercijalno dostupnih poliesterskih pređa. Pletiva s najvećim vrijednostima toplinskog otpora i najmanjim kapacitetom apsorpcije i protoka topline su one koje imaju veću količinu

zraka u svojoj strukturi te je to usporilo proces prijenosa topline [6]. Prijenos vodene pare kod pletenina različitih debljina, gustoća, poroznosti i svojstava presjeka vlakna proučavano je primjenom metode uspravne čaše i pomoću aparata Vruća Ploča [engl. sweating guarded hot plate] [7]. Primarni kriterij za dizajn materijala visoke performanse i prijenosa vodene pare je tanka i otvorena struktura [3].

Važna svojstva materijala za sportsku odjeću su čvrstoća ili sposobnost pružanja otpora prilikom djelovanja sile, gustoća ili količnik mase i obujma, produljenje i prekidno produljenje ili sposobnost duljinske deformacije tijela prilikom povlačenja ili rastezanja, odnos prema temperaturi i otpornost na kiseline i lužine. Kod odnosa prema temperaturi bitno je napomenuti da su vlakna i materijali biljnog i životinjskog porijekla lako zapaljivi. LOI indeks daje informaciju o minimalnoj koncentraciji kisika prilikom izgaranja polimera i izražen je u postotku. Postoji temperatura spontanog paljenja – najniža temperatura gdje vlakna bez vanjskog utjecaja planu i temperatura plamišta – najniža temperatura kad vlakna prsnu u plamen prilikom djelovanja vanjskog utjecaja poput kontrolnog svijetla. Na gorenje umjetnih vlakna i materijala mogu utjecati struktura te izgled površine, dok se materijali koji gore tek na temperaturi višoj od 500 ° C nazivaju HT – vlakna [1]. Važno svojstvo predstavlja i otpornost na vanjske utjecaje poput kemikalija, plinova i vremenskih prilika. Najbolji primjer je kupaći kostim plivača koji je izložen kloru bazena i suncu ako se radi o vanjskom bazenu. Neki od primjera su i gornji sloj sportske odjeće biciklista koji je također izložen suncu ili blatu ako se radi o brdskoj vožnji ili vozaču motora čije odijelo mora biti otporno na trenje između ceste i materijala odjeće prilikom ulaska u zavoj na utrci. Sportska odjeća mora biti otporna na mehanička opterećenja, UV zračenje, vlažnost, prašinu i sl. Inače sve navedeno utječe na duljinu trajanja kvalitete sportskog proizvoda pa se pojavljuju oštećenja u boji, promjene dimenzije i deformacija, ne upijanje vlage. Tako je otpornost na kemikalije kao što su kiseline i lužine vrlo važno svojstvo umjetnih materijala jer prirodna ne ispunjavaju te uvjete dovoljno. Neki od najpoznatijih umjetnih materijala dobivenih od sintetičkih i prirodnih polimera sa svojim trgovačkim imenima su: Fieldsensor, Coolpass, Triactor, Tactel, Tactel Micro, Supplex Micro, Hydrofil, Meryl Satine, Meryl Microfibre, Meryl Next, Tencel. Svim navedenim materijalima zajedničko je da dobro upijaju znoj, prozračni su, imaju veoma dobru regulaciju vlage, a neki i temperature tijela, brzo se suše te su ugodni u kontaktu s kožom [8].

### 2.2.1 Pamuk

Pamučna vlakna su prirodna vlakna, biljnog porijekla koja se dobivaju iz sjemena biljke *Gossypium* koja čini jednu trećinu svjetske proizvodnje tekstilnih vlakana na svijetu. Vlakno sadrži celulozu u postotku od 90% - 95%, ona je linearni polimer glukoze koji ima kovalentnu vezu i stupanj polimerizacije može biti do 10 000 [8]. Svojstva pamuka ovise o geografskom prostoru na kojem je biljka rasla kao i uvjetima koji su joj tada pruženi. Duljina vlakna dobivena iz sjemena kreće se od 3 – 63 mm, ali vlakna kraća od 12 mm nisu prikladna za proces pređenja i nemaju komercijalnu vrijednost u tekstilnoj industriji. Čvrstoća pamučnog vlakna ovisi o vrsti biljke i nalazi se u rasponu od 25 – 45 cN/tex, a gustoća od 1.50 – 1,55 g/cm<sup>3</sup> [9]. Prekidno produljenje je 6 – 10%. Temperatura plamišta je 288° C, a spontanog zapaljenja 350° C. Nije otporan na kiseline ako nije tretirano određenim premazom, dok slabe lužine ne utječu na isti. Kroz godine korištenje pamučnog vlakna u proizvodnji sportske odjeće se smanjilo. Razlog je što ovo vlakno apsorbira i zadržava veliku količinu vlage, a vlažan ili mokar pamučni materijal u doticaju s kožom postaje ljepljiv, težak i neugodan u doticaju s kožom te može utjecati na sportsku izvedbu pojedinca. Rješenje se pronašlo u kombinaciji pamučnog vlakna u većini s nekim sintetičkim, ali i vodootpornim premazima koji smanjuju nakupljanje vlage unutar vlakna.

### 2.2.2 Vuna – Merino vuna

Vuna je prirodni materijal životinjskog porijekla (keratinska) koja se dobiva striženjem dlake ovaca. Merino se dobiva od dlake merino ovce koja za razliku od nizinske ovce bolje podnosi vrućinu i topla ljeta, ali i hladne planinske zime Novog Zelanda, Australije odakle i potječe. Ono je fino, meko, kovrčavo i najkvalitetnije vlakno vune. Sadrži lanolin, prirodnu mast koju koža ovce izlučuje, djeluje protiv neugodnih mirisa, antibakterijska je i nealergen te je otporan na vatru. Ova vrsta vune osim za džempere i kapute koristi se za izradu tankih i uskih slojeva sportske odjeće za trčanje i u biciklizmu. Vlakno je hidrofilno i ima iznimna upijajuća svojstva u unutrašnjosti dok površina odbija vodu, brzo se suši i ima sustav održavanja termoregulacije u različitim klimatskim uvjetima. Vuna ima slabu čvrstoću oko 20 – 50 cN/tex, ali dobru izdržljivost ili mogućnost produljenja u mokrom stanju do 30%, a u suhom do 50% dok gustoća iznosi 1,32 g/cm<sup>3</sup>. Duljina vlakna vune obične ovce kreće se od 35 mm do 350 mm, a kod Merino ovce 60 mm do 110 mm. Temperatura plamišta iznosi 224° C, a spontanog zapaljenja 570° C. Vuna je dobro otporna na slabe kiseline, ali i na niske temperature, jako nisku otpornost ima na lužine [1].

### 2.2.3 Poliester – PES

Sportska odjeća najčešće se izrađuje od poliesterskih pletiva. Poliesterska (PES) vlakna su umjetna vlakna izrađena od sintetičkih polimera, sastoje se od linearnih poliesterskih makromolekula u kojem maseni udio diolnih estera i tereftalnih kiselina iznosi najmanje 85% [10]. Poliesterska vlakna uglavnom su proizvedena od poli (etilentereftalata) (PET) koji je dobiven polikondenzacijom tereftalne kiseline ili dimetil tereftalat s 1,2-etandiolom. Vlakna su proizvedena kao filamenti, velike duljine procesom kemijskog ispredanja iz taline pri brzini od 1000 do 7000 m/min [9]. Gustoća vlakna PES vlakna iznosi 1,36 – 1,41 g/cm<sup>3</sup>, čvrstoća 25 – 95 cN/tex, a prekidno produljenje 25 - 55%. Poliesterska vlakna imaju mnoštvo mehaničkih svojstva koja se mogu prilagoditi namjeni. Temperatura plamišta je 372° C, a spontanog zapaljenja 485° C dok točka taljenja iznosi 260° C . Karakterizira ih niska sposobnost upijanja vlage i mogućnost akumuliranja elektrostatickog naboja na površini, otporna su na kiseline, lužine i organska otapala no u velikim koncentracijama se mogu oštetiti. Također ovo vlakno okarakterizirano je kao najujednačeniji od svih sintetičkih. Obzirom da se radi o vlaknu umjetnog porijekla njegov presjek može biti različitih oblika ovisno o mlaznicama prilikom istiskivanja polimera. Takvi presjeci mogu poboljšati njegova svojstva poput prijenosa vlage, povećane otpornosti na ljuštenje, toplinu, sjaj i sl. [11].

### 2.2.4 Poliamid – PA

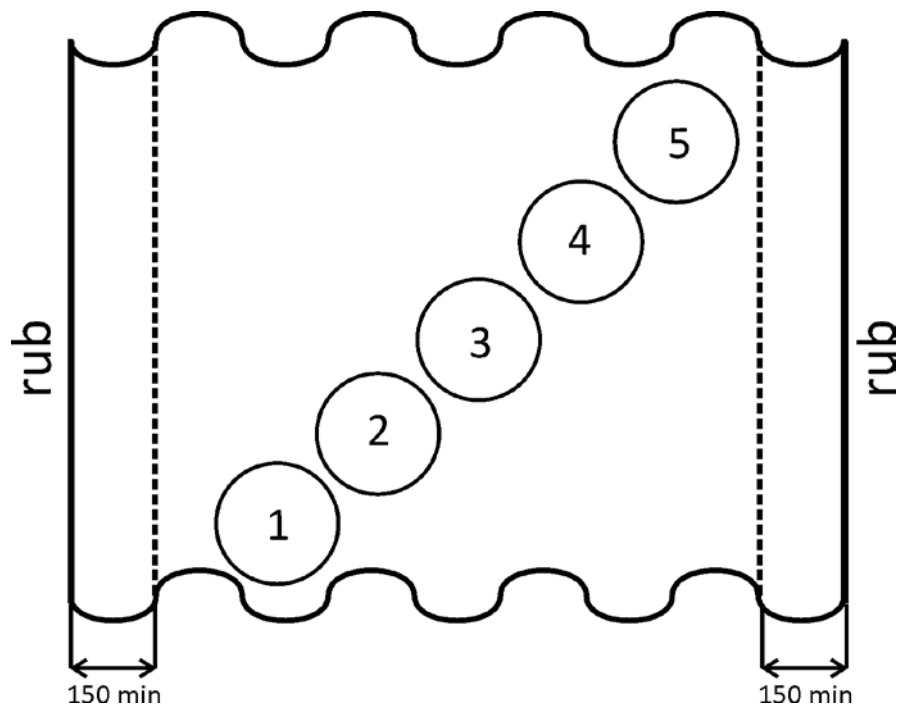
Poliamid je vlakno umjetnog porijekla, dobiven iz sintetičkih polimera koji je sastavljen od linearnih makromolekula u kojima je minimalno 85% amidnih skupina (-CO-NH-) povezanih s alifatskim i aliciklički segmentima [12]. Dobiveni su pređenjem taline poliamidnog polimera, a najpoznatija vlakna su polikaprolaktam (PA 6) i poliheksametilen adipamida (PA 6.6). Najpoznatija trgovačka imena su: PA 6.6 Nylon, Perlon (PA 6) poznat kao NylonTactel, Toyobo Nylon (PA 6). Temperatura taljenja PA 6 (215 - 220 ° C) je niža od PA 6.6 (255 – 265 ° C), tako temperatura plamišta iznosi 354° C, a spontanog zapaljenja 425° C. Svojstva koje će poliamidno vlakno imati ovisi o uvjetima u koji je ispredeno (brzini ispredanja, omjer istezanja vlakna, temperatura), ali radi se o čvrstom, izdržljivom elastičnom vlaknu. Čvrstoća i produljenje iznosi za PA 6 29 cN/tex (46 %), a PA 6.6 37 cN/tex – 66 cN/tex (16% – 43%). Gustoća vlakna za Pa 6.6 i PA 6 je od 1.137 g/cm<sup>3</sup> – 1.145 g/cm<sup>3</sup> [13]. Poliamid lošije upija vlagu iz zraka od PES-a, pa tako i loše upija i znoj. Slabe kiseline na niskim temperaturama ne utječu na svojstva poliamida, te je jako otporan na lužine.

