

# Vrjednovanje uporabne kvalitete pletiva izrađenih iz regeneriranih celuloznih vlakana

---

**Stamać, Veronika**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2020**

*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:201:510046>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-19**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

**VRJEDNOVANJE UPORABNE KVALITETE PLETIVA IZRAĐENIH IZ  
REGENERIRANIH CELULOZNIH VLAKANA**

VERONIKA STAMAĆ

Zagreb, rujan 2020.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
TEKSTILNO-TEHNOLOŠKI FAKULTET  
Zavod za materijale, vlakna i ispitivanje tekstila

DIPLOMSKI RAD

**VRJEDNOVANJE UPORABNE KVALITETE PLETIVA IZRAĐENIH IZ  
REGENERIRANIH CELULOZNIH VLAKANA**

Mentorica:

Prof. dr. sc. Antoneta Tomljenović

Veronika Stamać

11003/tti-idt

Zagreb, rujan 2020.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se svima koji su svojim prijedlozima i savjetima pridonijeli izradi ovog rada.

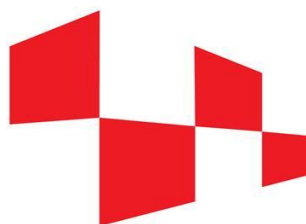
Najveća zahvala ide mojoj mentorici, prof. dr. sc. Antoneti Tomljenović na strpljenju, brojnim stručnim savjetima, pomoći i vodstvu pri izradi ovog diplomskog rada.

Također, zahvaljujem se kolegi i asistentu Juri Živičnjaku na ukazanoj pomoći i savjetima.

Posebna zahvala ide mojim roditeljima, obitelji i prijateljima koji su me uvijek podupirali, hvala im na razumijevanju i strpljenju.

### ***Zahvala i financiranje***

*Rad studentice Veronike Stamać financirala je Hrvatska zaklada za znanost projektom HRZZ IP-2016-06-5278 Udobnost i antimikrobna svojstva tekstila i obuće, voditelj: prof.dr.sc. Zenun Skenderi.*



**HRZZ**

Hrvatska zaklada  
za znanost

## **TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA**

Sveučilište u Zagrebu

Tekstilno-tehnološki fakultet

Sveučilišni diplomski studij: Tekstilna tehnologija i inženjerstvo

Smjer: Industrijski dizajn tekstila

Studentica: Veronika Stamać

Matični broj (broj indeksa): 11003/tti-idt

Mentorica: Prof. dr. sc. Antoneta Tomljenović

Laboratorij u kojem je izrađen završni rad:

Laboratoriji Zavoda za materijale, vlakna i ispitivanje tekstila, Sveučilišta u Zagrebu

Tekstilno-tehnološkog fakulteta: Klimatizirani laboratorij za fizikalno-mehanička

ispitivanja tekstila; Laboratorij za fizikalno-kemijska ispitivanja tekstila

Broj stranica: 67

Broj tablica: 22

Broj slika: 24

Broj literaturnih izvora: 34

Članovi povjerenstva:

Prof. dr. sc. Zenun Skenderi, predsjednik

Prof. dr. sc. Antoneta Tomljenović, članica (mentorica)

Izv. prof. art. Koraljka Kovač Dugandžić, članica

Izv. prof. dr. sc. Ružica Brunšek, zamjenska članica

Neposredni voditelj: Juro Živičnjak, mag. ing. text. techn.

Datum predaje:

Datum obrane:

## SAŽETAK

Trikotaža je tanje pletivo od kojeg se izrađuje donje pleteno rublje i laganija gornja pletena odjeća krojenjem i šivanjem. Tijekom nošenja u izravnom je doticaju s kožom korisnika te se na takva pletiva postavljaju visoki zahtjevi udobnosti pri nošenju te uporabne kvalitete koje valja ispuniti. Iako se trikotaža uglavnom povezuje s pamučnim pletivom, u primjeni su i pletiva izrađena iz regeneriranih celuloznih vlakana (najčešće viskoznih, modalnih ili liocelnih) koja osiguravaju svilenkast opip, bolju higroskopnost i iznimnu kontaktnu udobnost. Pritom se za izradu pletiva najčešće primjenjuju jednonitne pređe dobivene konvencionalnim postupkom prstenastog pređenja. U novije vrijeme u primjeni su i pređe predene nekonvencionalnim rotorskim te aerodinamičkim postupkom koje se razlikuju po strukturi i svojstvima. Kako je broj europskih normi vezanih uz ispitivanje i karakterizaciju pletiva mali, proizlazi potreba proširenja istraživanja u području razvoja metodologije vrjednovanja njihove uporabne kvalitete. Stoga su u radu ispitana uporabna svojstva tanjih kulirnih dvostrano desnih cjevastih pletiva, pletenih iz jednonitne pređe jednake finoće izrađene postupkom prstenastog, rotorskog i aerodinamičkog pređenja iz modalnih, mikromodalnih i liocelnih vlakana. Sa svrhom praćenja utjecaja primijenjene pređe (sirovinskog sastava i postupka pređenja) te preradbenog stupnja pletiva na uporabna svojstva pletiva, vrjednovana je uporabna kvaliteta sirovih i doradenih pletiva prema normiranim metodama - ispitivanjem temeljnih karakteristika pletiva (plošne mase, debljine i broja očica na jediničnoj duljini), vlačnih svojstava, otpornosti na habanje, sklonosti pilingu te dimenzijske stabilnosti nakon pranja i sušenja.

**Ključne riječi:** trikotaža, kulirna dvostrano desna cjevasta pletiva, predena pređa, celulozni regenerati, uporabna kvaliteta, ispitivanje tekstila

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. TEORIJSKI DIO .....	2
2.1. Celulozni regenerati .....	2
2.1.1. Modalna vlakna .....	4
2.1.2. Liocelna vlakna .....	8
2.2. Proizvodnja predene pređe za izradu pletiva .....	11
2.2.1. Prstenasti postupak predenja .....	12
2.2.2. Rotorski postupak predenja .....	13
2.2.3. Aerodinamički postupak predenja .....	14
2.3. Kulirna pletiva .....	16
2.3.1. Dvostrano desna pletiva .....	17
2.3.2. Trikotaža .....	18
2.4. Doradbeni postupci na pletivu .....	19
3. EKSPERIMENTALNI DIO .....	22
3.1. Temeljni pristup istraživanju .....	22
3.2. Primijenjeni materijali .....	23
3.3. Ispitne metode .....	25
3.3.1. Ispitivanje temeljnih karakteristika pletiva .....	25
3.3.2. Ispitivanje otpornosti na habanje .....	28
3.3.3. Ispitivanje sklonosti nastanku površinskog pilinga .....	30
3.3.4. Ispitivanje vlačnih svojstava .....	32
3.3.5. Ispitivanje dimenzijske stabilnosti nakon pranja i sušenja .....	33
4. REZULTATI I RASPRAVA .....	36
4.1. Temeljne karakteristike pletiva .....	36
4.2. Otpornost pletiva na habanje .....	41
4.3. Sklonost nastanka površinskog pilinga na pletivu .....	47
4.4. Vlačna svojstva pletiva .....	59
4.5. Dimenzijska stabilnost pletiva nakon pranja i sušenja .....	61
5. ZAKLJUČAK .....	64
6. LITERATURA .....	65



## 1. UVOD

Trikotaža je tanje pletivo od kojeg se izrađuje donje pleteno rublje i laganija gornja pletena odjeća krojenjem i šivanjem. Tijekom nošenja u izravnom je doticaju s kožom korisnika te se na takva pletiva postavljaju visoki zahtjevi udobnosti pri nošenju te uporabne kvalitete koje valja ispuniti. Iako se trikotaža uglavnom povezuje s pamučnim pletivom, u primjeni su i pletiva izrađena iz regeneriranih celuloznih vlakana (najčešće viskoznih, modalnih ili liocelnih) koja osiguravaju svilenkast opip, bolju higroskopnost i iznimnu kontaktnu udobnost. Pritom se za izradu pletiva najčešće primjenjuju jednonitne pređe dobivene konvencionalnim postupkom prstenastog pređenja. U novije vrijeme u primjeni su i pređe predene nekonvencionalnim rotorskim te aerodinamičkim postupkom. Svakim od navedenih postupaka pređenja izrađuje se pređa različite strukture i svojstava, čak i kada se radi o pređi iz istovrsnih vlakana.

Kako je broj europskih normi vezanih uz ispitivanje i karakterizaciju pletiva mali, proizlazi potreba proširenja istraživanja u području razvoja metodologije vrjednovanja njihove uporabne kvalitete. Stoga su u radu ispitana uporabna svojstva tanjih kulirnih dvostrano desnih cjevastih pletiva, pletenih iz jednonitne pređe jednake finoće izrađene postupkom prstenastog, rotorskog i aerodinamičkog pređenja iz modalnih, mikromodalnih i liocelnih vlakana. Sa svrhom praćenja utjecaja primijenjene pređe (sirovinskog sastava i postupka pređenja) te preradbenog stupnja pletiva na uporabna svojstva pletiva, a primjenom razrađene metodike, vrjednovana je uporabna kvaliteta sirovih i dorađenih pletiva prema normiranim metodama ispitivanjem temeljnih karakteristika pletiva (plošne mase, debljine i broja očica na jediničnoj duljini), vlačnih svojstava ispitivanjem prekidne sile i prekidne istezljivosti, otpornosti na habanje metodom prohabavanja i sklonost nastanku površinskog pilinga primjenom habalice prema Martindale-u te dimenzijske stabilnosti pletiva nakon pranja i sušenja.

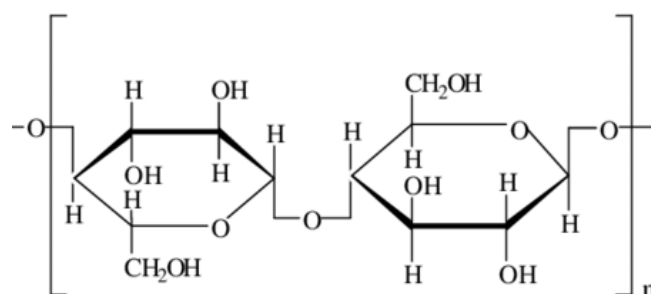
## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. Celulozni regenerati

Celulozni regenerati pripadaju skupini umjetnih vlakna od prirodnih polimera. Toj skupini pripadaju viskozna, bakrena, modalna i liocelna vlakna. Prirodni gradbeni polimer ovih vlakana je drvena celuloza i dobiva se iz drveta nekih crnogoričnih i bjelogoričnih biljaka. Celuloza nije taljiva stoga nije moguće primijeniti najjednostavniji postupak kemijskog ispredanja iz taline. Također je i teško topljiva, no unatoč tome nađena su prikladna otapala zbog kojih su razvijeni postupci ispredanja vlakana iz otopine polimera [1].

#### Kemijska građa

Celuloza empirijske formule  $[C_6H_{10}O_5]_n$  je osnovni gradbeni polimer prirodnih i umjetnih celuloznih vlakana. Struktura celuloze je linearni niz jedinica  $\beta$ -D- glukoze koje su vezane jakim kovalentnim glukozidnim vezama između prvog i četvrtog C- atoma. Svaki drugi anhidroglukozni ostatak je zarotiran u odnosu na prethodni za  $180^\circ$ , a takav sindiotaktični raspored doprinosi tome da su tri aktivne hidroksilne skupine jednog anhidroglukoznog ostatka, jedna primarna alkoholna i dvije sekundarne, uvijek u nasuprotnom položaju u odnosu na polimerni lanac (slika 1). Veličina celuloznih makromolekula u prirodnim vlaknima znatno je veća od makromolekula koje izgrađuju umjetna celulozna vlakna [2].



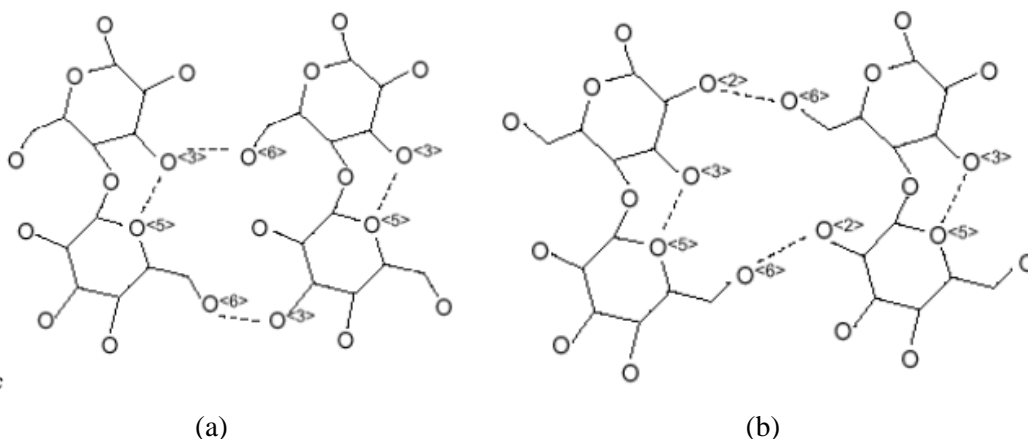
Slika 1. Ponavljajuća jedinica celuloze [3]

Celulozni regenerati su po kemijskom sastavu čista celuloza, odnosno tzv. celuloza II. Bitno je naglasiti da ona sadrži molekule celuloze različitih veličina što je okarakterizirano pojmovima  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - celuloza koji su definirani analitikom određivanja topljivosti celuloze.  $\beta$ - celuloza i  $\gamma$ - celuloza su topljive u 17,5% otopini NaOH pri temperaturi  $20^\circ C$ , a  $\alpha$ - celuloza

nije topljiva u tim uvjetima. Pod  $\beta$ - celulozom se smatra onaj dio celuloze koji se iz otopine može istaložiti neutralizacijom sa razrijeđenom octenom kiselinom, a  $\gamma$ - celuloza je dio celuloze koji se ne može istaložiti u ovoj reakciji. Poželjno je da udio  $\beta$ - i  $\gamma$ - celuloze bude što niži, tj. da udio  $\alpha$ - celuloze bude čim veći u cilju postizanja dobrih fizikalno-mehaničkih svojstava vlakana [2].