### **2.2.5 Elastan -EL**

Elastansko vlakno je umjetnog porijekla i karakterizira ga velika mogućnost produljenja i visoka sposobnost oporavka i vraćanje u prvobitan oblik nakon djelovanja sile odnosno istežanja. Vlakna se mogu produljiti tri puta za početnu duljinu. Najvažniji su elastansko (EL) (Lycra i Spandex) i elastodiensko vlakno (ED). Ova vlakna izgrađena su od minimalno 85% poliuretana koji se sastoji od alifatskih poliestera ili polietera u mekim područjima i poliuretana u tvrdih dijelova. Prekidno produljenje je oko 400 - 700% s oporavkom i povratkom u prvobitno stanje od 95% [8]. Gustoća iznosi 1.1 – 1.3 g/cm<sup>3</sup>, a čvrstoća 5 – 70 cN/tex. Njegova otpornost na kiseline je umjerena, a na lužine dovoljna. Rijetko i skoro nikad se koristi samostalno, uglavnom je u kombinaciji s nekim drugim mješavinama i to omogućava veće prijanjanje i elastičnost odjeće uz tijelo prilikom fizičke aktivnosti.

### **2.3 Debljina pletiva**

Debljina pletiva je okomita udaljenost između dvije referentne ploče koje vrše pritisak od 1 kPa ili manji na tekstiliju [14]. Vrlo važan je parametar jer određuje krutost i način na koji će se ista ponašati i prilagoditi potrebama. Debljina može određivati i toplinu pletiva te utječe na propusnost zraka i apsorpciju vlage. Ima veliki utjecaj na otpornost habanja, što je veća debljina veća je i otpornost. Kod pletiva pređe imaju mnogo veći promjer od onih za tkanje, zato su pletiva puno deblja od tkanih materijala, postoje iznimke kod tkanina koje su tkane složenim vezovima jer ima je gustoća pređe veća [15].



Sl. 5. Položaj ispitanih uzoraka [14]



### 3. EKSPERIMENTALNI DIO

U eksperimentalnom dijelu ovog rada analizirano je trinaest uzoraka pletiva. Uzorci su označeni dvjema oznakama - „F“, koja se odnosi na uzorke koji se koriste za izradu nogometnih dresova i „I“ koja označava uzorke pletiva za izradu odjeće za slobodno vrijeme. Sirovinski sastav ovih uzoraka razlikuje se između skupina F i I. U svrhu ovog istraživanja ispitani su uzorci I1, I2, I3, I4, F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8, F9. Analiza pletiva uključuje: određivanje temeljnih strukturnih parametara pletiva - vertikalne gustoće očica (Dv) i horizontalne gustoće očica (Dh), mjerenje površinske mase, mjerenje debljine pletiva i mjerenje kompresibilnosti pletiva. Potom je provedena statistička obrada gdje je računana srednja vrijednost, standardna devijacija, koeficijent varijacija, granična pogreška.

#### 3.1. Odabrani uzorci za ispitivanje

Za potrebe ispitivanja odabrano je 13 uzoraka čiji se sirovinski sastav razlikuje između skupina F i I. Uzorci su uglavnom izrađeni od poliestera (PES) ili su kombinirani s elastanskim vlaknom u manjem postotku (EL) kod skupine materijala koji se koriste za izradu nogometnih dresova. Kod skupine uzoraka pletiva za izradu odjeće za slobodno vrijeme sirovinski sastav sastavljen je od viskoze, pamuka, modalnog vlakna u kombinaciji s elastanom.

**Tab. 1.** Pregled odabranih uzoraka

R. br.	Karakteristike uzorka	
	Oznaka	Sirovinski sastav
1.	I <sub>1</sub>	93% viskoza, 7% elasthan
2.	I <sub>2</sub>	90% pamuk, 10% elasthan
3.	I <sub>3</sub>	89% modal, 11% elasthan
4.	I <sub>4</sub>	91% pamuk, 9% elasthan
5.	F <sub>1</sub>	100% poliester
6.	F <sub>2</sub>	100% poliester
7.	F <sub>3</sub>	100% poliester
8.	F <sub>4</sub>	100% poliester
9.	F <sub>5</sub>	100% poliester
10.	F <sub>6</sub>	100% poliester
11.	F <sub>7</sub>	100% poliester
12.	F <sub>8</sub>	100% poliester
13.	F <sub>9</sub>	91% poliester, 9% elasthan

### 3.2. Određivanje prepleta

Za potrebe određivanja prepleta, korišten je digitalni mikroskop Dino-Lite pro. Mikroskop je potrebno spojiti USB kabelom na računalo i programom Dino capture 2.0 moguće je vidjeti uvećan detaljni prikaz uzorka na monitoru. Uzorak je bilo potrebno postaviti na ravnu plohu te vrh digitalnog mikroskopa nasloniti okomito na materijal, a s gumbom za skaliranje moguće je rotirati sliku i uz pomoć drugog gumba fotografirati dobiveni rezultat.



Sl. 6. Dino-lite pro digitalni mikroskop [16]

Ovaj uređaj korišten je kako bi se odredio točan preplet svakog pletiva. Pletivo je tekstilna plošna tvorevina sastavljena od očica, može se izrađivati samo s jednim sustavom niti. Prvo se oblikuje jedna očica do druge, a potom jedna iznad druge [17]. Postoje dvije osnovne podjele pletiva: kulirno i osnovino ili lančano pletivo. Kad se niti dovode do igle u vodoravnom položaju, a potom se ista savija valovito "kulira" i međusobnim povezivanjem tako savijenih niti nastaje kulirno pletivo. Ako se sve niti zajedno puste u pogon te istovremeno omataju oko pletećih igala, gdje je osnova nasnovana na osnovino vratilo dobije se lančano pletivo [17]. Isto tako razlikujemo desno-lijeva, desno-desna i lijevo lijeva pletiva. Desno-lijeva nazivaju se jer se na licu vide desne očice, a na naličju lijeve. Desno-desna pletiva su ona gdje se izmjenjuju desna i lijeva očica međutim na obje strane vidljive su samo desne očice koje prekrivaju lijeve. Kod lijevo-lijevog pletiva izmjenjuju se lijeve i desne očice, ali su ona obje strane vidljive samo lijeve.

Zahvatno pletivo je ono kod kojeg se poluočica unosi u kukicu igle i na taj način se na tom mjestu nađu dvije niti i oblikuju zahvatnu ili dvostruku očicu koja poveže sva susjedna reda očica. Platirna pletiva su masivnija jer se mogu koristiti dvije ili više niti koje se upliću u

jedan red i različitih su sirovinskih sastava. Kod glatkog prepleta sve niti od kojih se izrađuju očice moraju biti istog sirovinskog sastava. Interlok pletiva spadaju u posebnu skupinu DD pletiva, razlika je što su nizovi očica kod ove vrste jedan iz drugog pa je potrebno posebno vođenje igala i niti kojom se pleće. Prilikom oblikovanja očica niti se križaju nasuprotnim iglama stoga se ova pletiva nazivaju i dvostruko križna pletiva [17].

### 3.3 Mjerenje gustoće pletiva

Analiza uzoraka prilikom mjerenja gustoće započela je na način da je uzorku odnosno pletivu bilo potrebno odrediti lice i naličje te smjer niza i redova očica. Nakon utvrđenog smjera tekstilna lupa u ovom slučaju 2 cm x 2 cm (koristi se i 1 cm x 1 cm) postavila se na ravni dio uzorka bez ikakvog oštećenja.

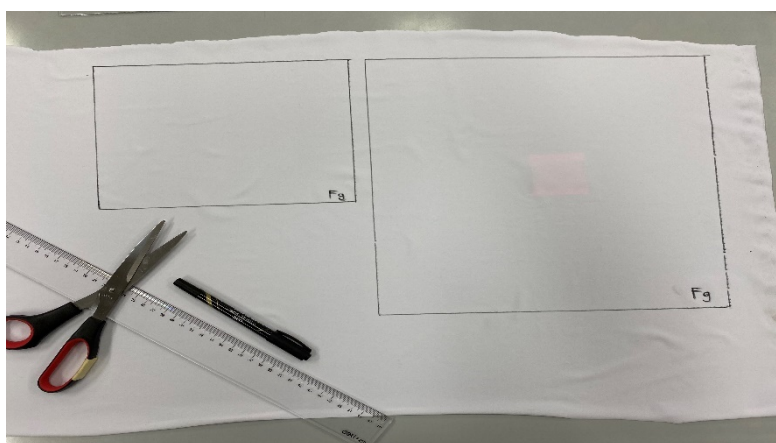


Sl. 7. Tekstilna lupa

Broje se očice u redu i nizu svakog od trinaest pletiva na pet različitih mjesta jednog uzorka. Pri tome je napravljeno 130 mjerenja, 65 po redu i 65 po nizu. Po završetku analize podaci se statistički obrađuju u programu Excel na način da je bilo potrebno izračunati srednju vrijednost-x, standardnu devijaciju-s, koeficijent varijacije-CV kako bi dobili graničnu pogrešku. Prije same obrade podataka bilo je potrebno podijeliti dobivene rezultate s brojem 2 kako bi dobili broj očica po centimetru (br. oč./cm).

### 3.4 Mjerenje površinske mase

Za potrebe ispitivanja površinske mase koju je najlakše objasniti kao masu kvadratnog metra izražene u gramima ( $\text{g/m}^2$ ), bilo je potrebno pripremiti po dva uzorka od svih trinaest na kojima se analiza vrši. Prvi uzorak bilo je potrebno izmjeriti ravnalom na ravnoj plohi u dimenzijama 17 cm x 22 cm te ga potom odrezati škarama dok je drugi veličine 30 cm x 30 cm. Na ovaj način dobiveno je 26 uzoraka, 13 prve i 13 druge veličine. Cilj je usporediti setove rezultata površinske mase različitih dimenzija uzorka.



Sl. 8. Priprema uzorka za mjerenje površinske mase

Nakon dobivenog broja potrebnih uzoraka, svakog je posebno trebalo izmjeriti na analitičkog vagi. Ovaj postupak odvija se tako da se na analitičkoj vagi stisne gumb ON/OFF kako bi se pokrenula, s desne strane nalazi se ručica gdje se otvara vaga te u nju postavlja plastična čašica. Potom se vaga zatvori i stisne gumb TARE. Kad se na digitalnom brojčaniku vage prikažu nule, spremna je za korištenje. Ponovo se otvara vaga i u plastičnu čašicu se postavlja prethodno složeni uzorak, povuče se ručka na desnoj strani i vaga se zatvori. Na digitalnom brojčaniku prikaže se broj koji označava masu uzorka ( $m_u$ ) koja je izražena u gramima (g).



a)

b)

Sl. 9. a) Analitička vaga, b) Mjerenje uzorka na analitičkoj vagi

Prije statističke analize osim mjerenja mase uzorka ( $m_u$ ), potrebno je izračunati površinu uzorka kako bi se dobila površinska masa ( $m$ ).

$$m = \frac{m_u \cdot 10000}{P}$$

Sl. 10. Formula za određivanje površinske mase

**Primjer 1.** Izračun površinske mase

1) Dimenzije uzorka: 17 cm x 22 cm

širina = 22 cm

visina = 17 cm

$P = \text{š} \cdot \text{v} = 22 \text{ cm} \cdot 17 \text{ cm} = 374 \text{ cm}^2$

$m_u = 6,0992 \text{ g}$

$m = (m_u \cdot 10000) / P = (6,0992 \text{ g} \cdot 10000) / 374 \text{ cm}^2 = 163,075 \text{ g/m}^2$

2) 30 cm x 30 cm

širina = 30 cm

visina = 30 cm

$$P = \text{š} \cdot \text{v} = 30 \text{ cm} \cdot 30 \text{ cm} = 900 \text{ cm}^2$$

$$m_u = 14,4865 \text{ g}$$

$$m = (m_u \cdot 10000) / P = (14,4865 \text{ g} \cdot 10000) / 900 \text{ cm}^2 = 160,961 \text{ g/m}^2$$

Kako je prikazano u primjeru širinu - š i visinu - v potrebno je pomnožiti kako bi se dobila površina uzorka. Iz toga slijedi masa uzorka-  $m_u$  koja je dobivena mjerenjem na analitičkoj vagi. Uz navedenu formulu dobivena je površinska masa nakon čega je slijedila daljnja statistička obrada. Potrebno je bilo izračunati srednju vrijednost -  $\bar{x}$ , standardnu devijaciju -  $s$  i koeficijent varijacije - CV kako bi došli do granične pogreške te spoznali koliko nam rezultati za svaki uzorak odstupaju.