### Nadmolekulna struktura

Elementarna jedinica celuloze je monoklinska, to znači da celuloza kristalizira u monoklinskom sustavu, tj. da najmanji dio prostorne rešetke, koji ponavljan u tri dimenzije daje cijelu kristalnu rešetku, spada u monoklinski sustav. Parametri osnovne kristalne rešetke celuloze u pamučnim vlaknima su ponešto drugačiji od parametara kristalne rešetke celuloze u umjetnim vlaknima. Razlike u parametrima osnovne kristalne rešetke uvjetovane su činjenicom da se celuloza II dobiva alkalnom obradom celuloze I pri čemu dolazi do širenja kristalne rešetke i razmicanja molekulnih lanaca celuloze. Obzirom da celuloza na svakom anhidroglukoznom ostatku ima tri hidroksilne skupine koje su odgovorne za uspostavljanje intra- i intermolekulnih vodikovih veza, iz različitosti u konfiguraciji molekula celuloze proizlazi dvostruko manji broj intramolekulnih vodikovih veza u celulozi II (slika 2). To se odražava na različitost fizikalno-kemijskih i mehaničkih svojstava vlakana zbog različite krutosti molekula i različitosti parametara osnovne kristalne rešetke pri tvorbi kristalnih elemenata nadmolekulne strukture [1, 2].



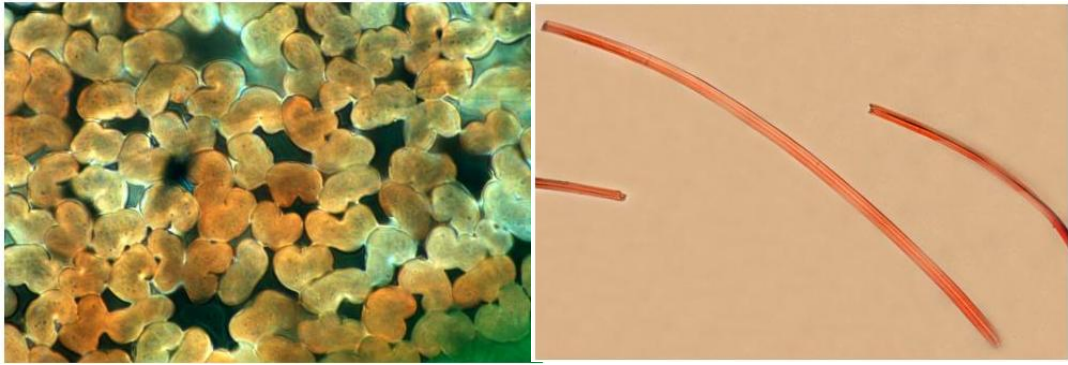
Slika 2. Paralelni i antiparalelni poredak makromolekula i stvaranje vodikovih veza u celulozi I (a) i celulozi II (b) [4]

### 2.1.1. Modalna vlakna

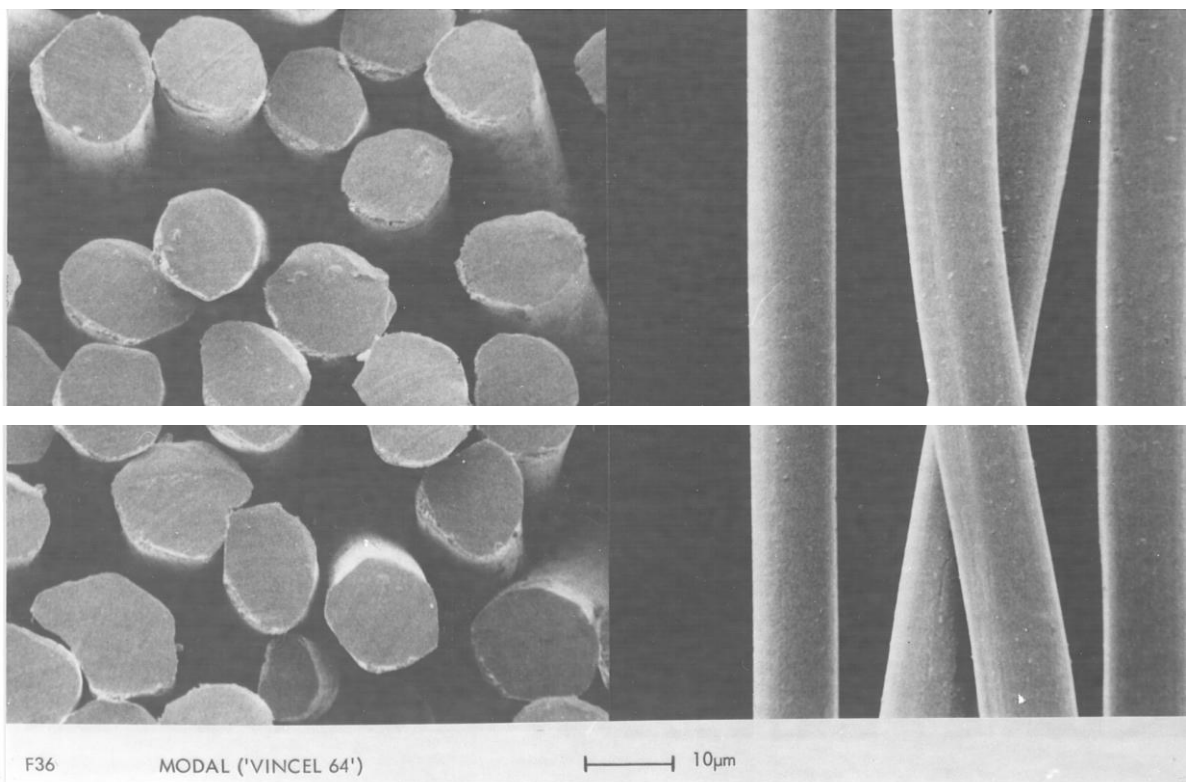
Modalna vlakna se dobivaju viskoznom tehnološkim postupkom ispredanja iz otopine od kvalitetnije drvene celuloze i uz drukčije procesne parametre u usporedbi sa viskoznom vlaknima. Poboljšana svojstva vlakana su rezultat sporijeg procesa razgradnje ksantata i skrutnjavanja niti. Drvena celuloza se najprije obrađuje s 18%-tnom natrijevom lužinom čime se dobiva takozvana alkalna celuloza  $(C_6H_9O_5Na)_n$ . Pritom se izlužuju niskomolekulne hemiceluloze,  $\alpha$ -celuloza mijenja oblik kristalne rešetke, tj. celuloza I prelazi u celulozu II, čime se ujedno povećava reaktivnost celuloze. Potom slijedi proces predzrenja u kojem se pod utjecajem kisika događa kontrolirana oksidativna razgradnja celuloze, tj. depolimerizacija do potrebnog stupnja koji će osigurati pripremu otopine potrebnih reoloških svojstava za ispredanje vlakana. U sljedećem procesu alkalna celuloza se obrađuje plinom ugljičnim disulfidom ( $CS_2$ ), pri čemu se kemijski mijenja u derivat Na-celulozni-ksantat  $(C_6H_9O_4 OCS_2 Na)_n$ , koji je topljiv u natrijevoj lužini. Otapanjem celuloznog ksantata u razrijeđenoj otopini Na-lužine nastaje viskozna, gusta tekućina boje meda zvana viskoza, po kojoj je i cijeli postupak dobivanja vlakana dobio naziv viskozni postupak. Ta se otopina može ispredati u vlakna. Nakon daljnjih obrada zrenja, filtriranja i otplinjavanja, otopina viskoze protiskuje se kroz mlaznicu uronjenu u koagulacijsku kupelj. Koagulacijska kupelj sadrži sumpornu kiselinu i elektrolite- natrijev sulfat i cinkov sulfat. U njoj se istovremeno zbiva skrućivanje, tj. koagulacija niti i regeneracija celuloze. Djelovanjem kiseline dolazi do hidrolize celuloznog ksantata i regeneracije celuloze, uz nastanak mnoštva drugih sporednih reakcijskih produkata. Obzirom da je celuloza netopiva u toj kupelji, polimerni se mlaz skrutnjava u vlakna. Na brzinu razgradnje ksantata, tj. na brzinu skrućivanja niti može se utjecati različitim koncentracijama elektrolita u koagulacijskoj kupelji i time ciljano utjecati na strukturu i svojstva vlakna. Svježe ispredeno vlakno se podvrgava procesu temeljitog pranja, bijeljenja i završnog ispiranja i sušenja. Tijekom proizvodnog procesa razvijaju se u zamjetnim količinama otrovni plinovi koji opasno onečišćuju zrak, a štetni sumporni i cinkovi spojevi iz taložne kupelji onečišćuju i otpadne vode. Zbog toga se u skladu sa sve strožim ekološkim zahtjevima i propisima postrojenja za proizvodnju vlakana po ovom postupku preuređuju, te se za proizvodnju umjetnih celuloznih vlakana razvijaju ekološki povoljniji postupci [5].

Prema ISO 2076 modalna vlakna moraju zadovoljiti uvjete o minimalnim mehaničkim svojstvima. Prekidna sila  $F_p$  (u cN) u kondicioniranom stanju mora biti u skladu sa zahtjevom u izrazu:  $F_p \geq 1,3 \sqrt{T_t} + 2T_t$ , a sila  $F_M$  (u cN) pri kojoj se vlakno u mokrom stanju izdužuje za 5% mora odgovarati zahtjevu u izrazu:  $F_M \geq 0,5 \sqrt{T_t}$ .  $T_t$  u oba izraza označava finoću vlakana u deciteksima. Modalna vlakna imaju znatno manje mikropora, što je još jedan razlog da je unutrašnjost vlakna bolje uređena nego u standardnih viskoznih vlakana. DP celuloze je dosta velik (400 do 500), a po cijelom presjeku vlakno ima strukturu jezgre. Sve navedeno razlog je nešto većem udjelu kristalnog područja u vlaknima (40-50%). Stoga je modalnim vlaknima značajno povećana čvrstoća, osobito u mokrom stanju, a smanjeno prekidno istezanje na 8 do 18%. To je i najznačajnija promjena u odnosu na standardno viskozno vlakno. Po ostalim fizikalno-kemijskim i toplinskim svojstvima modalna su vlakna vrlo slična viskoznima, razlikuju se tek neznatno. Tako zbog nešto većeg udjela kristalnih područja sposobnost upijanja vlage je neznatno manja (repriza 11,5 do 12,5%), a zbog manje količine mikropora smanjena je i sposobnost zadržavanja vode na 66 do 90%. Određene razlike postoje u morfološkim karakteristikama. Proizvode se uglavnom kao vlasasta vlakna i upotrebljavaju, sama ili u mješavini s pamukom, za slične namjene kao i viskozna vlakna. Uobičajene finoće vlakana ove namjene su 1,3 dtex-a za modalna i 1,0 dtex-a za mikromodalna vlakna, a dužina vlakna im je obično 38mm. Proizvodi od modalnih vlakana su kvalitetniji, ističu se postojanošću oblika, manje se gužvaju i lakše održavaju, čvrsti su u mokrom stanju, a po ugodnosti kod nošenja ne zaostaju za onima od viskoznih vlakana [1, 6].

Modalna vlakna imaju pravilniji poprečni presjek u odnosu na viskozna vlakna, do približno kružna oblika, po čemu se pri identifikaciji mogu donekle razlikovati od viskoznih vlakana. Karakteristične mikroskopske slike poprečnog presjeka i uzdužne slike modalnih i viskoznih vlakana vidljive su na slici 3 i 4.

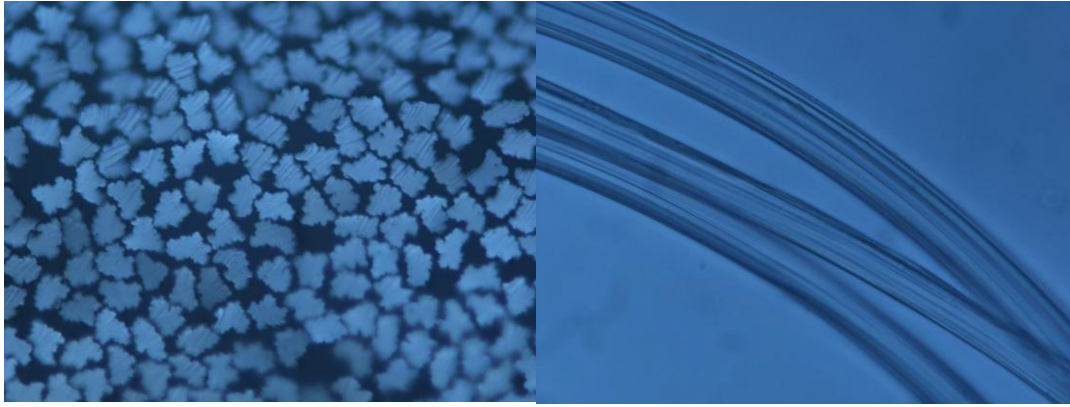


a)

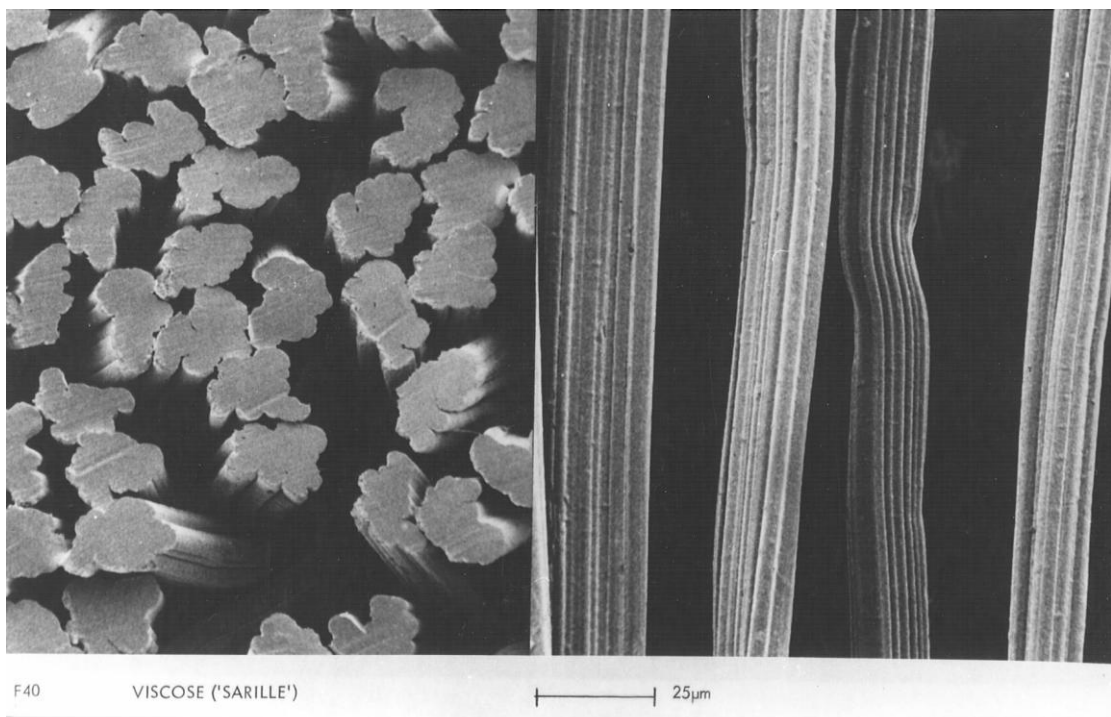


b)

Slika 3. Poprečni presjek i uzdužna slika modalnih vlakana: a) optički mikroskop, b) skenirajući elektronski mikroskop [7]



a)



b)

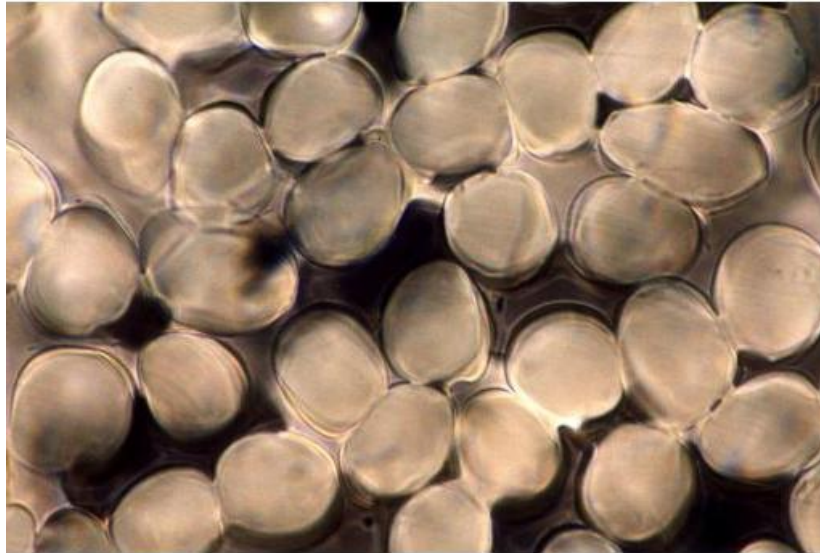
Slika 4. Poprečni presjek i uzdužna slika viskoznih vlakana: a) optički mikroskop, b) skenirajući elektronski mikroskop [7]

### 2.1.2. Liocelna vlakna

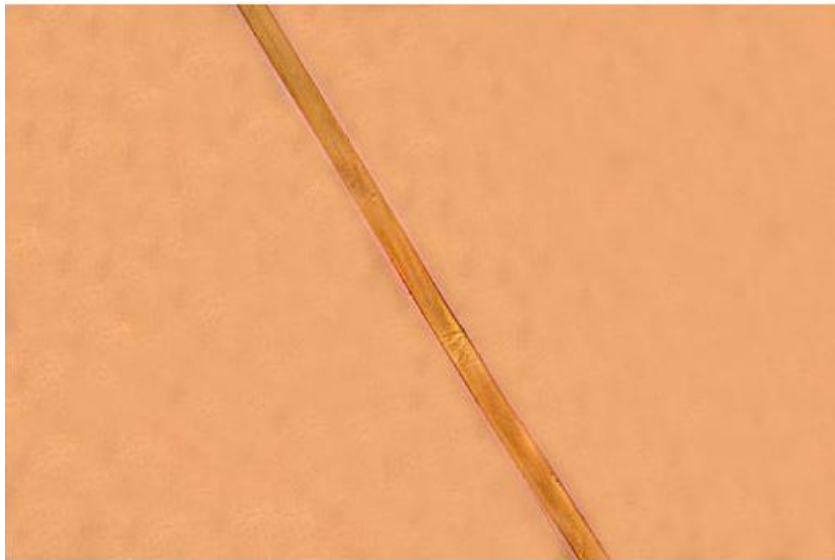
Prema normi ISO 2076 liocelna vlakna su umjetna vlakna izgrađena od molekula celuloze II, nastala otapanjem celuloze u organskim otapalima i ispredanjem mokrim postupkom, bez nastajanja derivata. Godine 1993. tvrtka Courtaulds u Velikoj Britaniji započinje komercijalnu proizvodnju ovih vlakana pod trgovačkim imenom Tencel. Proizvodnja vlakana se odvija u potpuno zatvorenom procesu uz gotovo potpunu regeneraciju otapala (99%), a kao taložno sredstvo se upotrebljava voda. Zbog svojeg ekološki prihvatljivog postupka proizvodnje i ugodnog dodira tržište ih je dobro prihvatilo, te su i neke druge svjetske tvrtke uvele proizvodnju liocelnih vlakana. Vlakna su glatke površine, poprečni presjek im je kružan do ovalan (slika 5 i 6), imaju veliku čvrstoću, ne nabijaju se statičkim elektricitetom i imaju dobru sposobnost upijanja vlage iz zraka (repriza im je 11,5%). Po kemijskoj građi liocelna vlakna su čista celuloza, kristalna građa ima oblik celuloze II. DP celuloze je veći od DP-a u drugim umjetnim celuloznim vlaknima i iznosi 550-600. Posebno valja istaknuti njihovu čvrstoću u suhom (3,4 do 4,2 cN/dtex) i osobito u mokrom stanju, koja iznosi 3,4 do 3,8 cN/dtex čime dostiže pa i premašuje vrijednosti čvrstoće pamučnih vlakana. Ne nabijaju se statičkim elektricitetom, što omogućuje dobru udobnost odjeće od liocelnih vlakana. Upijanjem vode vlakna veoma bubre, uz povećanje promjera do 35%. Afinitet prema bojilima i sposobnost bojadisanja, kao i preradivost vlakana u uobičajenim procesima tekstilne industrije je dobra. U usporedbi s celuloznim regeneratima (CV, CM, CUP) liocelna vlakna imaju veći stupanj kristalnosti, izrazitiju fibrilnu strukturu i bolju ukupnu orijentaciju strukture. Zbog izrazite fibrilne strukture usmjerene prema uzdužnoj osi vlakna, liocelna vlakna imaju veliku sklonost uzdužnom kalanju, tj. fibriliranju, što se kod viskoznih i modalnih vlakana zapaža u znatno manjoj mjeri. Razlog povećanom stupnju kristalnosti i izrazitoj uzdužnoj orijentaciji strukture je u tome što već u otopini za ispredanje dolazi do ispravljanja makromolekulnih lanaca celuloze i njihovog orijentiranja prema uzdužnoj osi vlakna, a usmjerenost strukture se u daljnjim fazama procesa ispredanja još povećava. Zbog toga u strukturi liocelnih vlakana postoje veća, dulja i bolje orijentirana kristalna područja, a orijentirana su i amorfna područja. Šupljine u vlaknu su također izdužene i orijentirane duž osi vlakna. Uz sklonost ovih vlakana bubenju, to su glavni čimbenici izrazite fibrilacije, posebice u uvjetima mehaničkih naprezanja pri alkalnim mokrim obradama. Taj se nedostatak iskorištava za dobivanje tkanina izrazito fino dlakave površine i fina, mekana dodira (breskvina kožica) i tako pretvara u poželjni modni izgled [1, 5].



Liocelna vlakna dobivaju se direktnim otapanjem drvene celuloze dobivene iz eukaliptusa i bukve, otapanjem u N-metilmorfolin-N-oksidu (NMMO), a za stvrđnjavanje polimernog mlaza koristi se jednostavno taložno sredstvo voda. Struktura, koja određuje svojstva vlakana, velikim je dijelom određena parametrima procesa ispredanja. U otopini celuloze za ispredanje liocelnih vlakana molekule su u ispravnijem obliku u odnosu na molekule u otopini za ispredanje viskoznih vlakana koje su sklopčane, što je vjerojatno posljedica specifičnosti procesa otapanja celuloze u NMMO. Smatra se da u otopini postoji određeni stupanj pravilnog poretka makromolekula koji omogućuje i djelomično stvaranje tekućih kristala, zbog toga se već prolaskom otopine kroz kapilaru mlaznice makromolekule pravilno usmjeravaju i postiže se znatna orijentacija makromolekula u smjeru uzdužne osi vlakna. Nakon izlaska iz mlaznice polimerni mlaz nakratko prolazi kroz zračni prostor gdje se hladi pri čemu uslijed istezanja dolazi do daljnjeg povećanja orijentacije molekula celuloze, naknadno ide u kupelj za ispredanje. Veća brzina ispredanja donosi bolja tekstilno-mehanička svojstva, a zbog brzine procesa ispredanja u koagulacijskog kupelji vlakana vrlo intenzivna orijentacija se uglavnom zamrzava, te se konačna struktura vlakna dobiva istezanjem nakon ispredanja. Proces difuzije ima najvažniji utjecaj na strukturu vlakna tijekom koagulacije polimernog mlaza i tvorbe niti u mokrom postupku ispredanja. Difuzija se odvija u dva smjera, s jedne strane pri taloženju polimera u kupelji uvijek se događa difuzija otapala iz polimera u taložnu kupelj, te taj proces uzrokuje povećanje koncentracije polimernog mlaza i konačno njegovu koagulaciju i stvrđnjavanje. Uz gubitak otapala difuzijom u kupelj, dio otapala se istiskuje iz polimera difuzijom taložnog sredstva u polimerni mlaz. Efekt ovog procesa je stvaranje nabubrenog gela velike granične površine na površinskom sloju vlakana. Na graničnoj površini djeluju površinske sile napetosti koje bitno utječu na geometriju površine vlakana, tj. na oblik poprečnog presjeka [2].



Slika 5. Poprečni presjek liocelnih vlakana, optički mikroskop [7]



Slika 6. Uzdužna slika liocelnih vlakana, optički mikroskop [7]

U tablici 1 dan je usporedni prikaz svojstava pamučnih vlakana i celuloznih regeneriranih vlakana (viskozni, modalni i liocelni).

Tablica 1. Usporedba svojstava modalnih, liocelnih, viskozni i pamučnih vlakana [5]

Vlakno	Modalno	Liocelno	Viskozno	Pamučno
DP celuloze	450 - 550	550 - 600	300 - 350	2000 - 3000
Čvrstoća, cN/tex				
- u suhom stanju	34 – 38	34 – 40	22 – 26	20 – 24
- u mokrom stanju	18 – 22	28 – 35	10 – 15	26 - 30
Prekid. istezanje, %				
- u suhom stanju	14 – 16	6 – 12	20 – 25	7 – 9
- u mokrom stanju	15 - 18	8 – 14	25 – 30	12 – 14
Repriza, %	12,5	11 – 13	13	8
Finoća, dtex	1 - 50	1 – 50	1 - 50	1,5 - 2

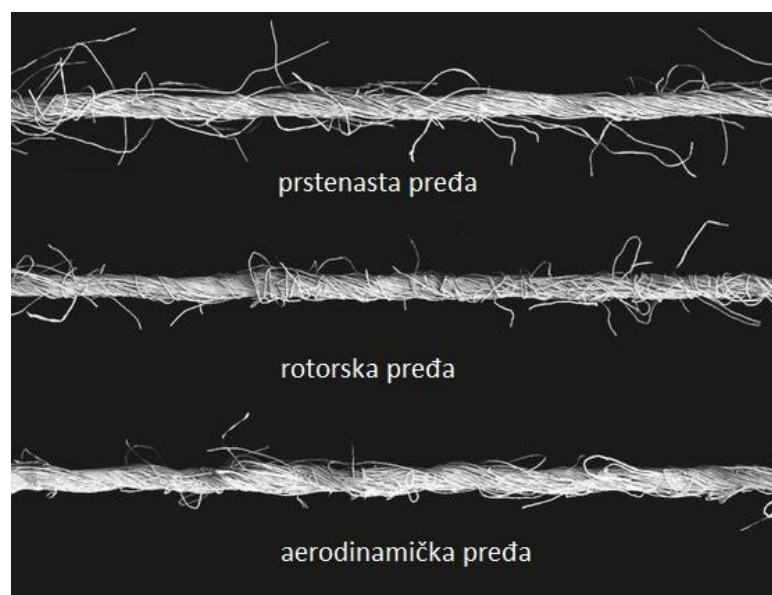
## 2.2. Proizvodnja predene prede za izradu pletiva

Predenje je mehaničko-tehnološka operacija kojom se od tekstilnih vlakana uvijanjem dobiva vrlo dugačka nit, tj. pređa. Nit mora biti prikladne čvrstoće i najčešće jednonitna služi kao poluproizvod za daljnju preradbu, tkanje i pletenje. Dimenzija namotka obično diktira duljinu prede [8].