### 3.5 Mjerenje debljine pletiva

Ispitivanje debljine provodi se na uređaju Hess MBV GmbH koji ima raspon mjerenja od 0 do 10 mm (digitalno skaliranje 0,01 mm), uz moguća tlačna podnožja od 0,785 cm<sup>2</sup>, 25 cm<sup>2</sup> i 20 cm<sup>2</sup> i dodatnim utezima od 102,0 g, 183,6 g i 372,6 g tlaka 0,1 kPa, 0,5 kPa, 1,0 kPa i 49,1 kPa [18]. Uređaj se postavi na ravnu i čvrstu plohu. Sastavljen je od dviju metalnih pločica, gornja se nalazi pod pritiskom i naziva se pritiskivač, potom se tekstilija djelovanjem opterećenja stlači i na taj način se dobije debljina pletiva. Rezultat direktno ovisi o pritisku koji za vrijeme ispitivanja djeluje na materijal, potrebno je navesti isti jer ovisno o vrsti materijala koji se ispituje, on iznosi: za ravna pletiva 5 kPa/cm<sup>2</sup>, a za čupavljena 0,5 kPa/cm<sup>2</sup>. Uzorak mora biti minimalno 50 mm veći od pritiskivača te bi trebali biti pohranjeni i ispitani u standardnim atmosferskim uvjetima za testiranje tekstila prema ISO 139 (vlažnost: 65 % ± 2 % , a temperatura – 20° C ± 2° C ili 68° C ± 4° C). Kod ispitivanja debljine pletiva ravni površina na postolje aparata stavlja se okrugla metalna pločica koja je označena s 10 qcm (P = cca 10 cm<sup>2</sup>), postavlja se uzorak za ispitivanje koji na sebi ne smije imati nikakva oštećenja ili neravnine. Poluga se desne strane uređaja spušta se na uzorak bez opterećenja. Zatim se poluga podiže prema gore kako bi se gornja metalna pločica odigla od uzorka. Na gornjem dijelu uređaja postavlja se uteg te se poluga povlači kako bi pritiskivač djelovao opterećenjem na uzorak, te se na digitalnom brojačniku prikaže rezultat kroz nekoliko sekundi. Postupak je potrebno ponoviti na minimalno pet različitih mjesta istog uzorka s tim

da se upisuje i pritisak dobiven pri  $0,5 \text{ kPa/cm}^2$ . Potom slijedi statistička obrada. Kod ispitivanja debljine čupavljenih pletiva, postupak se vrši na jednak način kao i kod mjerenja debljine ravnih površina, razliku čini što se na postolje aparata postavlja okrugla metalna pločica oznake 25 qcm ( $P = \text{cca } 25 \text{ cm}^2$ ), a uz rezultate se upisuje i rezultat dobiven prilikom mjerenja s  $0,5 \text{ kPa/cm}^2$ .



**Sl. 11.** Debljinomjer Hess MBV GmbH

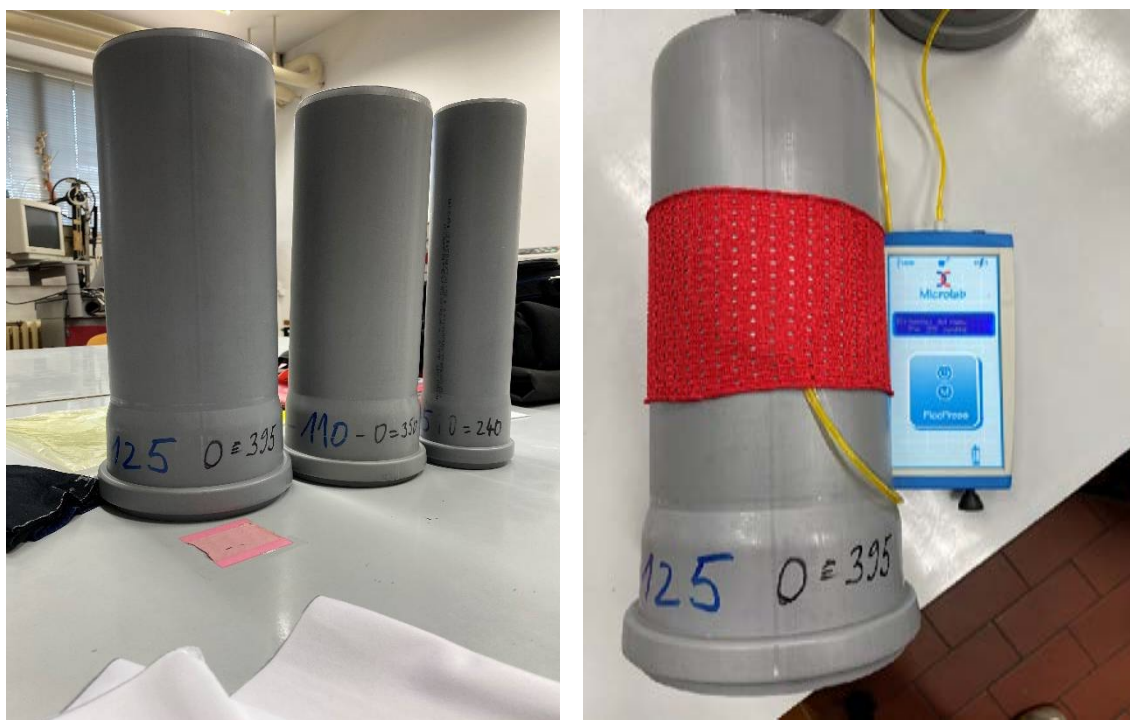
Svaki od uzoraka bilo je potrebno izmjeriti s četiri različite vrste opterećenje ( $0,1 \text{ kPa}$ ,  $0,5 \text{ kPa}$ ,  $1,0 \text{ kPa}$  i  $49,1 \text{ kPa}$ ) na pet različitim mjestima pletiva na ravnoj plohi bez gužvanja. Ispitivanje se izvodi na način da se dio materijala stavi na ravnu okruglu plohu aparata, poluga s desne strane se povuče prema osobi koji vrši analizu te se sklopka s gornjom pločicom spusti na uzorak kako bi se mjerna skala namjestila na 0 i pripremila stroj za mjerenje. Potom se ručka povuče u suprotnom smjeru kako bi se sklopka s gornjom pločicom za opterećenje podigla. Na vrh aparata u ležištu postavi se uteg sa zadanim opterećenjem te se ručka ponovno povuče prema osobi koja izvodi analizu kako bi se sklopka s gornjom pločicom sa zadanim opterećenjem spustila na uzorak te očitala debljinu materijala koja se pojavi na digitalnom brojčaniku s prednje strane aparata prikazana u milimetrima (mm). Izvršeno je 260 mjerenja, za svaki uzorak 20 s četiri različita utega na pet različitim mjestima tog pletiva. Nakon što su uzorci obrađeni na aparatu, uslijedila je statistička obrada gdje je iz pet

dobivenih brojeva izračunata aritmetička sredina-x, standardna devijacija-s te koeficijent varijacije-CV. Iz tih podataka dobivena je granična greška koja je ukazala na najveću i najmanju debljinu i odstupanje od rezultata dobivenih uzoraka za ispitivanje.

### **3.6. Mjerenje kompresibilnosti pletiva**

Kompresibilnost je važno svojstvo pletiva. Naime, odgovarajući i stabilan pritisak odnosno tlak, ključan je za kompresijske odjevne predmete. Mogućnost odjevnog predmeta da se proširi i njegov elastični oporavak važne su karakteristike jer isti na ljudsko tijelo vrši stalan pritisak. Neodgovarajuća kompresija kod takve vrste odjevnih predmeta može utjecati na energiju, učinkovitost izvedbe i zdravlje pojedinca. Isto tako nedovoljan pritisak može utjecati na učinkovitost, a preveliki pritisak uzrokovat će neugodnost prilikom nošenja, ali poneke poteškoće. Kod osobe koja se bavi dizanjem utega veliku važnost mogu imati kompresijske tajice ili grudnjak koji će omogućiti lakšu izvedbu na način da tkanina tlači mišiće unutar ograničenog prostora te se energija vrši na podizanje opterećenja. Ako su tajice preslabe i kompresibilnost pletiva je vrlo mala, izvedba će biti nešto teža jer tijelo nema nikakvu potporu na koju se može osloniti, isto tako ako je ona prevelika kretanje unutar takvog odjevnog predmeta predstavlja problem jer može doći i do ponekih zdravstvenih komplikacija. Ova vrsta analize provodila se kako bi se uvidjelo koje pletivo ima veću kompresibilnost pod određenim tlakom. Ispitivanje se provodilo na tri cilindra različitih opsega; 240 mm, 350 mm i 395 mm.





a) b)

**Sl. 12.** a) Cilindri na kojima se provodilo mjerenje kompresibilnosti, b) mjerenje pletiva uređajem Pico Press Microlab

Ukupno je provedeno 42 mjerenja na 14 uzoraka, za svaki uzorak po tri mjerenja. U ovom ispitivanju bilo je moguće uzorak F3 odvojiti na gornji i donji sloj pletiva, gdje se dobio još jedan uzorak. Prije izvođenja ispitivanja bilo je potrebno izrezati uzorke materijala. To se izvelo na način da se ravnalom označila dimenzija pletiva na ravnoj plohi, te se škarama odrezao uzorak. Potom su uzorci prošiveni strojem za šivanje na jednoj strani kako bi se dobile cjevaste strukture veličine 10 cm x 17 cm koji bi se mogli navući na cilindre različitih opsega. Ispitivanje stvarnog pritiska koji odjeća, pletivo vrši na korisnika se provodilo na uređaju Pico Press Microlab. To je senzoru tlaka, te održava statičke i dinamičke uvjete. Sastoji se od manometra, sonde te kružnog plastičnog senzora koji se stavlja između materijala i cilindra. Vrlo je jednostavan za uporabu i ne zahtijeva kalibraciju prije uporabe. Analiza se provela tako da je svaki uzorak zasebno postavljen na cilindar te je pod pletivo, između ispitivača i uzorka stavljen senzor za očitavanje kompresibilnosti. Na uređaju se pritisne gumb za paljenje te se povuče crni klip s donje strane koji očitava kompresibilnost uzorka pletiva. Digitalni brojčanik prikaže rezultat izražen u milimetrima tlaka (mmHg). Uređaj je točan, precizan i mjeri stvarni tlak koji djeluje na korisnika.