Predmeti kao što su kamena vretena pronađena u alpskim područjima dokazuju da je ručno predenje bilo poznato već u davno povijesno doba. Prvi zapisi o upotrebi pamuka za izradbu prede potječu od Herodota 5. stoljeće pr. kr., ali tek je u 13. stoljeću pronađen ručni kolovrat koji je poboljšao učinak ručnog vretena. U drugoj polovici 18. stoljeća strojevi za predenje naglo su se počeli razvijati u Engleskoj, a kasnije se razvoj predilica nastavio u SAD-u, gdje je J. Thorpe 1829. razvio prstenastu predilicu.

Umjetna vlakna su se najprije proizvodila kao filamenti, zatim su se počela proizvoditi kao zamjena za prirodna vlakna, zbog toga bilo je potrebno prilagoditi njihova glavna fizikalna svojstva, najviše duljinu i finoću. Vlakna rezana na određenu duljinu zovemo vlasak. Danas

razlikujemo umjetna vlasasta vlakna pamučnog tipa koja su kraća i finija, vunenog tipa koja su dulja, grublja i kovrčava te druge tipove. Najčešće se pređenje prema konvencionalnim postupcima završava prematanjem pređe s namotaka predilice na veći križni namotak uz izdvajanje zadebljanja i tankih dijelova niti, pa se upućuje na dalju preradbu tkanjem, pletenjem ili končanjem. Za neke svrhe pređa se još i pari, bijeli, bojadiše i mercerizira [1, 9]. Pritom se za izradu pletiva najčešće primjenjuju jednonitne pređe dobivene konvencionalnim postupkom prstenastog pređenja. U novije vrijeme u primjeni su i pređe predene nekonvencionalnim rotorskim te aerodinamičkim postupkom koje se razlikuju po strukturi i svojstvima (slika 7).

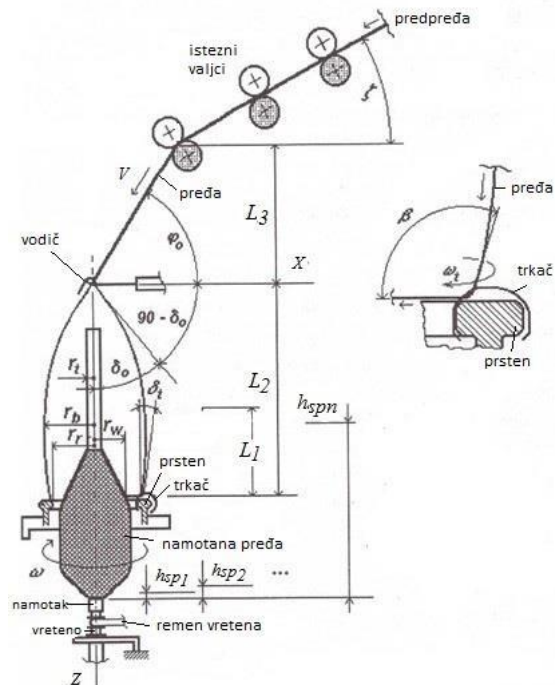


Slika 7. Usporedba pređa proizvedenih prstenastim, rotorskim i aerodinamičkim postupkom pređenja [10]

### 2.2.1. Prstenasti postupak pređenja

Sa namotka se pretpređa uvodi u istezni uređaj gdje se pomoću valjka vrši njeno istezanje, potom izlaskom iz isteznog uređaja pređa prolazi kroz vodič koji ju uvodi na trkač prstenaste predilice. Okretanjem vretena pomoću vretenske trake dolazi do kretanja trkača po prstenu prilikom čega zbog njegove rotacije dolazi do uvijanja pređe, čime sama pređa postaje čvršća. Jedan okretaj trkača rezultira jednim uvojem pređe. Namatanje pređe na predionički namotak događa se zbog zaostajanja trkača za vretenom uslijed visoke sile trenja između metalnih dijelova (trkača i prstena) i sile otpora zraka koja djeluje na trkač i predionički namotak (slika 8). Tijekom procesa prstenastog pređenja vlakna u pređi i pređi su izravnata i u

međusobno paralelnom položaju. Krajnji broj uvoja pređe će ovisiti o vrsti vlakana iz koje se izrađuje pređe, njezinoj namjeni i željenoj finoći [9, 11].



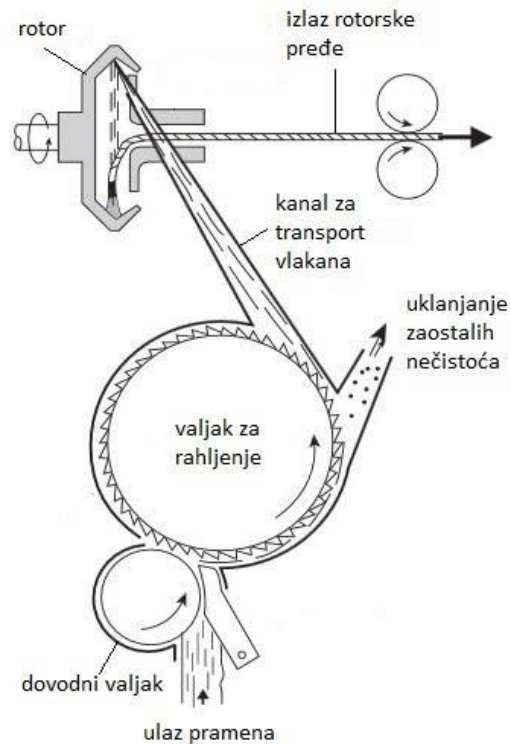
Slika 8. Shematski prikaz prstenaste predilice [12]

U prstenastoj pređi vlakna imaju dobru orijentaciju, te je pređa čvrsta i uvijena. Uvijenost joj raste od središta prema površini gdje su vlakna najviše uvijena. Minimalan broj vlakana u poprečnom presjeku prstenaste pređe je 50 do 75. Prstenasta pređa koristi se za izradu plošnih proizvoda za odijevanje, postelnog rublja, pređa za šivanje u konfekciji, industriji obuće, a raznovrsnost njene upotrebe je moguća jer se proizvodi u rasponu finoća od 7,5 do 500 tex [9].

### 2.2.2. Rotorski postupak pređenja

U postupku rotorskog pređenja pramen sa prethodne faze istežanja ulazi u rotorsku predilicu te se dovodi do valjka za rahljenje koji otvara pramen do pojedinačnih vlakana te uklanja zaostale nečistoće. Zbog djelovanja podtlaka pojedinačna vlakna silaze s valjka u odvodnom kanalu valjka, odnosno dovodnom kanalu rotora (transportni kanal) kroz kojeg se dovode i tangencijalno ubacuju u rotor. U rotoru se zbog djelovanja centrifugalne sile uzrokovane kretanjem rotora, brzinom i do 150 000 okretaja u minuti vlakna skupljaju u snop i vrtnjom po

stjenkama rotora međusobno uvijaju zbog čega dolazi do formiranja pređe (slika 9). Nastala pređa se odvodnim valjcima prenosi do valjaka za namatanje pomoću kojih se namata na križni namotak [9].



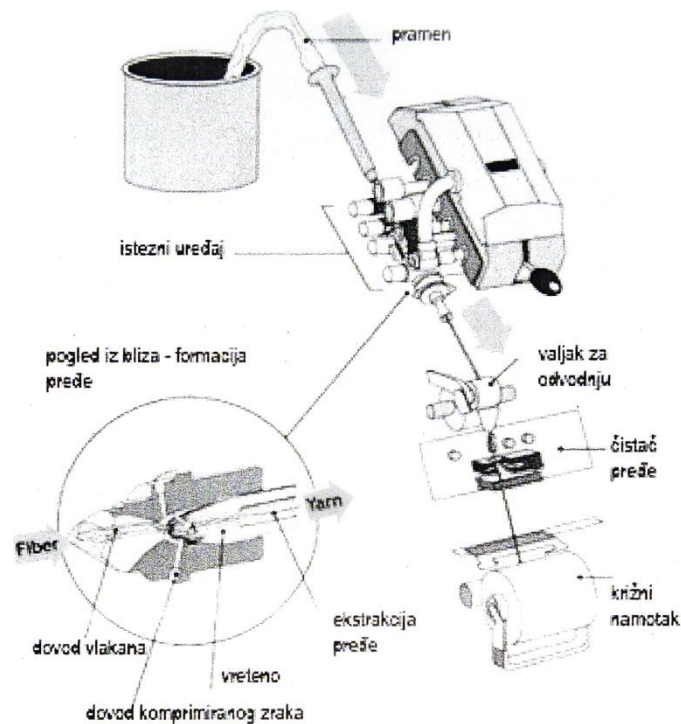
Slika 9. Shematski prikaz rotorske predilice [12]

Rotorska pređa u odnosu na prstenastu ima manju čvrstoću i krutost, uvijenost je najveća u središtu pređe, a smanjuje se prema njenoj površini. Minimalan broj vlakana u poprečnom presjeku rotorske pređe je između 90 i 110. Postupak proizvodnje rotorske pređe u odnosu na postupak prstenastog pređenja nema fazu predpređenja i fazu prematanja. Zbog kraćeg postupka proizvodnje, rotorske predilice imaju višestruko bolji učinak proizvodnje pređe naspram prstenastih predilica [9].

### 2.2.3. Aerodinamički postupak pređenja

Aerodinamička pređa izrađuje se u mlaznici za ispredanje uz pomoć komprimiranog zraka (0,6MP-a). U mlaznicu se tangencijalno dovodi zrak kroz četiri male rupice postižući brzinu od milijun okretaja po minuti. Rotiranje slobodnih krajeva vlakana pređe oko vretena koji miruje i stvaranje vakuuma su dvije funkcije koje okretanje zraka, odnosno vortex ima.

Slobodni krajevi vlakana omotavaju se oko jezgre pređe zbog njihove rotacije, dok jezgra vlakana ostaje paralelna na os struje vlakana.



Slika 10. Shematski prikaz aerodinamičke predilice [12]

Nakon faze istezanja pramen dovodimo do isteznog uređaja koji je sastavljen od 4 para valjaka. Snop vlakana nakon istezanja u isteznom uređaju ulazi u prvu zonu uvijanja vlakana strujom zraka u smjeru S. U drugoj zoni, ovisno o tipu predilice, pređa se uvija u suprotnom Z smjeru ili između frikcijskih valjaka ili strujom zraka. Uvijanjem rubnih vlakana u Z smjeru napravili smo plašt pređe, te se prividno gube vlakna jezgre pređe. Pređa se potom odvodi odvodnim valjcima, prolazi pored odsisnog uređaja, čistača i namata se na križni namotak (slika 10). Struktura aerodinamičke pređe ima relativno paralelnu jezgru vlakana koje se drže zajedno pomoću napetosti površine. Jezgrom vlakana nazivamo paralelna vlakna, a omotačem obavijajuća. Aerodinamička pređa zbog određenog i posebnog načina formiranja pokazuje smanjenu sklonost površinske migracije vlakana [9, 13].

### 2.3. Kulirna pletiva

Pletenje je mehanički postupak koji se sastoji u savijanju niti u valoviti oblik, stvarajući pritom očice. Plošni tekstilni proizvod u ovom slučaju izrađuje se oblikovanjem očica od niti koje se međusobno povezuju i prepleću po određenom sustavu. Međusobno povezane očice oblikuju pletivo. Redovi očica vežu se jedni na druge. Razlikuje se pletivo po potki koje se dobiva od jednog ili više sustava niti koje prolaze vodoravno u redovima i pletivo po osnovi koje nastaje prolazom sustava niti okomito u nizovima. Za razliku od tkanina koje se dobivaju tkanjem dvaju unakrsnih sustava niti, pletivo se dobiva jednim sustavom niti ili samo jednom niti stvaranjem očica i međusobnim prepletanjem. Pletenje je, prema tome, izradba očica od niti i povezivanje tih očica u pletivo koje je konačni proizvod ili se dalje prerađuje [14].

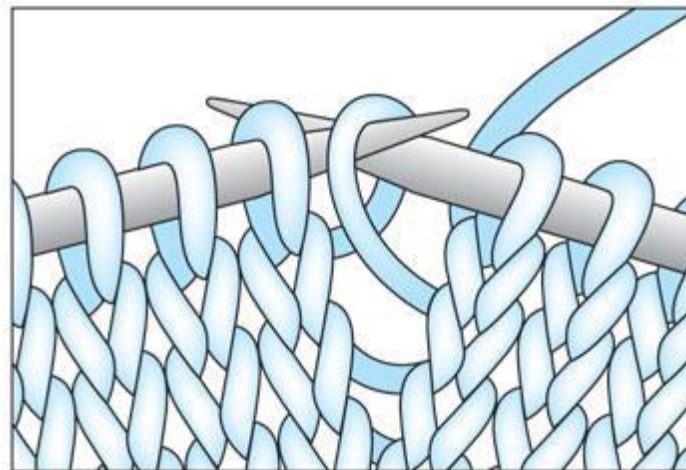
U početku je tehnika pletenja bila većinom orijentirana na proizvodnju čarapa, a poslije je uporaba pletiva proširena na izradbu rublja te pojedinih gornjih odjevnih predmeta. Kulirno pletenje je postupak gdje najčešće jedna nit kulira u vodoravnom smjeru, potom se kulirana nit sjedinjuje s prethodnim vodoravnim sustavima očica u pletivo. Te se operacije ponavljaju tijekom cijelog vremena pletenja. Uz temeljnu nit uvoditi se mogu i dodatne niti radi npr. izrade šara, desena i nekih posebnih površinskih efekata. Kulirna pletiva se lako paraju red po red, obrnuto nego što su ispletena. Kulirno pletivo još ima i trivijalni naziv potkino pletivo [8, 9].

Kulirna pletiva izrađuju se u raznim prepletima kao što su glatko ili džersi pletivo kod kojeg su na licu uočljivi ravni uzdužni nizovi desnih očica (slika 11), a na naličju horizontalni redovi lijevih očica zbog čega se to pletivo naziva i desno-lijevo pletivo. Dvostrano lijevo pletivo je ono kod kojega su s lica i naličja vidljive samo lijeve očice, a dvostrano desno pletivo je pletivo kod kojeg su s lica i naličja vidljive samo desne očice [8, 14].



### 2.3.1. Dvostrano desna pletiva

Dvostrano desna pletiva dolaze u raznim prepletima, mogu imati izraženu reljefnu teksturu u kojoj se ističu uzdužne izbočene pruge od desnih očica između kojih je niz lijevih očica, a s lica i naličja su vidljive samo desne očice. Takva pletiva mogu biti raznolike strukture, odnosno između reljefnih pruga desnih očica može se nalaziti jedan (1x1 pletivo), dva (1x2) ili više niza lijevih očica. Može biti i različiti broj nizova desnih očica, pa tako postoji 2x2 dvostrano desno pletivo (2 niza desnih očica između kojih se nalazi 2 niza lijevih očica). Također, dvostrano desno pletivo ne mora imati izraženu reljefnu strukturu, kao kod interlok pletiva kojeg se može shvatiti kao dva odvojena pletiva koja su međusobno isprepletana tako da su sa lica i naličja vidljive samo desne očice. Interlok je mekana opipa i ima dobru dimenzijsku stabilnost, a odjeća od ovog pletiva zadržava svoj oblik i ne deformira se tijekom uporabe [9].



Slika 11. Shematski prikaz desnih očica na primjeru ručnog pletenja [9]

### 2.3.2. Trikوتاža

Naziv trikوتاža je široko u upotrebi uz opći pojam pletiva i pletene odjeće. Pod tim nazivom podrazumijevamo tanje pletivo od kojeg se izrađuje odjeća na način sličan izradi odjeće iz tkanina, odnosno krojenjem i šivanjem. Trikوتاža se uglavnom povezuje s pamučnim pletivom, a u primjeni su i pletiva izrađena iz regeneriranih celuloznih vlakana koja osiguravaju svilenkast opip, bolju higroskopsnost i iznimnu kontaktnu udobnost. Takvim načinom izrađuje se donje pleteno rublje i laganija gornja pletena odjeća. Različito tome, dijelovi debljih i punijih odjevnih predmeta izrađuju se komandno prema kroju, odnosno u odgovarajućem obliku i dimenzijama, te se potom spoje šivanjem u odjevni predmet. Pletena roba izrađena na industrijski način naziva se još i trikotažnom robom (francuski tricoter – plesti). Takvi pleteni predmeti mogu se podijeliti u dvije skupine: gornja trikوتاža kao što su džemper, veste, tunike, haljine, šalovi i donja trikوتاža: pleteno rublje (slika 12) [14].



Slika 12. Primjeri pletenog donjeg rublja [15, 16]

## 2.4. Doradbeni postupci na pletivu

Kako bi tekstilnim materijalima poboljšali svojstva ili dobili određeni željeni izgled oplemenjujemo ih različitim procesima, najčešće u prisustvu vode gdje govorimo o procesima mokre apreture. Procesima bojadisanja i tiska tekstilni materijal dobiva određeni željeni izgled u pogledu obojenosti. Procesima mokre apreture možemo mu promijeniti i druga svojstva kao što su dimenzijska stabilnost, otpornost na gorenje i vodoodbojnost. Materijali se mogu obrađivati i u suhom stanju bez prisustva tekućine i tada govorimo o suhom oplemenjivanju gdje se susrećemo sa fizikalno- mehaničkim i termičkim procesima. Procesima suhe apreture mijenjamo svojstva kao što su opip, sjaj, voluminoznost i dimenzijska stabilnost [17].

Neki od postupaka oplemenjivanja:

Kalandriranje, glačanje i valjanje su postupci kojima je cilj dobivanje glatke površine u svrhu dobivanja glatkih tekstilija. Glačanje i kalandriranje se izvode propuštanjem suhe ili blago navlažene tkanine preko strojeva s više sustava valjaka. Pritom jedni djeluju težinom (željezni), a drugi toplinom (šuplji i zagrijani vodenom parom). Tkanina dobiva ravnomjernu, više ili manje sjajnu površinu i u nategnutom stanju namotava se na tube. Valjanje je postupak sabijanja tkanine od grebenane vune koja se prethodno namače u toploj sapunici. Strojevi za valjanje sastoje se od sustava valjaka (kod lakših tkanina) ili od sustava drvenih čekića (kod teških tkanina) kojima se sva stršeća vlakna na površini zamrse i uvaljaju. Tako tkanina dobiva pustenast izgled, vez u kojem je tkanina izrađena nije više vidljiv, a sama tkanina postaje punija i gušća [18].

Čupavljenje je proces mehaničke obrade materijala kojom se na jednoj ili obje strane tekstilnog plošnog proizvoda stvara vlasasta površina, a provodi se s ciljem povećanja volumena. Nakon čupavljenja tkanina/pletivo postaje bolji toplinski izolator, dobiva se mekan opip. Čupavljenjem se u određenoj mjeri oštećuje površina vlakana zbog čega se smanjuje njegova čvrstoća. Danas je u velikoj mjeri za podlogu koriste i pletiva kod kojih je struktura pređe otvorenija pa ih se većinom ne treba prethodno podvrgavati postupku čupavljenja i šišanja [17].

Bijeljenje se radi oksidativnim sredstvima, najčešće vodikovim peroksidom. Tijekom bijeljenja obojene se tvari razgrađuju i prelaze u bezbojne produkte, koji se lako ispiru. Svrha bijeljenja je dobivanje visoke bjeline uz neznatno oštećenje celuloze. Glavni parametri koje treba kontrolirati kod oksidativnog bijeljenja su koncentracija sredstva za bijeljenje, temperatura, pH vrijednost kupelji i vrijeme. Može se kemijski bijeliti s natrijevim hipokloritom, natrijevim kloritom, vodikovim peroksidom, peroctenom kiselinom i perkarbonatom. Spojevi na bazi klora više nisu dozvoljeni, pa se vodikov peroksid danas najviše koristi za oksidativno bijeljenje pamuka i njegovih mješavina. Razlozi su što je relativno jeftin, bijeljenjem s njim postižu se visoke i trajne bjeline, rad je jednostavan, a oštećenje vlakana manje [17].

Mercerizacija je najstariji poznati proces postojanog oplemenjivanja pamuka i ostalih prirodnih celuloznih vlakana. Mercerizacijom pamuk dobiva plemenita svojstva koja su postojana na kemijske i mehaničke operacije, kao i postojanost u upotrebi i postupcima njege. Značenje mercerizacije je u posljednje vrijeme još i poraslo, osobito nakon što su uvedeni procesi visokog oplemenjivanja pamuka i njegovih mješavina i nakon što su porasli zahtjevi za dimenzijskom stabilnošću i visokom kvalitetom pletiva. Razrađeni su procesi vruće mercerizacije i mercerizacije u tekućem amonijaku koji bi trebali zamijeniti proces klasične mercerizacije hladnom Na-lužinom. Glavna poboljšana svojstva koja se postižu u mercerizaciji su povećanje sjaja, poboljšanje adsorptivnosti bojila, povećana otpornost na habanje i savijanje, povećana prekidna sila, povećanje stabilnosti dimenzija i poboljšanje svojstva visoko oplemenjenih materijala [9, 17].

Impregniranje je vrsta apretiranja tkanina koja se provodi radi zaštite od moljaca, plijesni, gužvanja i vode. Protiv plijesni tkaninama se dodaju razna antiseptička sredstva u malim količinama (salicilna, borna kiselina). Vodoodbojnost tkanina postiže se raznim sredstvima. To mogu biti soli nekih metala, parafin, masne kiseline, vosak, smola, sušiva ulja itd. Sredstva za impregniranje ulaze u prostor između vlakana i oduzimaju mu sposobnost upijanja vode i propuštanja kapljevite vode. Tkaninama se tim postupkom bitno smanjuje sposobnost brzog upijanja vode [17].

Stabiliziranje dimenzija i oblika pletiva radimo da tekstilni materijali u uvjetima uporabe i njege značajnije ne mijenjaju dimenzije, tj. da promjena bude u određenim granicama.

Promjena dimenzija mora se što je moguće više kontrolirati, posebno kod materijala koji se češće peru jer se najveće promjene dimenzija događaju upravo prilikom pranja i sušenja. Materijali moraju biti dimenzijski stabilni i prilikom kemijskog čišćenja ako je preporučen takav način njege od strane proizvođača. Prilikom uporabe i njege najčešće dolazi do skupljanja materijala, ali može doći i do širenja. Neki od čimbenika koji utječu na dimenzije i oblik pletiva su vrsta vlakana, oblik presjeka, finoća vlakana, uvojitost pređe, vrsta prepleta, djelovanje mehaničkih sila u postupcima pređenja i pletenja, gustoća pletiva, površinska masa materijala i postupci mokrog oplemenjivanja. Prirodna vlakna koja se najčešće koriste za proizvodnju donjeg rublja su pamučna vlakna. Pamuk pripada skupini prirodnih celuloznih vlakana koji imaju izrazitu hidrofilnost i malo područje elastičnog rastezanja niti, u vodi vlakna bubre zbog prodora molekula vode u intermicelarne prostore i zbog njezinog kemijskog povezivanja sa slobodnim hidroksilnim skupinama koje se nalaze u strukturnim molekulama vlakana. Kod pamučnih pletiva zbog bubrenja nit pređe u očici je prisiljena svoj oblik prilagoditi povećanom presjeku zbog čega dolazi do skupljanja pletiva. Sintetska vlakna je moguće termofiksirati, mnogo su elastičnija od pamučnih vlakana i manje su hidrofilna što ih čini dimenzijski stabilnijima, zbog tih svojstava sintetska vlakna se često koriste u mješavinama s prirodnim vlaknima kako bi se poboljšala dimenzijska stabilnost [17].

Kod proizvodnje pređa i pletivo su podvrgnuti velikim naprezanjima koja utječu na njihovo skupljanje. Pri skidanju pletiva s pletaćeg stroja dolazi do njegova skupljanja zbog popuštanja sila koje su držale pletivo i dolazi do relaksacije pletiva, odnosno uspostavljanja ravnoteže u određenom vremenu. Uspostavljanje ravnoteže dolazi postepeno, a vrijeme ovisi o karakteristikama pređe, temperaturi, vlazi prostora i naprezanju kojem je pletivo bilo izloženo. Kako bi dobili zadovoljavajuću dimenzijsku stabilnost pletiva postupak pletenja treba provoditi uz što manju napetost pređe i uz minimalno zatezanje pletiva. Po završetku relaksacije dobije se dimenzijski stabilni materijal iako relaksacija pletiva uzrokuje najveće dimenzijske promjene. Stanje rastezanja nekog pletiva u odnosu na potpuno relaksirano stanje naziva se potencijal skupljanja, a možemo se najbolje smanjiti mokrom obradom u vodi na povišenoj temperaturi uz relativan pokret materijala uz što je moguće manje istezanje. Kako bi relaksacija bila potpuna na kraju svakog postupka relaksiranja pletiva važno je omogućiti kondicioniranje pletiva u uvjetima standardne atmosfere definirane normom HRN EN 139:2008/A1:2011 [9, 17].

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

#### **3.1. Temeljni pristup istraživanju**

Kako bi se moglo koristiti za izradu donje trikotaže, pletivo mora zadovoljavati visoke zahtjeve na uporabna svojstva, posebno zbog činjenice što je riječ o odjevnim predmetima koji su u izravnom dodiru s kožom. Važno je i odabrati odgovarajuću pređu i preplet u kojem će se pletivo izraditi te postupak pletenja i oplemenjivanja pletiva. Razlike u sirovinskom sastavu i strukturi pređe uvjetovane postupkom pređenja izravno utječu na krajnja svojstva gotovog proizvoda. Stoga je neophodno međusobno uskladiti i usporediti svojstva različitih pređa i od njih izrađenih pletiva. Zbog činjenice da postoji mali broj europskih normi koje definiraju ispitivanje i karakterizaciju pletiva, potrebno je proširiti istraživanja i razvijati metode vrjednovanja njihove uporabne kvalitete.