SI. 13. Pico Press senzor ispod uzorka prilikom ispitivanja

### 3.7 Statistička analiza

Cilj statističke analize je dobiti graničnu pogrešku koja ukazuje na odstupanja prilikom mjerenja odabranih uzoraka. Prije računanja granične pogreške bilo je potrebno napraviti statističku obradu. Srednja vrijednost dobivena je na način da je odabran set podataka te je u programu Excel uz pomoć funkcije AVERAGE dobiven rezultat.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n x_i \right) = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

SI. 14. Formula za izračun srednje vrijednosti

Nakon dobivene srednje vrijednost-x, potrebno je bilo izračunati standardnu devijaciju. U programu Excel to se izvodi funkcijom STDEV pomoću odabranih i dobivenih podataka, prilikom računanja u statistici se za oznaku navedenog koristi omega ( $\sigma$ ), no prilikom izrade ovog rada korištena je oznaka "s".

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

**Sl. 15.** Formula za izračun standardne devijacije

Za potrebe istraživanja bilo je potrebno izračunati i koeficijent varijacije (CV) također u programu Excel uz korištenje formule:

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100$$

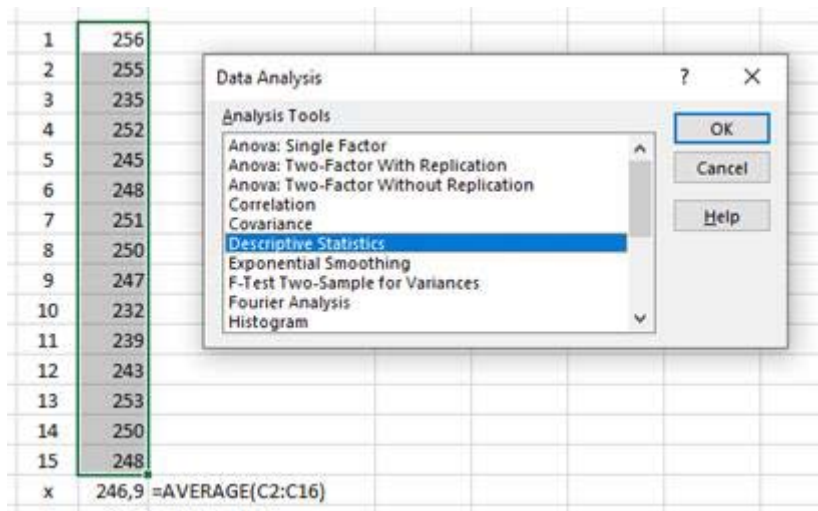
**Sl. 16.** Formula za izračun koeficijenta varijacije

Graničnu pogrešku bilo je potrebno izračunati u tri od pet provedenih analiza i to na sljedeći način. Nakon dobivenog seta podataka, u Excelu pod Data nalazi se element pod nazivom Data Analysis.



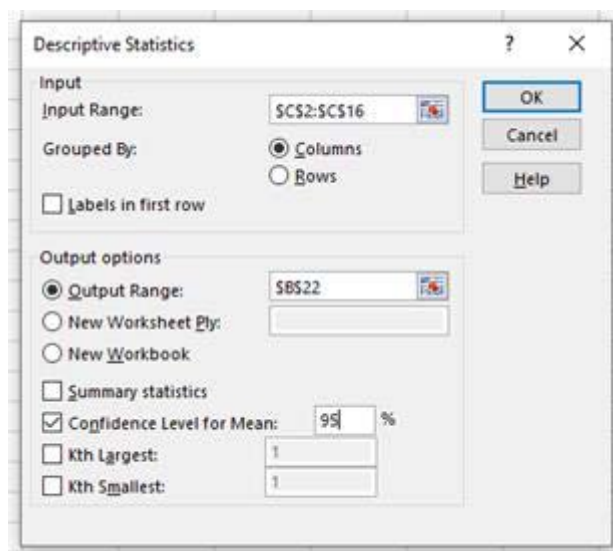
**Sl. 17.** Područje elementa Data Analysis u Excelu

Podaci se označe te se klikne na element Data Analysis pri čemu se otvori prozor:



Sl. 18. Prozor za odabir deskriptivne statistike

Odabere se mogućnost Descriptive Statistics i stisne se na gumb OK te se ponovo otvara prozor.



Sl. 19. Prozor za upis podatka prilikom dobivanja granične pogreške

Ovdje se pod Input Range odabiru podaci unutar ćelija za koje se računa granična pogreška, a pod Output Range odabire se jedna ćelija oko koje mora biti više praznih polja. Potom je potrebno kliknuti na Confidence Level for Mean te utipkati 95%, što znači da se računa pogreška s 5% signifikantnosti. Klikne se na OK. Prikaže se rezultat i to je dobivena granična pogreška.

15	248	
x	246,9	=AVERAGE(C2:C16)
$\Sigma$	3704	=SUM(C2:C16)
s	7,045	=STDEV(C2:C16)
CV	2,853	=(C19/C17)*100
<b>Column1</b>		
Confic	3,902	

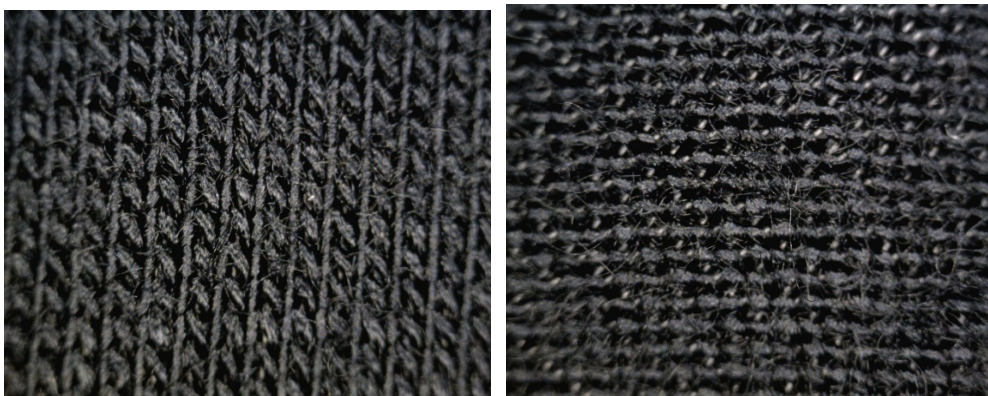
**Sl. 20.** Prikaz rezultata dobivene granične pogreške

U tablicu podataka upisuje se najviše četiri decimale rezultata. Ovaj broj ukazuje na to da je službena srednja vrijednost podataka iz gore navedenog primjera  $246,9 \pm 3,902$ . Nadalje ukazuje na to da je 95% odabranih podataka unutar dobivene granice od 3,902, te je samo 5% veće ili manje od dobivenog rezultata.

## 4. REZULTATI I RASPRAVA

### 4.1 Određivanje prepleta

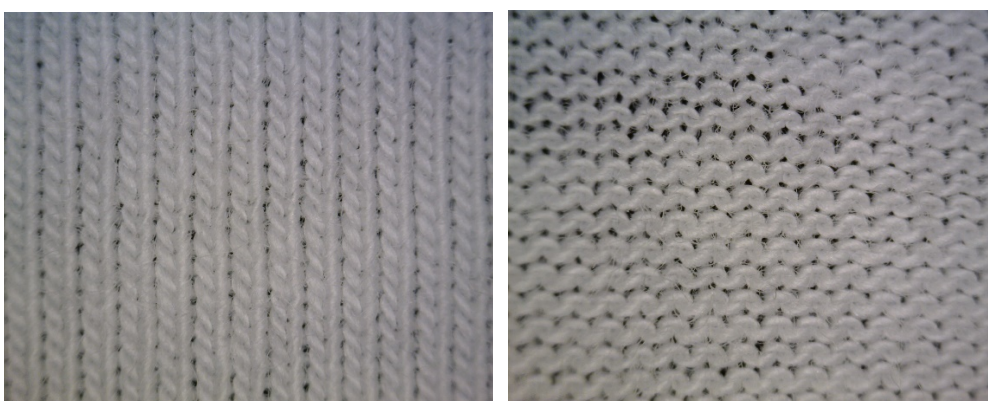
U nastavku su prikazane mikroskopske fotografije svih promatranih uzoraka pletiva. U tablici 2 su navedeni prepleti određeni temeljem mikroskopskih fotografija.



a)

b)

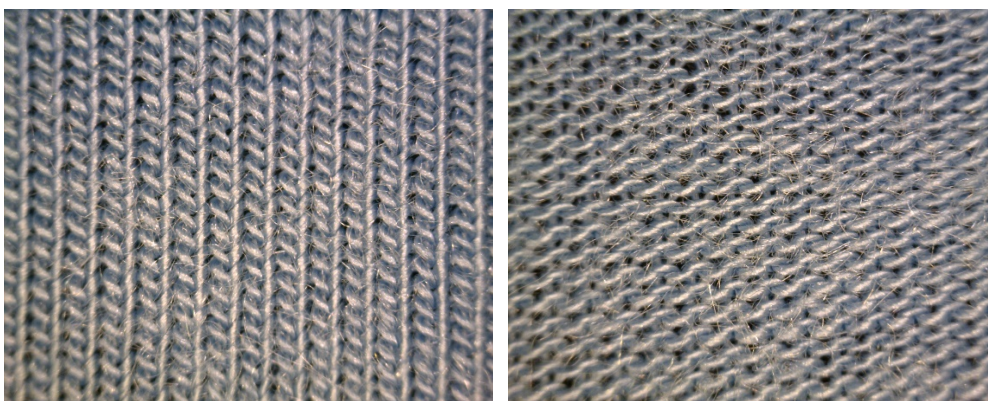
Sl. 21. Mikroskopska fotografija uzorka I1: a) lice, b) naličje



a)

b)

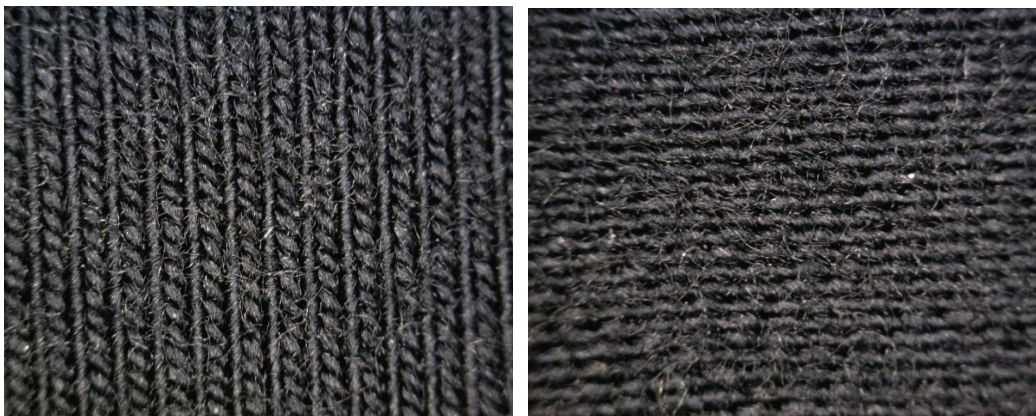
Sl. 22. Mikroskopska fotografija uzorka I2: a) lice, b) naličje



a)

b)

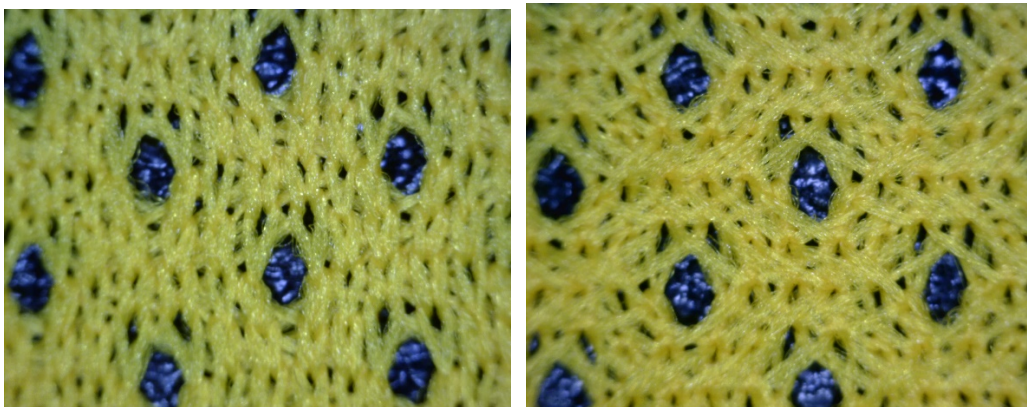
**Sl. 23.** Mikroskopska fotografija uzorka I3: a) lice, b) naličje



a)

b)

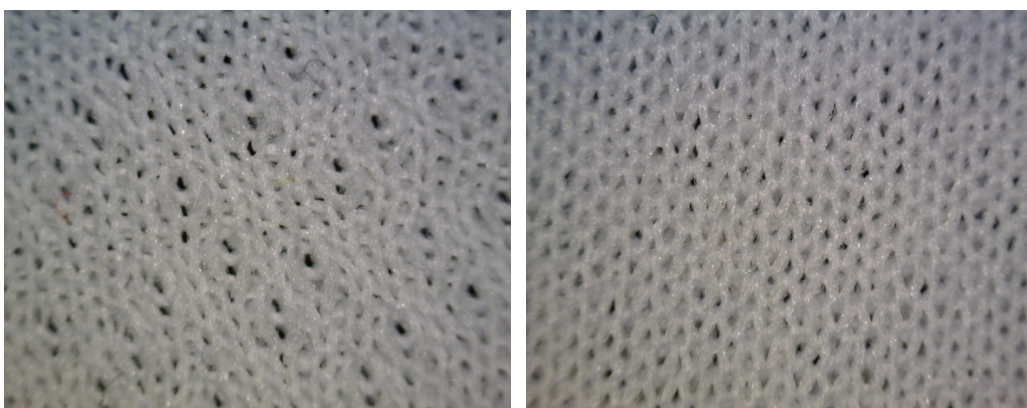
**Sl. 24.** Mikroskopska fotografija uzorka I4: a) lice, b) naličje



a)

b)

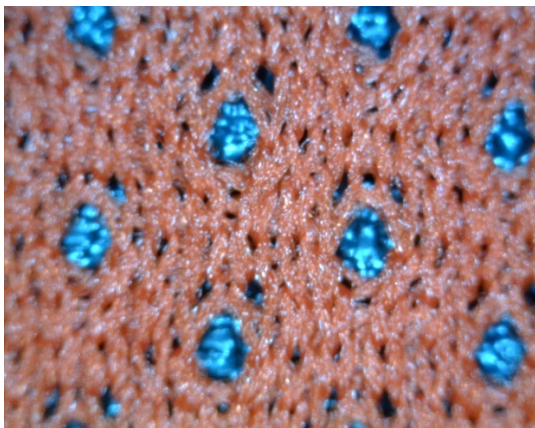
**Sl. 25.** Mikroskopska fotografija uzorka F1: a) lice, b) naličje



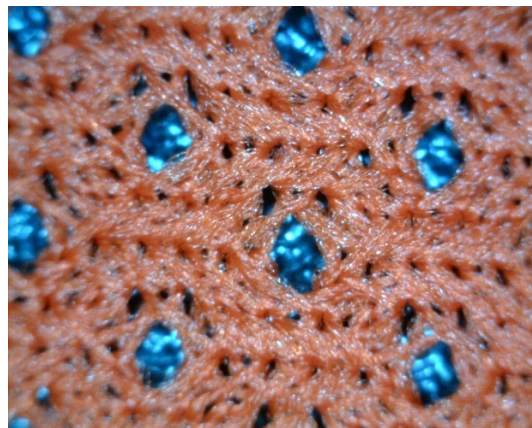
a)

b)

**Sl. 26.** Mikroskopska fotografija uzorka F2: a) lice, b) naličje



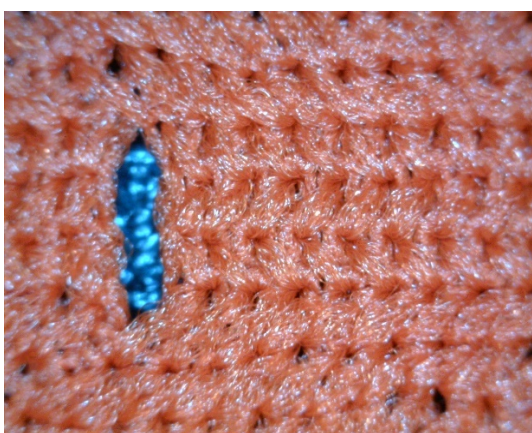
a)



b)

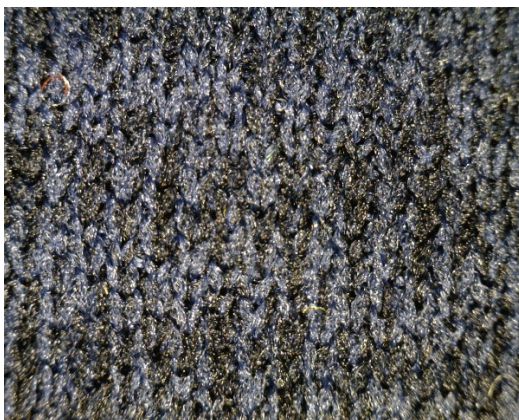


c)

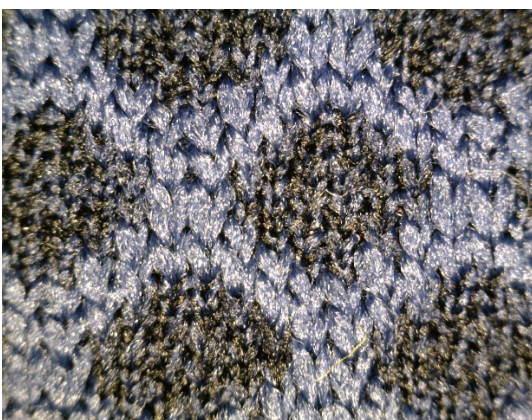


d)

**Sl. 27.** Mikroskopska fotografija uzorka F3: a) lice donji, b) naličje donji,  
c) lice gornji, d) naličje gornji



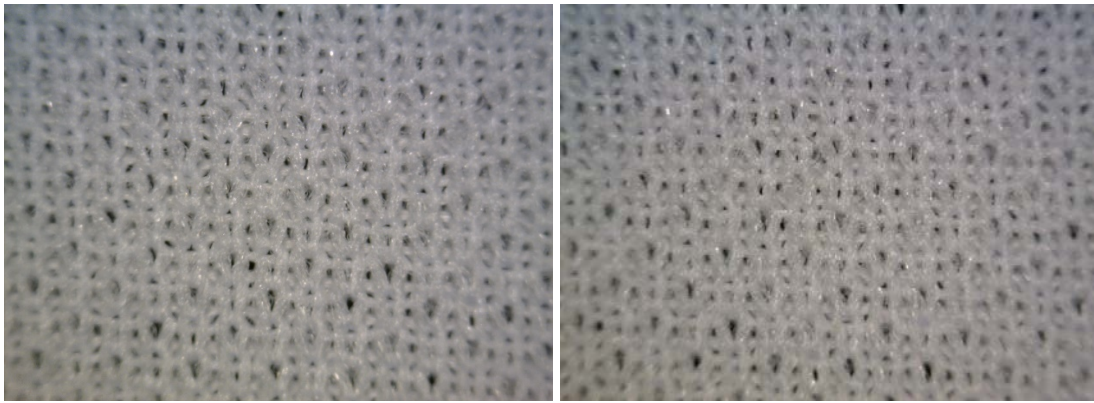
a)



b)

**Sl. 28.** Mikroskopska fotografija uzorka F4: a) lice, b) naličje

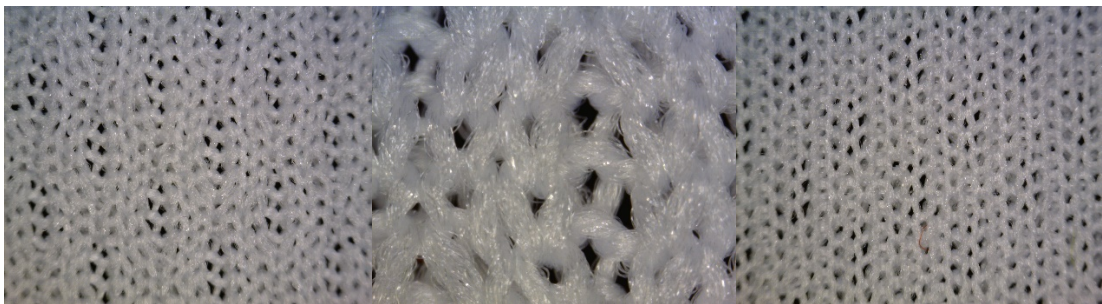




a)

b)

**Sl. 29.** Mikroskopska fotografija uzorka F5: a) lice, b) naličje

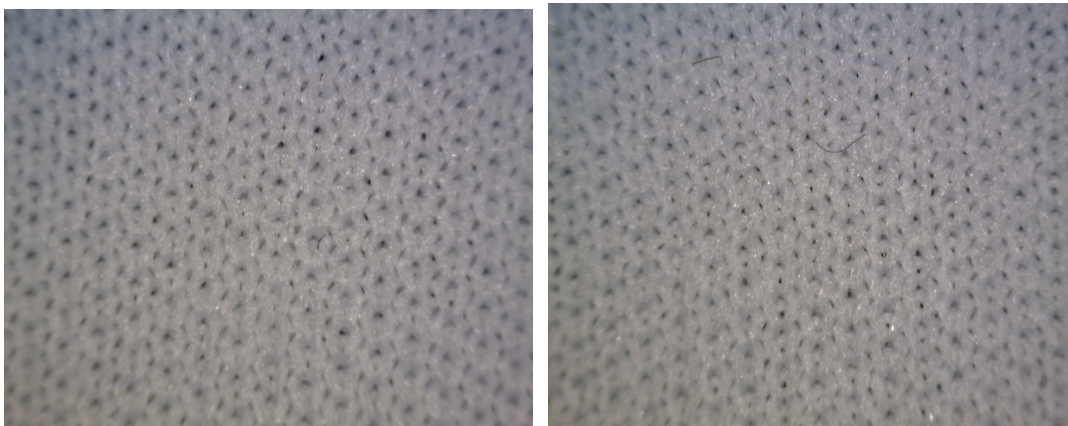


a)

b)

c)

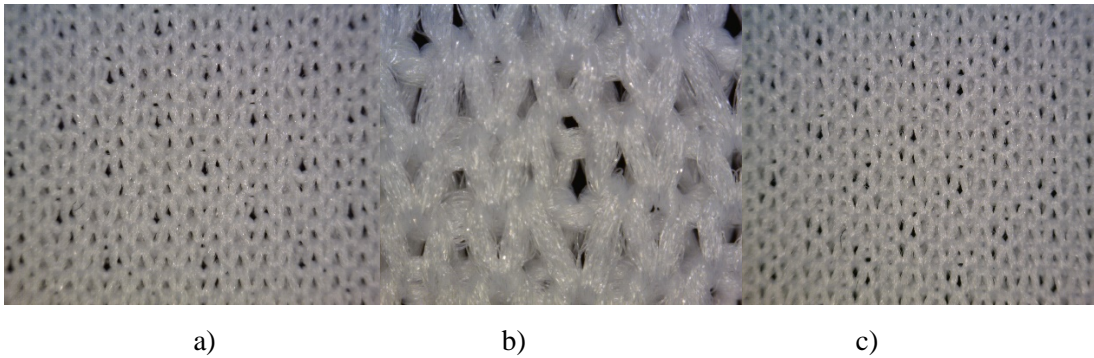
**Sl. 30.** Mikroskopska fotografija uzorka F6: a) lice, b) lice zoom, c) naličje