Stoga je cilj ovog rada:

- ispitati i usporediti uporabna svojstva tanjih kulirnih sirovih i dorađenih pletiva izrađenih u desno-desnom prepletu od pređa jednake finoće izrađenih različitim postupcima pređenja (prstenastim, rotorskim i aerodinačnim) iz modalnih, mikromodalnih i liocelnih vlakana,
- primjenom razrađene metodike vrjednovanja kvalitete prema normiranim metodama utvrditi im plošnu masu, debljinu i gustoću; ispitati otpornost na habanje metodom prohabavanja; ispitati sklonost površinskom pilingu nakon 125, 500, 1000, 2000, 5000 i 7000 habajućih ciklusa te ispitati dimenzijsku stabilnost pletiva nakon jednog provedenog ciklusa pranja i sušenja.

### 3.2. Primijenjeni materijali

U radu su ispitivani uzorci cjevastih kulirnih desno-desnih pletiva (1x1) namijenjenih izradi lagane gornje pletene odjeće i donjeg rublja izrađeni iz pređa jednake finoće (20 tex-a): jednonitne pređe od vlasastih modalnih vlakana prosječne finoće 1,3 dtex-a i duljine 38 mm dobivenih postupkom prstenastog, rotorskog i aerodinamičkog pređenja; jednonitne pređe od vlasastih mikromodalnih vlakana prosječne finoće 1 dtex-a i duljine 38 mm dobivenih postupkom prstenastog, rotorskog i aerodinamičkog pređenja te jednonitne pređe od vlasastih liocelnih vlakana prosječne finoće 1,3 dtex-a i duljine 38 mm dobivenih postupkom prstenastog, rotorskog i aerodinamičkog pređenja.

Uzorci pletiva izrađeni su u laboratoriju Zavoda za projektiranje i menadžment tekstila Sveučilišta u Zagrebu Tekstilno-tehnološkog fakulteta. Pletiva su izrađena na kružnopletaćem dvoigleničnom stroju koji je namijenjen za izradu glatkog kulirnog desno-desnog pletiva koje će se dalje koristiti za izradu donjeg rublja. Stroj ima finoću E17, promjer cilindra 200 mm te 432 igle po iglenici (432x2), a plete sa osam pletaćih sustava zbog čega je od svake pređe bilo potrebno pripremiti po osam namotaka jer se jednom pletaćem sustavu dovodi pređa s jednog namotka. Vlačna sila dopremanja pređe pletaćem sustavu u prosjeku je iznosila  $3 \pm 1$  cN. Izrađeno je po 50 m svakog uzorka pletiva. Povlačenje pletiva provedeno je parom valjaka koji se nalaze 700 mm udaljeni od zone pletenja, a ispod povlačnih valjaka pletivo je odlagano u korito.

Nakon procesa pletenja pletiva su relaksirana deset dana. Od svakog ispletenog uzorka polovica pletiva je oplemenjena odn. dorađena u proizvodnim uvjetima. U doradi su pletiva prana s početnom temperaturom 40 °C. Potom su stavljena sredstva za pranje, bijeljenje i stabilizaciju pri čemu je temperatura povećana na 98 °C. Nakon ispiranja, obavljeno je hladno pranje s neutralizacijom i omekšavanjem pletiva. Nakon pranja pletiva su sušena na temperaturi 150 °C, pri prolazu materijala kroz sušnicu 0,15 m/s. Dorađena su pletiva složena u preklopnom položaju i tako skladištena za daljnja istraživanja.

Za ispitivanje je pripremljeno ukupno osamnaest uzoraka, odnosno devet parova, od kojih je polovica bila ispitana u sirovom stanju, a druga polovica je oplemenjena odn. doradena u proizvodnim uvjetima. U tablici 2 nalazi se opis ispitivanih pletiva uz pripadajuće oznake koje će se dalje koristiti u ovom radu.

Tablica 2. Oznake i opis ispitivanih pletiva

Oznaka uzorka pletiva	Opis uzorka pletiva
MMD-S-P	Sirovo pletivo iz prstenaste pređe od mikromodalnih vlakana
MMD-D-P	Dorađeno pletivo iz prstenaste pređe od mikromodalnih vlakana
MMD-S-R	Sirovo pletivo iz rotorske pređe od mikromodalnih vlakana
MMD-D-R	Dorađeno pletivo iz rotorske pređe od mikromodalnih vlakana
MMD-S-A	Sirovo pletivo iz aerodinamičke pređe od mikromodalnih vlakana
MMD-D-A	Dorađeno pletivo iz aerodinamičke pređe od mikromodalnih vlakana
MD-S-P	Sirovo pletivo iz prstenaste pređe od modalnih vlakana
MD-D-P	Dorađeno pletivo iz prstenaste pređe od modalnih vlakana
MD-S-R	Sirovo pletivo iz rotorske pređe od modalnih vlakana
MD-D-R	Dorađeno pletivo iz rotorske pređe od modalnih vlakana
MD-S-A	Sirovo pletivo iz aerodinamičke pređe od modalnih vlakana
MD-D-A	Dorađeno pletivo iz aerodinamičke pređe od modalnih vlakana
CLY-S-P	Sirovo pletivo iz prstenaste pređe od liocelnih vlakana
CLY-D-P	Dorađeno pletivo iz prstenaste pređe od liocelnih vlakana
CLY-S-R	Sirovo pletivo iz rotorske pređe od liocelnih vlakana
CLY-D-R	Dorađeno pletivo iz rotorske pređe od liocelnih vlakana
CLY-S-A	Sirovo pletivo iz aerodinamičke pređe od liocelnih vlakana
CLY-D-A	Dorađeno pletivo iz aerodinamičke pređe od liocelnih vlakana



### 3.3. Ispitne metode

Uzorci pletiva su odmotani sa svitka i položeni na stol u prostoru standardne atmosfere za ispitivanje (SAI, Hr = 65 ± 4%; T = 20 ± 2°C) najmanje 24 sata kako bi se uzorci kondicionirali prije pripreve epruveta za ispitivanje, a prema normi HRN EN ISO 139:2008/A1:2011 [19].

#### 3.3.1. Ispitivanje temeljnih karakteristika pletiva

Ispitivanjem smo utvrdili plošnu masu, debljinu i gustoću pletiva prema odgovarajućim normama.

#### PLOŠNA MASA

Plošna masa se definira kao masa četvornog metra plošnog proizvoda prema normi HRN ISO 3801:2003 [20]. Iskazuje se u g/m<sup>2</sup>, a računamo je prema izrazu:

$$m_A = m_k \cdot 100 \text{ [g/m}^2\text{]} \quad (1)$$

gdje su:

$m_A$  – plošna masa ispitivanog materijala [g/m<sup>2</sup>],

$m_k$  – masa kondicionirane epruvete površine 100 cm<sup>2</sup> [g].

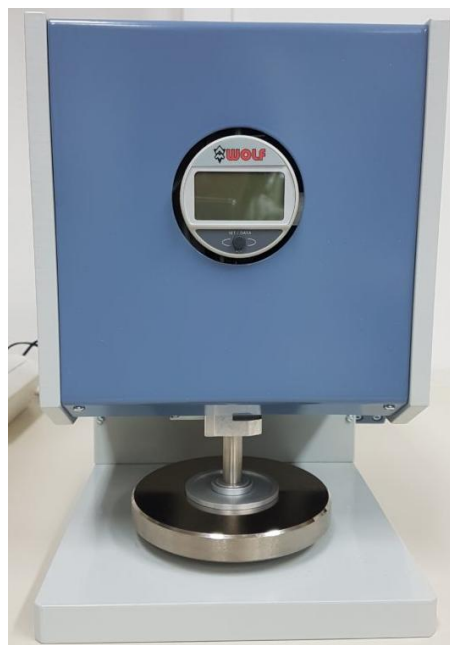
Za ispitivanje nam je potrebno pet uzoraka kružnog oblika površine 100 cm<sup>2</sup> koje smo izrezali posebnim uređajem za izrezivanje epruveta. Uzorci su prethodno kondicionirani u uvjetima standardne atmosfere definirani normom HRN EN ISO 139:2008/A1:2011. Cjevasto pletivo smo prvo razrezali po duljini kako bi se dobilo pletivo u raširenom stanju, a potom smo izradili epruvete odgovarajućih dimenzija. Epruvete smo izvagali na analitičkoj vagi uz preciznost od 0,001g (slika 13). Rezultat je potrebno iskazati kao prosječnu vrijednost uz preciznost 0,1g [21].



Slika 13. Analitička vaga

## DEBLJINA PLOŠNOG PROIZVODA

Debljina plošnog proizvoda je definirana kao razmak između dvije metalne ravne paralelne ploče razdvojene plošnim proizvodom koji se nalazi pod određenim pritiskom prema normi HRN EN ISO 5084:2003. Potrebno je navesti i vrstu plošnog proizvoda i izgled njegove površine.



Slika 14. Debljinomjer –Thickness gauging testing device model 2000-U

Mjerenje je provedeno pomoću digitalnog debljinomjera (slika 13) na uzorcima kondicioniranim u uvjetima standardne atmosfere tako da smo cjevasto pletivo razrezali po duljini kako bi dobili rašireno pletivo. Korišten je debljinomjer njemačkog proizvođača HESS MBV GmbH, naziva Thickness Gauging testing device model 2000-U (slika 14), namijenjen za ispitivanje tekstilnih materijala, kože i netkanog tekstila prema zahtjevima normi EN ISO 5084, ISO 9073-2 i EN ISO 2589. Raspon mjerenja instrumenta je od 0 do 10mm. Mjerenje debljine smo proveli 10 puta na različitim dijelovima uzorka. Preciznost rezultata mora biti minimalno 0.01mm, a kao rezultat mjerenja daje se prosječna vrijednost. Površina pritiskivača i pritisak za vrijeme mjerenja ovise o ispitanom materijalu. Primijenjen je promjer pritiskivača debljinomjera od 50mm, a pritisak kojim se djelovalo na pletiva iznosio je 1 kPa [22].

### GUSTOĆA PLETIVA

Gustoću pletiva definiramo kao broj nizova i redova očica na duljini od 1 cm, a utvrđuje se izbrojavanjem prema normi HRN EN 14971:2008. Mjerenje se provodi na kondicioniranim uzorcima pomoću povećala s duljinskim mjerilom (slika 15), a potrebno je načiniti najmanje 5 mjerenja [23].



Slika 15. Tekstilna lupa (povećalo)

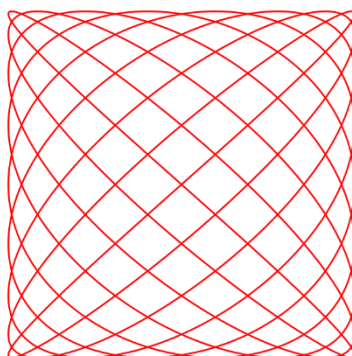
### 3.3.2. Ispitivanje otpornosti na habanje

Ispitivanje se provodi prema normi HRN EN ISO 12947-2:2017 habanjem kondicioniranog pletiva o habajuće sredstvo, referentnu vunenu tkaninu. Primjenjujemo habalicu prema Martindale-u (slika 16) do prohabavanja pletiva tj. do pojave prekida niti ili pojave rupice. Ispitivanje provodimo u prostoru standardne atmosfere [24].



Slika 16. Habalica prema Martindale-u

Pomoću kružnog rezača promjera 38mm priredimo po dvije epruvete svakog ispitivanog uzorka. Prethodno se na radno mjesto aparata postavi referentni filc i na njega referentna vunena tkanina dimenzija 140mm, a na habajuću glavu, tj. gornji nosač uzorka referentna spužva promjera 38 cm i ispitivana epruveta. Nakon što se uzorci postave na odgovarajuća mjesta i pričvrste, gornje nosače opteretimo utegom od 9 kPa. Aparat potom ispravno podesimo u radni položaj i provodimo habanje uz određeni broj ciklusa. Iscrtane Lissajous-ove krivulje (slika 17) na kontrolnom dijelu aparata potvrditi će nam ispravno gibanje habajućih glava.



Slika 17. Shematski prikaz iscrtane Lissajous-ove krivulje [24]

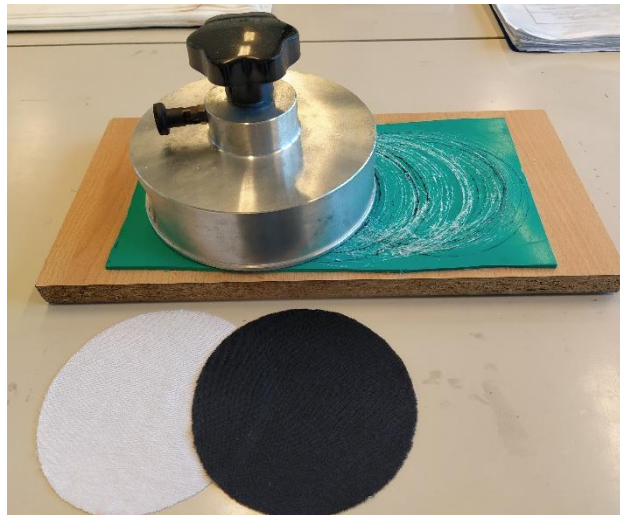
Tijekom provedbe postupka prohabavanja, a koristeći tablicu 3, nakon određenog broja habajućih ciklusa učinjene su provjere ispitivanih uzorka. Ponajprije su provedena preliminarna ispitivanja i utvrđen okvirni broj habajućih ciklusa kod kojeg dolazi do prohabavanja ispitivanih uzoraka. Temeljem dobivenih rezultata (tablica 3) definirani su intervali provjere koje smo koristili tijekom ispitivanja: 5 000, 7 500, 10 000, 15 000, 25 000, (40 000), uz dodatne provjere na 20 000, 30 000 i 35 000 ciklusa.

Tablica 3. Utvrđeni broj habajućih ciklusa pri kojem dolazi do prohabavanja i kontrolni intervali provjere

Serijski broj	Broj ciklusa kod kojeg je došlo do prohabavanja uzorka	Interval provjere – broj provedenih habajućih ciklusa
1	$\leq 1\ 000$	100, 250, 500, 750, 1 000, (1250)
2	$> 1\ 000 \leq 5\ 000$	500, 750, 1 000, 2 500, 5 000, (7 500)
3	$> 5\ 000 \leq 10\ 000$	1 000, 2 500, 5 000, 7 500, 10 000, (15 000)
4	$> 10\ 000 \leq 25\ 000$	5 000, 7 500, 10 000, 15 000, 25 000, (40 000)
5	$> 25\ 000 \leq 50\ 000$	10 000, 15 000, 25 000, 40 000, 50 000, (75 000)
6	$> 50\ 000 \leq 100\ 000$	10 000, 25 000, 50 000, 75 000, 100 000, (125 000)
7	$> 100\ 000$	25 000, 50 000, 75 000, 100 000, (125 000)

### 3.3.3. Ispitivanje sklonosti nastanku površinskog pilinga

Ispitivanje sklonosti nastanku površinskog pilinga se odvija habanjem tkanine o tkaninu pri čemu je habajuća tkanina ispitivana ili referentna vunena tkanina, a provodi se prema preinačenoj metodi po Martindale-u HRN EN ISO 12945-2:2003 [25].



Slika 18. Kružni rezač

Pomoću kružnog rezača promjera 140mm (slika 18) priredimo 3 epruvete svakog uzorka pletiva koji su prethodno kondicionirani u standardnim atmosferskim uvjetima. Prethodno se kao podložak na radno mjesto postavi filc definiranih dimenzija, a na habajuću glavu filc promjera 90mm. Kad učvrstimo uzorke gornje nosače uzorka opteretimo utegom od 415g prstenastog oblika (slika 19). Aparat potom podesimo u radni položaj te se gibanjem habajuće glave po podlozi provodi simulacija pokreta koji uvjetuju površinsko izvlačenje vlakana i njihovo zamrsivanje na površini pletiva odn. nastanak pilinga. Ispravno gibanje habajućih glava po podlozi potvrditi će iscrtane Lissajous-ove krivulje na kontrolnom dijelu aparata (slika 17). Za tkanine i pletiva definirani broj habajućih ciklusa kod kojih dajemo ocjenu sklonosti nastanku pilinga su 125, 500, 1000, 2000, 5000 i 7000.

Ocjenu sklonosti nastanka pilinga donosimo uz uporabu etalona (slika 20) koje uspoređujemo s početnim uzorkom. Ocjene su od 1 (vrlo jaki piling) do 5 (nema pilinga), a možemo dati i prijelazne ocjene npr  $\frac{3}{4}$ . Ocjena uzorka se provodi pod standardnim dnevnim svjetlom uz udaljenost promatrača 30 do 50 cm od vertikalno postavljenog uzorka.



Slika 19. Epruvete načinjene za ispitivanje sklonosti nastanku površinskog pilinga

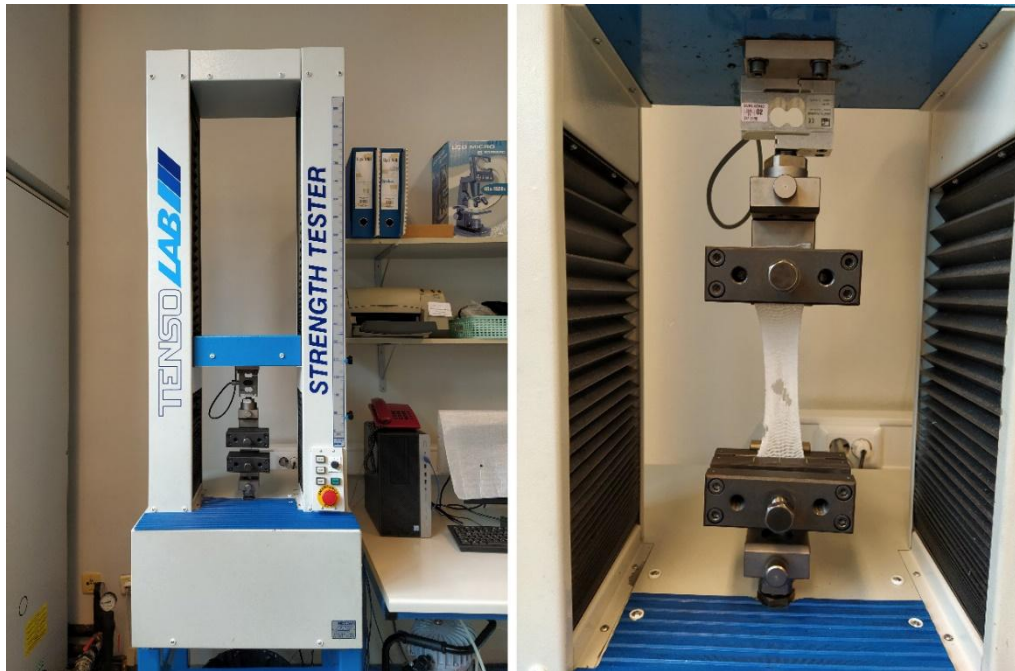


Slika 200. 2D etaloni sa pripadajućim ocjenama za ocjenu sklonosti nastanka površinskog pilinga



### 3.3.4. Ispitivanje vlačnih svojstava

Prema normi HRN EN ISO 13934-1:2013 [26] ispitujemo prekidnu silu i prekidno istezanje pletiva u smjeru duljine i širine na epruveti u obliku trake. Ispitivanje se provodi na kidalici Tensolab 3000 tt. Mesdan S.p.A.(slika 21) uz konstantnu brzinu istezanja.



Slika 211. Kidalica MesdanLab 3000

Za potrebe ispitivanja potrebno je prirediti po 5 epruveta dimenzija  $250 \times 50 \text{ mm}$ , gdje je kod 5 epruveta dulja dimenzija u smjeru duljine a kod drugih 5 u smjeru širine. Epruvete smo izrezali pomoću kartonskog predloška veličine  $250 \times 50 \text{ mm}$  (vodeći pritom računa da nizovi i redovi pletiva budu paralelni s rubovima predloška). Epruvetu smo potom stavili u stezaljke kidalice tako da su redovi, odnosno nizovi, paralelni sa smjerom djelovanja sile, a poprečni paralelni s rubom stezaljke. Mjerno područje je bilo do  $1000 \text{ N}$  (što je definirano odabirom mjerene ćelije instrumenta), razmak između stezaljki je bio  $100 \text{ mm}$  (zbog istezljivosti uzoraka), a ispitivanje provodimo uz brzinu od  $100 \text{ mm/min}$  i predopterećenje od  $0,5 \text{ N}$ .



### 3.3.5. Ispitivanje dimenzijske stabilnosti nakon pranja i sušenja

Dimenzijska stabilnost tekstilnih plošnih proizvoda nakon pranja i sušenja ocjenjuje utvrđivanjem skupljanja, odnosno širenja, posebno u smjeru duljine i širine. Prema normi HRN EN ISO 6330:2012 [27] uz definiranu temperaturu, vrijeme pranja, broj ispiranja i mehaniku pranja. Promjene dimenzija plošnog proizvoda iskazuju se u postocima (%), a računaju se zasebno za smjer duljine i širine prema normi HRN EN ISO 5077:2008 [28], pomoću izraza:

$$S_{d,s} = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \times 100 [\%] \quad (2)$$

gdje su:

$l_0$  – početna duljina, odnosno širina između parova oznaka kondicioniranog proizvoda [mm],

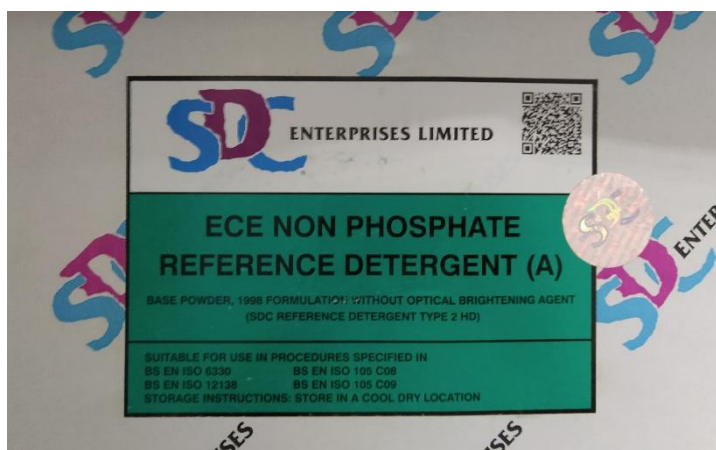
$l_1$  – duljina, odnosno širina između parova oznaka proizvoda poslije obrade i kondicioniranja [mm],

$S_{d,s}$  – dimenzijska promjena u smjeru duljine/širine [%].

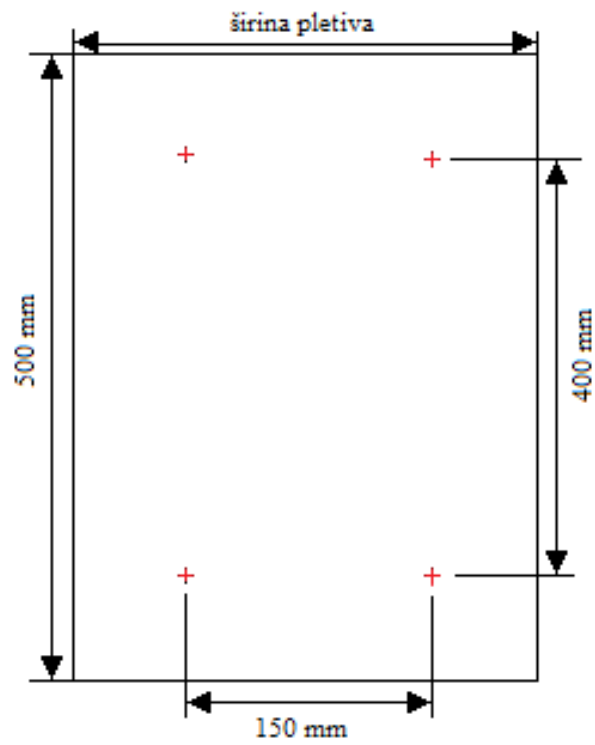
Tablica 4. Širina cjevastog pletiva

Uzorak pletiva	Širina [mm]
MMD-S-P	200
MMD-D-P	210
MMD-S-R	235
MMD-D-R	200
MMD-S-A	210
MMD-D-A	220
MD-S-P	205
MD-D-P	200
MD-S-R	230
MD-D-R	200
MD-S-A	210
MD-D-A	220
CLY-S-P	190
CLY-D-P	220
CLY-S-R	230
CLY-D-R	200
CLY-S-A	230
CLY-D-A	220

Način izrade i označivanja uzoraka definiran je normom HRN EN ISO 3759:2011 [29]. Prema zahtjevima normi uzorke cjevastog pletiva ne razrezujemo, a preporučene dimenzije epruvete bi trebale biti 500 x 500 mm uz minimalnu udaljenost između parova oznaka u smjeru duljine i širine od 350 mm. Kako je širina ispitivanih uzoraka cjevastog pletiva manja (tablica 4), od kondicioniranih uzoraka cjevastog pletiva načinjene su epruvete duljine minimalno 500 mm i širine one koja odgovara početnoj širini uzorka dok nije u raširenom stanju. Epruvete je potom potrebno označiti s dva para oznaka u smjeru duljine između kojih je udaljenost 400mm, te dva para oznaka u smjeru širine između kojih je udaljenost 150mm (s obzirom na to da oznake moraju biti od ruba udaljene minimalno 50 mm). Točke je potrebno centrirati koliko je moguće preciznije u središnjem dijelu epruvete (slike 23 i 24). Svaku epruvetu je potrebno staviti u svoju vrećicu za pranje zbog potencijalne visoke deformabilnosti pletiva [30, 31]. Postupak pranja i sušenja provodimo prema normi HRN EN ISO 6330:2012. Koristimo postupak pranja uz blagu mehaniku pranja, 3M, koji se sastoji od jednog pranja i dva ispiranja pri temperaturi od 30°C u standardnoj perilici rublja koristeći 20g referentnog deterdženta A, ECE bez fosfata, prema normi referentni deterdžent 3 (slika 22). Koristili smo pamučni balast (tip 1) kako bi dobili ukupnu masu pranog rublja od oko 2kg. Uzorke smo nakon završenog ciklusa pranja stavili sušiti na zraku u položenom stanju (postupak C), te nakon završenog sušenja kondicionirali u uvjetima standardne atmosfere kako bi se relaksirali prije ponovnih mjerenja dimenzija.