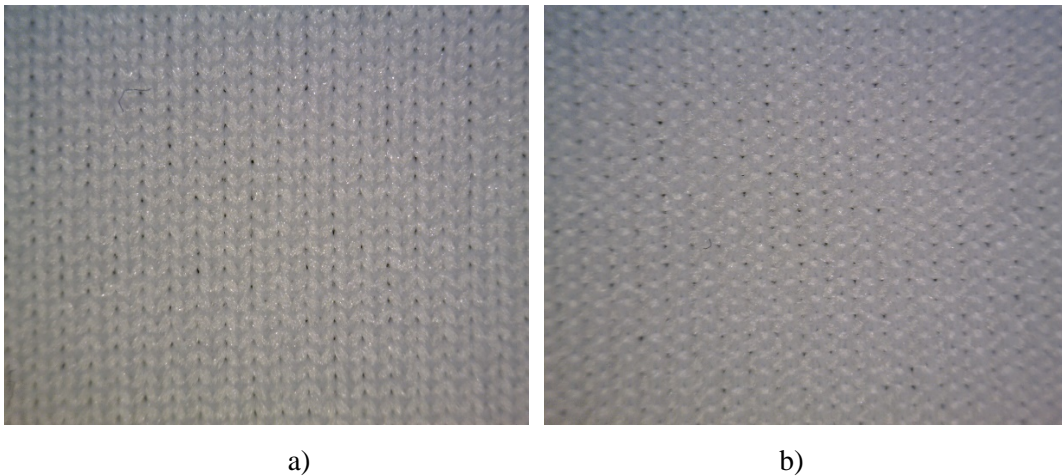
a)

b)

**Sl. 31.** Mikroskopska fotografija uzorka F7: a) lice, b) naličje



Sl. 32. Mikroskopska fotografija uzorka F8: a) lice, b) lice s većim povećanjem, c) naličje



Sl. 33. Mikroskopska fotografija uzorka F9: a) lice, b) naličje

Tab. 2. Određeni prepleti

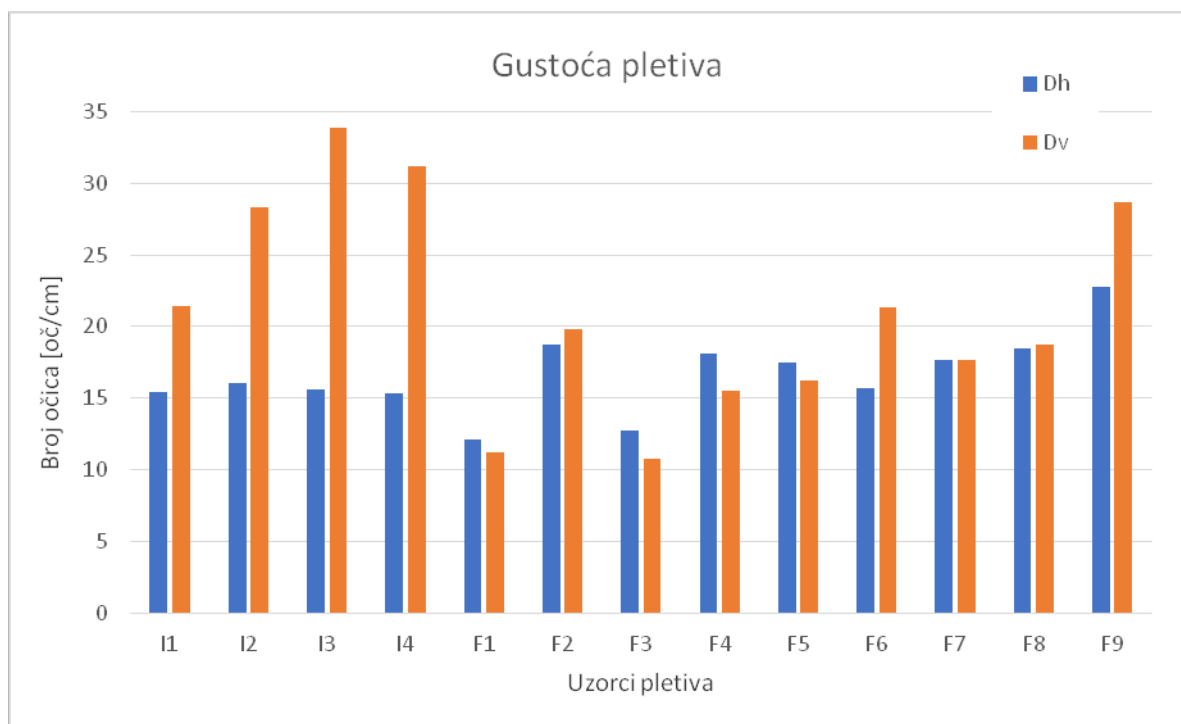
R. br.	Karakteristike uzorka		
	Oznaka	Sirovinski sastav	Preplet
1.	I <sub>1</sub>	93% viskoza, 7% elastan	kulirni - DL
2.	I <sub>2</sub>	90% pamuk, 10% elastan	kulirni - DL
3.	I <sub>3</sub>	89% modal, 11% elastan	kulirni - DL
4.	I <sub>4</sub>	91% pamuk, 9% elastan	kulirni - DL
5.	F <sub>1</sub>	100% poliester	kulirno - DD - zahvatni
6.	F <sub>2</sub>	100% poliester	kulirno - DD - interlok
7.	F <sub>3</sub>	100% poliester	kulirno - DL - zahvatni
8.	F <sub>4</sub>	100% poliester	kulirno – DD - žakard interlok
9.	F <sub>5</sub>	100% poliester	kulirno - DD - platirno
10.	F <sub>6</sub>	100% poliester	kulirno - DD – interlok zahvatni glatki
11.	F <sub>7</sub>	100% poliester	kulirno – DD- interlok
12.	F <sub>8</sub>	100% poliester	kulirno - DD - interlok zahvatni, glatki
13.	F <sub>9</sub>	91% poliester, 9% elastan	kulirno – DL- platirno

## 4.2 Gustoća pletiva

Rezultati mjerenja horizontalne i vertikalne gustoće pletiva prikazane su u tablici 3 i slici 34.

**Tab. 3.** Rezultati mjerenja horizontalne i vertikalne gustoće pletiva

	Oznaka uzorka												
	I1	I2	I3	I4	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
<b>Mjerenje</b>	<b>Horizontalna gustoća</b>												
1	15,75	16	15,75	15,5	15	19,25	13	18	17	16	18	18	22,5
2	14,75	16,5	15,5	14,75	14,5	18	12,5	18,5	18	16,25	17,75	18,5	22,75
3	15,75	16	15,75	15,75	11,5	18,5	12,5	18	18,25	15,5	17	18,25	22,5
4	15,5	16	15,25	15,75	9,5	18,5	13,5	18,25	17	15,5	18	18,5	23
5	15,25	15,75	15,75	15	10	19,25	12	18	17	15,25	17,75	19	23
<b>x</b>	15,40	16,05	15,60	15,35	12,10	18,70	12,70	18,15	17,45	15,70	17,70	18,45	22,75
<b>s</b>	0,418	0,274	0,224	0,454	2,535	0,542	0,570	0,224	0,622	0,411	0,411	0,371	0,250
<b>CV</b>	2,716	1,706	1,433	2,959	20,948	2,898	4,489	1,232	3,567	2,617	2,321	2,010	1,099
<b>g.pog.</b>	0,52	0,34	0,28	0,56	3,15	0,67	0,71	0,28	0,77	0,51	0,51	0,46	0,31
<b>Mjerenje</b>	<b>Vertikalna gustoća</b>												
1	21,5	27,5	30,75	29,5	12,5	19,75	11,5	15,5	16,75	21,25	16,75	17,75	29
2	21	28,5	34,5	33	12,25	19,75	11	15,5	16,5	21,5	18	18,75	27
3	22,5	28	35	32	11,5	20,5	11,5	15,5	15,5	21,5	18	18,5	28,5
4	21,5	29,5	34,75	31	10,5	19,75	10	16	16	21,25	18,5	19,5	30,5
5	20,5	28	34,5	30,5	9,5	19,5	10	15	16,5	21	17	19	28,5
<b>x</b>	21,40	28,30	33,90	31,20	11,25	19,85	10,80	15,50	16,25	21,30	17,65	18,70	28,70
<b>s</b>	0,742	0,758	1,773	1,351	1,250	0,379	0,758	0,354	0,500	0,209	0,742	0,647	1,255
<b>CV</b>	3,466	2,679	5,230	4,330	11,111	1,910	7,021	2,281	3,077	0,982	4,202	3,460	4,373
<b>g.pog.</b>	0,92	0,94	2,2	1,68	1,55	0,47	0,94	0,44	0,62	0,26	0,92	0,8	1,56



**Sl. 34** Horizontalna i vertikalna gustoća pletiva

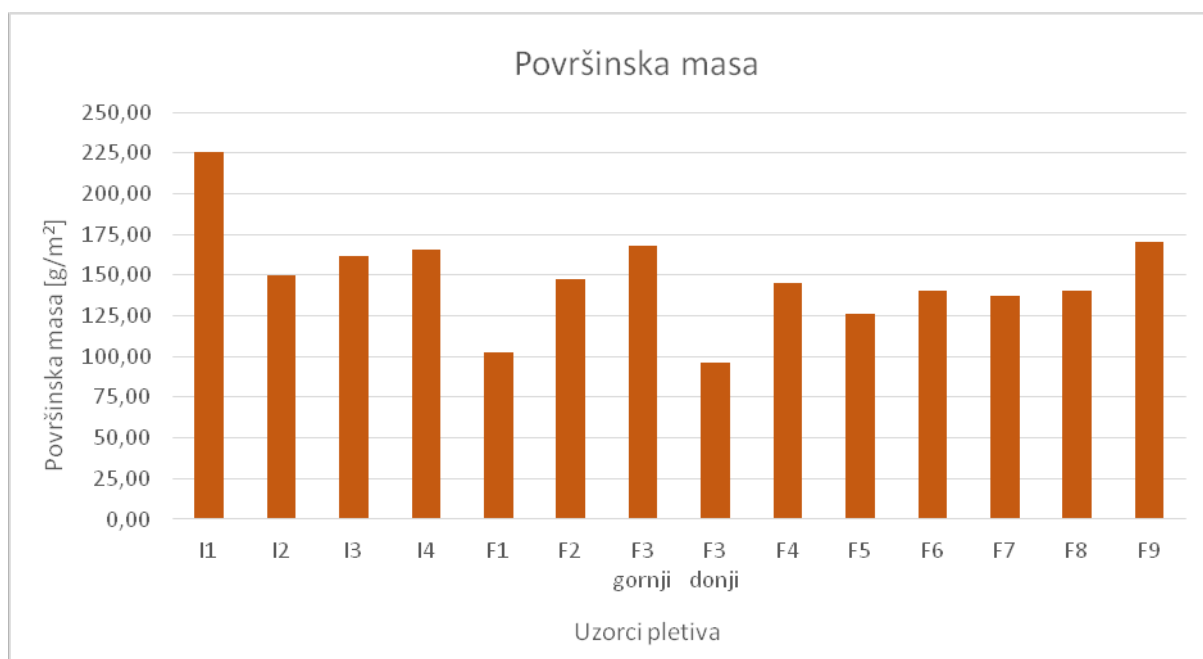
Prethodni graf prikazuje rezultate dobivene mjerenjem gustoće pletiva. Kao što je prikazano s lijeve strane na osi y nalazi se broj očica po centimetru (br.oč./cm), a na osi x prikazane su oznake uzoraka pletiva korištenih prilikom ispitivanja. Na grafu se jasno vidi kako po vrijednostima horizontalne gustoće uzorci F1 i F3 s rezultatom granične pogreške ( $12,1 \pm 3,15$ ) i ( $12,7 \pm 0,71$ ) imaju najmanju gustoću pletiva dok uzorci F2 i F9 s rezultatima pogreške od ( $18,7 \pm 0,67$ ) i ( $22,75 \pm 0,31$ ) imaju najveću horizontalnu gustoću odnosno po redu obzirom na broj očica. Uzorci F1 i F3 s rezultatima  $11,25 \pm 1,55$  i  $10,8 \pm 0,94$  imaju najmanju vertikalnu gustoću, a I3 i I4 dobivenih rezultata  $33,9 \pm 2,20$  i  $31,2 \pm 1,68$  imaju najveću gustoću materijala po duljini vertikalno tj. u nizu očica.

### 4.3 Površinska masa

Rezultati mjerenja površinske mase pletiva dani su u tablici 4 i na slici 35.

**Tab. 4.** Prikaz rezultata potrebnih za izračun granične pogreške

	1)					2)				
	š (cm)	v (cm)	P (cm <sup>2</sup> )	m <sub>u</sub> (g)	m (g/m <sup>2</sup> )	š (cm)	v (cm)	P (cm <sup>2</sup> )	m <sub>u</sub> (g)	m (g/m <sup>2</sup> )
I1	22	17	374	8,393	224,412	30	30	900	20,477	227,522
I2	22	17	374	5,030	134,492	30	30	900	14,906	165,622
I3	22	17	374	6,099	163,075	30	30	900	14,487	160,967
I4	22	17	374	6,194	165,615	30	30	900	14,906	165,622
F1	22	17	374	3,820	102,139	30	30	900	9,237	102,633
F2	22	17	374	5,515	147,460	30	30	900	13,362	148,467
F3 gornji	22	17	374	6,746	180,374	30	30	900	13,983	155,367
F3 donji	22	17	374	3,828	102,353	30	30	900	8,107	90,078
F4	22	17	374	5,465	146,123	30	30	900	12,937	143,744
F5	22	17	374	4,680	125,134	30	30	900	11,420	126,889
F6	22	17	374	5,195	138,904	30	30	900	12,762	141,800
F7	22	17	374	5,138	137,380	30	30	900	12,368	137,422
F8	22	17	374	5,267	140,829	30	30	900	12,571	139,678
F9	22	17	374	6,300	168,449	30	30	900	15,592	173,244



**Sl. 35** Površinska masa pletiva

Uzorak F3 sastavljen je od dva pletiva te je u ovaj analizi bilo moguće obraditi oba. Graf prikazuje kako uzorci F1 i F3 donji imaju najmanju površinsku masu koja iznosi  $102,63 \pm 3,14$  i  $90,08 \pm 77,99$ , a I1 i F9 najveću s rezultatima  $226 \pm 19,8$  i  $173,24 \pm 30,46$ . Iz grafa se

je vidljivo da na površinsku masu utječe i preplet pa tako kulirno desno-lijevi uzorci imaju veću površinsku masu od ostalih.

#### 4.4 Debljina pletiva

U tablici 5 i na slici 36 prikazani su rezultati dobiveni mjerenjem debljine pletiva pod različitim opterećenjima.

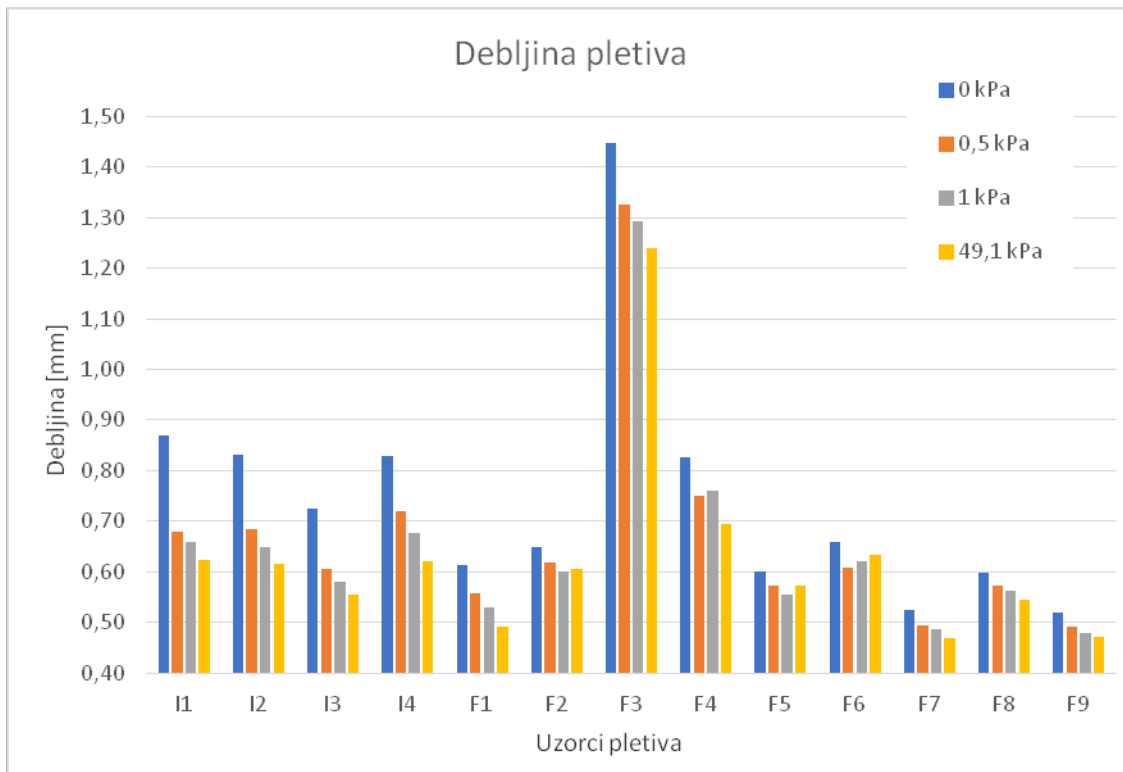
**Tab. 5.** Prikaz rezultata izmjerene debljine pletiva

	Oznaka uzorka												
	I1	I2	I3	I4	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
<b>Mjerenje</b>	<b>0 kPa</b>												
1	0,83	0,80	0,73	0,86	0,62	0,65	1,48	0,81	0,60	0,66	0,52	0,60	0,54
2	0,94	0,83	0,71	0,81	0,60	0,64	1,42	0,83	0,60	0,66	0,52	0,61	0,54
3	0,89	0,83	0,70	0,82	0,57	0,65	1,43	0,85	0,61	0,65	0,53	0,59	0,51
4	0,84	0,85	0,77	0,81	0,66	0,65	1,46	0,84	0,59	0,66	0,52	0,59	0,50
5	0,85	0,85	0,72	0,85	0,62	0,66	1,45	0,80	0,61	0,67	0,53	0,60	0,51
<b>x</b>	0,87	0,83	0,73	0,83	0,61	0,65	1,45	0,83	0,60	0,66	0,52	0,60	0,52
<b>s</b>	0,045	0,020	0,027	0,023	0,033	0,007	0,024	0,021	0,008	0,007	0,005	0,008	0,019
<b>CV</b>	5,204	2,463	3,722	2,826	5,352	1,088	1,649	2,510	1,390	1,071	1,045	1,399	3,598
<b>g.pog.</b>	0,06	0,03	0,03	0,02	0,04	0,01	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
<b>Mjerenje</b>	<b>0,5 kPa</b>												
1	0,68	0,67	0,61	0,70	0,56	0,62	1,32	0,77	0,56	0,61	0,50	0,57	0,51
2	0,69	0,69	0,62	0,72	0,55	0,62	1,32	0,73	0,58	0,61	0,50	0,58	0,50
3	0,67	0,68	0,61	0,73	0,57	0,61	1,32	0,73	0,58	0,61	0,49	0,57	0,48
4	0,70	0,69	0,60	0,73	0,55	0,61	1,34	0,75	0,57	0,61	0,49	0,57	0,48
5	0,66	0,69	0,59	0,72	0,56	0,63	1,33	0,77	0,58	0,60	0,49	0,58	0,49
<b>x</b>	0,68	0,68	0,61	0,72	0,56	0,62	1,33	0,75	0,57	0,61	0,49	0,57	0,49
<b>s</b>	0,016	0,009	0,011	0,012	0,008	0,008	0,009	0,020	0,009	0,004	0,005	0,005	0,013
<b>CV</b>	2,325	1,308	1,881	1,701	1,499	1,354	0,675	2,667	1,558	0,736	1,109	0,954	2,650
<b>g.pog.</b>	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
<b>Mjerenje</b>	<b>1 kPa</b>												
1	0,66	0,65	0,57	0,68	0,53	0,60	1,30	0,75	0,56	0,58	0,49	0,56	0,49
2	0,67	0,64	0,57	0,67	0,54	0,61	1,28	0,75	0,55	0,57	0,48	0,55	0,48
3	0,66	0,65	0,60	0,69	0,53	0,60	1,30	0,76	0,56	0,58	0,49	0,57	0,47
4	0,64	0,65	0,56	0,68	0,52	0,60	1,29	0,78	0,55	0,57	0,49	0,56	0,48
5	0,66	0,66	0,60	0,66	0,53	0,59	1,29	0,76	0,56	0,57	0,48	0,57	0,48
<b>x</b>	0,66	0,65	0,58	0,68	0,53	0,60	1,29	0,76	0,56	0,57	0,49	0,56	0,48
<b>s</b>	0,011	0,007	0,019	0,011	0,007	0,007	0,008	0,012	0,005	0,005	0,005	0,008	0,007
<b>CV</b>	1,665	1,088	3,226	1,687	1,334	1,179	0,648	1,612	0,985	0,954	1,127	1,489	1,473
<b>g.pog.</b>	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Mjerenje	49,1kPa												
1	0,62	0,60	0,56	0,61	0,51	0,58	1,25	0,69	0,61	0,64	0,47	0,55	0,48
2	0,63	0,62	0,55	0,63	0,51	0,70	1,23	0,70	0,62	0,64	0,46	0,55	0,49
3	0,61	0,63	0,55	0,62	0,47	0,59	1,25	0,69	0,62	0,64	0,47	0,55	0,46
4	0,63	0,61	0,56	0,62	0,47	0,58	1,23	0,70	0,63	0,63	0,47	0,54	0,46
5	0,63	0,62	0,55	0,63	0,50	0,58	1,24	0,69	0,62	0,62	0,48	0,54	0,47
x	0,62	0,62	0,55	0,62	0,49	0,61	1,24	0,69	0,62	0,63	0,47	0,55	0,47
s	0,009	0,011	0,005	0,008	0,020	0,053	0,010	0,005	0,007	0,009	0,007	0,005	0,013
CV	1,433	1,851	0,989	1,345	4,165	8,701	0,806	0,789	1,140	1,411	1,504	1,003	2,762
g.pog.	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,07	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02

**Tab. 6.** Srednja vrijednost debljine pletiva

Uzorci	Opterećenje			
	0 kPa	0,5 kPa	1 kPa	49,1 kPa
I1	0,87±0,06	0,68±0,02	0,66±0,01	0,62±0,01
I2	0,83±0,03	0,68±0,01	0,65±0,01	0,62±0,01
I3	0,73±0,03	0,61±0,01	0,58±0,02	0,55±0,01
I4	0,83±0,02	0,72±0,01	0,68±0,01	0,62±0,01
F1	0,61±0,04	0,56±0,01	0,53±0,01	0,49±0,03
F2	0,65±0,01	0,62±0,01	0,60±0,01	0,61±0,07
F3	1,45±0,03	1,33±0,01	1,29±0,01	1,24±0,01
F4	0,83±0,03	0,75±0,02	0,76±0,02	0,69±0,01
F5	0,60±0,01	0,57±0,01	0,56±0,01	0,57±0,01
F6	0,66±0,01	0,61±0,01	0,62±0,01	0,63±0,01
F7	0,52±0,01	0,49±0,01	0,49±0,01	0,47±0,01
F8	0,60±0,01	0,57±0,01	0,56±0,01	0,55±0,01
F9	0,52±0,02	0,49±0,02	0,48±0,01	0,47±0,02



**Sl. 36** Debljina ispitanih pletiva

Može se lako uočiti kako uzorci F7i F9 imaju najmanju debljinu koja ne oscilira previše u ni jednom od četiri različita pritiska, a iznose  $0,52 \pm 0,01$ ,  $0,49 \pm 0,01$ ,  $0,49 \pm 0,01$ ,  $0,47 \pm 0,01$  i  $0,52 \pm 0,02$ ,  $0,49 \pm 0,02$ ,  $0,48 \pm 0,01$ ,  $0,47 \pm 0,02$  dok uzorci I1 i F3 imaju najveću debljinu  $0,87 \pm 0,06$ ,  $0,68 \pm 0,02$ ,  $0,66 \pm 0,01$ ,  $0,62 \pm 0,01$  i  $1,45 \pm 0,03$ ,  $1,33 \pm 0,01$ ,  $1,29 \pm 0,01$ ,  $1,24 \pm 0,01$  čiji se rezultati pod različitim opterećenjima također ne razlikuju mnogo. Kod uzoraka I1, I2, I3, I4 uočljiva je razlika u izmjeranim vrijednostima debljine pri različitim opterećenjima, osobito usporedbom s rezultatima mjerenja uz 0 kPa. Stoga je bitno navesti kako "I" uzorci imaju kulirno desno-lijevi preplet te im je površinska masa veća od ostalih uzorka. Zaključno je da na debljinu pletiva utječe preplet i površinska masa. Ovisno o sirovinskom sastavu jasno je da materijali koji su izrađeni iz različitih sirovina imaju veću debljinu od onih koji nisu.

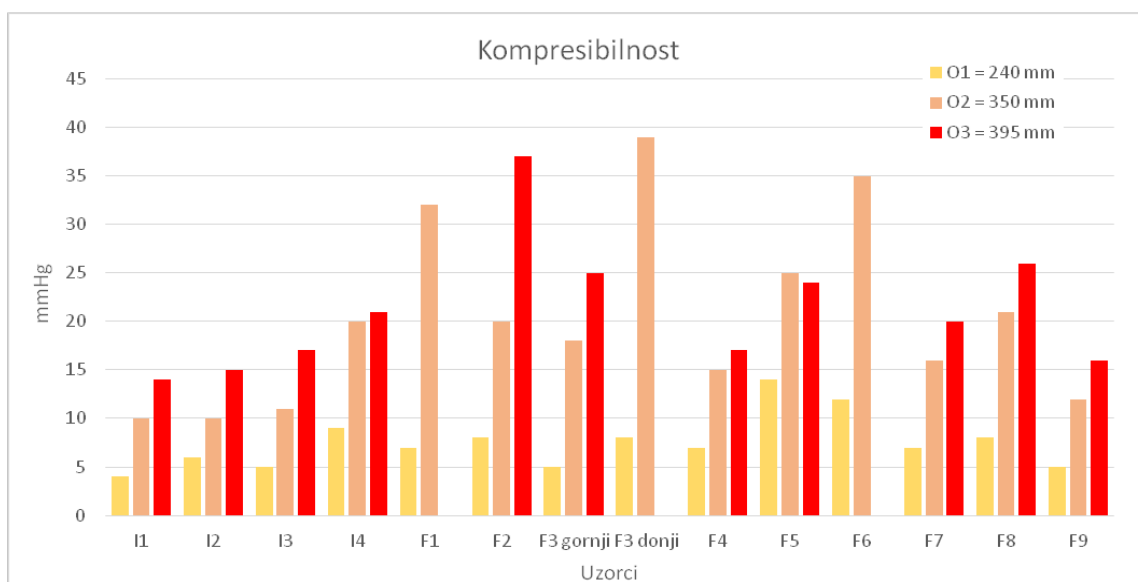


## 4.5 Kompresibilnost pletiva

Rezultati ispitane kompresibilnosti pletiva prikazani su u tablici 7 i na slici 37.

**Tab. 7.** Rezultati kompresibilnosti pletiva

Opseg	Uzorci													
	I1	I2	I3	I4	F1	F2	F3 gornji	F3 donji	F4	F5	F6	F7	F8	F9
240 mm	4	6	5	9	7	8	5	8	7	14	12	7	8	5
350 mm	10	10	11	20	32	20	18	39	15	25	35	16	21	12
395 mm	14	15	17	21	-	37	25	-	17	24	-	20	26	16



**Sl. 37.** Rezultati dobiveni mjerenjem kompresije uzorka pletiva

Graf prikazuje rezultate u kojima se vidi kako za prvi opseg (O1 = 240 mm), najmanju kompresibilnost ima uzorak I1 (4 mmHg) i F9 (5 mmHg), dok najveću imaju F5 (14 mmHg) i F6 (12 mmHg). Kod drugog opsega (O2 = 350 mm) rezultati prikazuju kako najmanju kompresibilnost imaju uzorci I1 i I2 (10 mmHg) te I3 (11 mmHg), a najveću F3 donji (39 mmHg) i F6 (35 mmHg). Rezultati za najmanju kompresiju trećeg opsega cjevastog ispitivača (O3 = 395 mmHg) su uzorci I1 (14 mmHg) i I2 (15 mmHg), a za najveću F2 (37 mmHg) i F8 (26 mmHg). Zanimljivost je da se nekima od uzoraka (F1, F3 donji i F6) kompresibilnost nije mogla očitati i to isključivo na trećem opsegu - O3. S obzirom na sirovinski sastav, iz grafa je vidljivo da uzorci koji imaju veću količinu elastana se bolje rastežu odnosu na one koji u svom sastavu to vlakno nemaju ili je prisutan u malom postotku.

Prema prepletu se može primijetiti da kulirno desno-desno zahvatno pletivo ima jako veliku kompresibilnost dok kulirna desno-lijeva imaju jako malu.

## 5. ZAKLJUČAK

Ispitivanjem fizikalno – mehaničkih svojstava pletiva dostupnih na tržištu, dobiven je uvid u karakteristike trinaest pletiva namijenjenih izradi sportske odjeće. Većina promatranih uzoraka izrađena je od poliesterske pređe (PES) ili je kombinirana s elastanskim vlaknom (EL), što je uobičajeni sirovinski sastav sportskih odjevenih predmeta. Analizom pletiva, uočeno je da se kod većine pletiva radi o kulirnom desno – desno ili desno – lijevo pletivu. To znači da su ispleteni na način da se pređa s namotka dovela poprečno odnosno vodoravno na igle stroja, te postoji mogućnost da su izrađeni ručno ili strojno. Jedina razlika među uzorcima povezana s pletivom je što su na desno – lijevim na površini vidljive desne, a na drugoj strani lijeve očice dok su kod desno – desnih na obje površine vidljive desne očice. Da bi se odredili temeljni strukturni parametri pletiva bilo je potrebno odrediti vertikalnu ( $D_v$ ) i horizontalnu dužinu ( $D_h$ ) te površinsku masu pletiva. Što je veća zbijenost očica, gušćoća pletiva je veća, a što pletivo ima manji broj očica na jednakoj duljini, ono je šupljikavije i ima manju gušćoću. Ispitivanje debljine pletiva provedeno je primjenom četiri različita pritiska te je uočeno da razlike s obzirom na način ispitivanja nisu značajne kod pletiva najmanje debljine. Vrijednosti izmjerene za uzorak F3 odstupaju značajnije kod sva četiri opterećenja jer se radi o uzorku najveće debljine u odnosu na promatrane.

Kompresibilnost pletiva prikazuje osjetna svojstva koje materijal pruža prilikom dodira s kožom korisnika. Ovo ispitivanje provedeno je s tri opsega različite veličine.

Kompresibilnost je povezana s debljinom pletiva i krutosti materijala, pa tako rezultati mjerenja pletiva kod opsega O1 nemaju velikih razlika. Kod opsega O2, s obzirom da se radi o većem opsegu, veća je i razlika među rezultatima pa tako kruća i deblja pletiva imaju veću kompresibilnost. Kod mjerenja s najvećim opsegom - O3, uočena su i najveća odstupanja rezultata. Bitno je navesti kako neke od uzoraka zbog krutosti nije bilo moguće postaviti na cilindar i odrediti kompresibilnost. Kroz istraživanje je dokazano kako preplet i sirovinski sastav utječu na površinsku masu, debljinu i kompresibilnost pletiva.

## 6. LITERATURA

- [1] Roshan Shishoo: Textiles in Sport, 1st Edition, Woodhead Publishing, ISBN: 9781855739222
- [2] Mađarević, T. (2017). Geometrijski oblici na tekstilu (Završni rad). Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:201:911273>
- [3] Salopek Čubrić I., Čubrić G., Potočić Matković V. M., Pavko Čuden A. (2021). The comfort of knitted fabric: interaction of sportswear and athlete's body. Preuzeto s <https://journals.qucosa.de/cdatp/article/view/38>
- [4] Salopek Čubrić I., Čubrić G., Potočić Matković V. M. (2021). Behavior of Polymer Materials Exposed to Aging in the Swimming Pool: Focus on Properties That Assure Comfort and Durability. Preuzeto s <https://www.mdpi.com/2073-4360/13/15/2414>
- [5] Lubos Hes and Mariana Ursache. 2011. Effect of composition of knitted fabrics on their cooling efficiency at simulated sweating. Indian Journal of Fibre & Textile Research 36. 3, 281- 284
- [6] Jefferson M. Souza, Sandra Sampaio, Welter C. Silva, Sidney G. de Lima, Andrea Zille and Raul Fangueiro. 2018. Characterization of functional single jersey knitted fabrics using non-conventional yarns for sportswear. Textile Research Journal 88, 3, 275-292. DOI: <https://doi.org/10.1177/0040517516677226>
- [7] Prahsarn C., Barker R. L. and Gupta B. S.. 2005. Moisture vapor transport behavior of polyester knit fabrics. Textile Research Journal 75, 4, 346-351. DOI:<https://doi.org/10.1177/0040517505053811>
- [8] Stojanović S., Geršak J.: Textile materials intended for sportswear, 72 Tekstil 68 (4-6) 72-88 (2019.)
- [9] Grishanov S. : Structure and properties of textile materials. Handbook of Textile and Industrial Dyeing, (2011) 28–63. doi: 10.1533/9780857093974.1.28
- [10] Nelson Raj A. E. and Yamunadevi S.: Application of textile fibres for technical and performance enhancements in sports. International Journal of Multidisciplinary Research and Development 3 (2016.) 12, 40-45
- [11] Bishop P. A., Balilonis G., Davis J.K. and Zhang Y: Ergonomics and Comfort in Protective and Sport Clothing: A Brief Review. J Ergonomics (2013.) S2: 005. doi:10.4172/2165-7556.S2-005
- [12] Standard ISO 2076:2013, Textiles— Man-made fibres — Generic names
- [13] Jovanović S.: Struktura i svojstva vlakana. Tehnološko-metalurški fakultet univerziteta u Beogradu, Srbija 1981
- [14] HRN EN ISO 5084:2003 Tekstil -- Određivanje debljine tekstila i tekstilnih proizvoda
- [15] Cooke B. , in Advances in Knitting Technology, 2011

[16] Odak, L. (2019). Promjena topografske strukture tkanine uzrokovana utjecajem procesa pranja (Završni rad). Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:201:775416>

[17] Vrljićak Z.: Pletiva, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb 2019.

[18] Debljinomjer model 2000-U, <http://www.cmtf-project.com/new-equipment/>, od 13.08.2021.