Slika 222. Referentni deterdžent A, bez fosfata



Slika 233. Prikaz označavanja uzorka za utvrđivanje dimenzijske stabilnosti uzoraka cjevastih pletiva



Slika 244. Epruvete načinjene za ispitivanje dimenzijske stabilnosti

## 4. REZULTATI I RASPRAVA

### 4.1. Temeljne karakteristike pletiva

#### PLOŠNA MASA

Masa kondicioniranih kružnih uzoraka pletiva površine 100 cm<sup>2</sup> utvrđena je pomoću analitičke vage uz preciznost mjerenja 0,001g. Uzorke smo postavili na satno stakalce koje smo prethodno postavili na mjerni dio vage te smo nakon svakog mjerenja uzorka vagu sa satnim stakalcem doveli u nulti položaj kako masa stakalca ne bi utjecala na masu kondicioniranih uzoraka pletiva. Rezultati mase uzoraka i pripadajuće vrijednosti izračunate plošne mase četvornog metra pletiva (kao prosječne vrijednosti triju mjerenja) prikazani su u tablici 5, a jednadžba koju smo koristili za izračun nalazi se u poglavlju rada 3.3.1.

Tablica 5. Masa uzoraka i plošna masa pletiva

Oznaka uzorka pletiva	1. mjerenje	2. mjerenje	3. mjerenje	$m_k$ [g]	$m_A$ [g/m <sup>2</sup> ]
MMD-S-P	1,644	1,681	1,661	1,662	166
MMD-D-P	1,394	1,403	1,429	1,408	141
MMD-S-R	1,366	1,354	1,368	1,362	137
MMD-D-R	1,567	1,589	1,552	1,569	157
MMD-S-A	1,538	1,563	1,568	1,556	156
MMD-D-A	1,481	1,504	1,472	1,485	148
MD-S-P	1,622	1,636	1,616	1,624	162
MD-D-P	1,429	1,445	1,468	1,447	145
MD-S-R	1,434	1,435	1,444	1,437	144
MD-D-R	1,596	1,589	1,610	1,598	160
MD-S-A	1,492	1,503	1,513	1,502	150
MD-D-A	1,492	1,522	1,500	1,504	150
CLY-S-P	1,712	1,698	1,734	1,714	171
CLY-D-P	1,422	1,461	1,462	1,448	145
CLY-S-R	1,432	1,440	1,442	1,438	144
CLY-D-R	1,570	1,538	1,583	1,563	156
CLY-S-A	1,439	1,432	1,431	1,434	143
CLY-D-A	1,418	1,422	1,445	1,428	143

$m_k$  - kondicionirana masa kružnog uzorka pletiva;  $m_A$  - plošna masa pletiva

Iz dobivenih rezultata je vidljivo da su ispitivana sirova pletiva, iako izrađena iz pređe jednake finoće, različite plošne mase. Navedeno je moguće obrazložiti i različitom širinom sirovog cjevastog pletiva (prikazanom u tablici 4). Pritom veća širina pletiva uglavnom uvjetuje i manju plošnu masu pletiva. Neovisno o sirovinskom sastavu pletiva, sirova cjevasta pletiva izrađena iz prstenaste pređe su manje širine (190 -205 mm), a samim tim i veće plošne mase (162 – 171 g/m<sup>2</sup>). Sirova pletiva izrađena iz pređe predene rotorskim postupkom su veće širine (230 - 235 mm) i manje plošne mase. Slijednost rezultata postoji i sa utvrđenim vrijednostima gustoće pletiva (tablica 7) gdje je kod sirovih pletiva manje širine i veće plošne mase utvrđen veći broj nizova očica po jediničnoj širini pletiva (što je posebice uočljivo u pletiva izrađenih iz prstenaste pređe (20 – 20,5 nizova očica/cm)).

Po provedenom oplemenjivanju dolazi do dimenzijskih promjena pletiva – promjene širine (vidljivih u tablici 4.), ali i gustoće pletiva (tablica 7.) koje uvjetuju i promjenu plošne mase pletiva. Pritom širenje doradenih uzoraka pletiva u smjeru širine uvjetuje smanjenje plošne mase (uočljivo kod pletiva izrađenih iz pređe predene prstenastim postupkom), dok skupljanje pletiva u smjeru širine utječe na povećanje plošne mase (uočljivo kod pletiva izrađenih iz pređe predene rotorskim postupkom) u odnosu na vrijednosti utvrđene kod uzoraka istovrsnog sirovog pletiva. Pletiva izrađena iz pređa predenih aerodinamičkim postupkom po provedenom doradbenom postupku pokazuju manje dimenzijske promjene, a samim tim i najmanje promjene vrijednosti plošne mase. Navedeno ukazuje na zaključak da su relaksacijske dimenzijske promjene u strukturi pletiva po provedenom mokrom doradbenom postupku uvjetovane specifičnostima strukture pređe predene različitim postupcima, ali i da pritom valja imati u vidu specifičnosti finoće i strukture primijenjenih regeneriranih celuloznih vlakana, a s time u vezi i njihovih sorpcijskih svojstava.

Na temelju navedenoga iz dobivenih rezultata možemo primijetiti da su pletiva izrađena iz aerodinamičke pređe od liocelnih i modalnih vlakana imala istu plošnu masu prije i nakon oplemenjivanja (150 g/m<sup>2</sup>, odnosno 143 g/m<sup>2</sup>), dok je a kod pletiva iz aerodinamičke pređe iz mikromodalnih vlakana utvrđena razlika u masi minimalna (156 i 148 g/m<sup>2</sup>). Od svih uzoraka pletiva najveću plošnu masu ima sirovo pletivo iz prstenaste pređe od liocelnih vlakana, a najmanju sirovo pletivo iz rotorske pređe s mikromodalnim vlaknima.

## DEBLJINA

Debljinu ispitivanih uzoraka smo utvrdili temeljem 10 mjerenja za svaki uzorak te smo potom za svaki uzorak pletiva izračunali prosječnu vrijednost, standardnu devijaciju i koeficijent varijacije. Rezultati mjerenja su prikazani u tablici 6.

Tablica 6. Izmjerena debljina ispitivanih uzoraka pletiva sa statističkom obradom rezultata

Uzorak pletiva	Debljina [mm]										$\bar{x}$ [mm]	$\sigma$ [mm]	CV [%]
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.			
MMD-S-P	0,82	0,84	0,84	0,84	0,85	0,83	0,82	0,83	0,83	0,84	0,83	0,009	1,084
MMD-D-P	0,69	0,68	0,67	0,67	0,69	0,67	0,70	0,70	0,67	0,69	0,68	0,012	1,765
MMD-S-R	0,78	0,78	0,77	0,77	0,76	0,76	0,76	0,77	0,78	0,77	0,77	0,008	1,039
MMD-D-R	0,68	0,67	0,67	0,69	0,69	0,67	0,68	0,67	0,68	0,68	0,67	0,007	1,045
MMD-S-A	0,85	0,84	0,85	0,85	0,87	0,85	0,84	0,85	0,85	0,85	0,85	0,008	0,941
MMD-D-A	0,65	0,64	0,63	0,64	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,67	0,64	0,010	1,563
MD-S-P	0,83	0,84	0,84	0,84	0,87	0,82	0,84	0,86	0,83	0,82	0,84	0,015	1,786
MD-D-P	0,75	0,72	0,70	0,71	0,71	0,73	0,73	0,71	0,71	0,73	0,72	0,014	1,944
MD-S-R	0,79	0,79	0,80	0,80	0,78	0,79	0,80	0,79	0,80	0,80	0,79	0,007	0,886
MD-D-R	0,69	0,71	0,70	0,69	0,69	0,70	0,72	0,71	0,69	0,70	0,70	0,010	1,429
MD-S-A	0,84	0,84	0,85	0,87	0,85	0,82	0,85	0,84	0,85	0,87	0,85	0,014	1,647
MD-D-A	0,70	0,70	0,73	0,71	0,71	0,70	0,71	0,74	0,71	0,72	0,71	0,013	1,831
CLY-S-P	0,85	0,85	0,83	0,84	0,86	0,82	0,83	0,83	0,84	0,85	0,84	0,012	1,429
CLY-D-P	0,65	0,67	0,69	0,65	0,66	0,69	0,68	0,68	0,67	0,68	0,67	0,014	2,090
CLY-S-R	0,78	0,78	0,77	0,77	0,76	0,76	0,76	0,77	0,78	0,77	0,77	0,008	1,039
CLY-D-R	0,68	0,66	0,66	0,66	0,66	0,65	0,66	0,66	0,65	0,67	0,66	0,008	1,212
CLY-S-A	0,83	0,84	0,84	0,85	0,82	0,82	0,84	0,84	0,85	0,83	0,84	0,010	1,190
CLY-D-A	0,69	0,70	0,68	0,68	0,68	0,70	0,69	0,68	0,69	0,70	0,69	0,008	1,159

$\bar{x}$  – prosječna vrijednost utvrđene debljine pletiva,  $\sigma$  – standardna devijacija, CV – koeficijent varijacije

Iz dobivenih rezultata je vidljivo ispitivana sirova pletiva, izrađena iz pređe jednake finoće, nisu jednake debljine. Debljina sirovih pletiva nije uvjetovana sirovinskim sastavnom pređe, već tipom pređe odn. primijenjenim postupkom pređenja.

Pritom debljina sirovih pletiva izrađenih iz prstenaste pređe iznosi 0,83 – 0,84 mm, sirovih pletiva izrađenih iz rotorske pređe iznosi 0,77 – 0,79 mm, a sirovih pletiva iz aerodinamičke pređe 0,84 - 0,85 mm što je moguće povezati s prethodno raspravljenim rezultatima plošne mase, ali i većom voluminoznošću pletiva izrađenom iz rotorske pređe (manje površinske uvijenosti i krutosti).

Kod svih uzoraka doradenih pletiva je zabilježena manja debljina u odnosu na sirova pletiva, što ukazuje na zaključak da relaksacijske promjene u strukturi pletiva po provedenom mokrom doradbenom postupku i sušenju (glačanju) dovode do stanjenja pletiva. Najmanju razliku u debljini možemo primijetiti kod pletiva izrađenim iz pređe predene rotorskim postupkom iz modalnih vlakana gdje je sirovi uzorak debljine 0,79 mm, a doradeni 0,70 mm. Najveću razliku vidimo kod pletiva izrađenih iz aerodinamičke pređe s mikromodalnim vlaknima gdje sirovi uzorak ima debljinu 0,85 mm, a doradeni 0,64 mm.

## GUSTOĆA

Gustoću smo utvrdili pomoću tekstilne lupe tako da smo izbrojali broj nizova očica na jediničnoj duljini od 1 cm te broj redova očica, a rezultati su prikazani u tablici 7.

Tablica 7. Gustoća pletiva

Uzorak pletiva	Broj nizova / cm	Broj redova / cm
MMD-S-P	20,5	13
MMD-D-P	19	13
MMD-S-R	18	13
MMD-D-R	19	13
MMD-S-A	20	13
MMD-D-A	20	12
MD-S-P	20	12
MD-D-P	19,5	13
MD-S-R	18,5	13
MD-D-R	20,5	13
MD-S-A	19	12,5
MD-D-A	18,5	12,5
CLY-S-P	20,5	12
CLY-D-P	20	13
CLY-S-R	18	13
CLY-D-R	20	13
CLY-S-A	19	13
CLY-D-A	18,5	13

Valja istaknuti da se kod desno-desnog prepleta (1x1) broje naizmjenični nizovi desnih i lijevih očica prisutni u strukturi pletiva te je stoga utvrđeni broj nizova očica značajno veći. Iz tablice 7 je vidljivo da sva ispitivana sirova pletiva, iako izrađena iz pređe jednake finoće i pletene pod jednakim uvjetima, nisu jednake gustoće – broj nizova očica/cm se kreće od 18 do 20,5, a redova očica/cm od 12 do 13. Neovisno o sirovinskom sastavu, bilježi se najveći broj nizova očica u sirovih pletiva izrađenih iz pređa pređenih prstenastim postupkom, a najmanji u pletiva pletenih iz pređa pređenih rotorskim postupkom.

Po provedenoj doradi dolazi do promjena u strukturi pletiva koja se očituje i promjenom gustoće ispitivanih pletiva. Pritom promjene nisu jednoznačne – kod pletiva iz prstenaste pređe se smanjuje broj nizova očica pletiva/cm (dolazi do širenja pletiva u smjeru širine, tablica 4.) i povećava broj redova očica pletiva /cm što ukazuje da dolazi do skupljanja pletiva u smjeru duljine; kod pletiva iz rotorske pređe povećava se broj nizova očica pletiva/cm (dolazi do skupljanja pletiva u smjeru širine, tablica 4.). Kod pletiva iz aerodinamičke pređe utvrđene promjene su minimalne: pletivo iz mikromodalnih vlakana prije i poslije dorade ima isti broj nizova očica 20/cm (ali se broj redova očica smanjuje za jedan), pletivo iz modalnih vlakana prije dorade ima 19, a nakon obrade 18,5 nizova očica/cm, dok sirovo pletivo iz liocelnih vlakana ima 19 i doradeno 18,5 nizova očica/cm. Navedeno je moguće povezati sa utvrđenim vrijednostima plošne mase prikazanim u tablici 5.



## 4.2. Otpornost pletiva na habanje

Ispitivanje otpornosti pletiva na habanje provedli smo metodom prohabavanja gdje je habanje potrebno provoditi do prekida niti ili pojave rupice na uzorku. Po svakom provedenom kontrolnom broju habajućih ciklusa, uzorci su vizualno provjeravani s povećalom kako bi se lakše uočilo nastala oštećenja. Rezultati ispitivanja su prikazani u tablici 8, gdje je naveden broj ciklusa kod kojeg je došlo do prohabavanja ispitivanih uzoraka pletiva. U tablicama 9 -11 prikazane su karakteristične slike ispitivanih uzoraka pletiva kod utvrđenog prohabavanja.

Tablica 8. Rezultati ispitivanja otpornosti pletiva na habanje metodom prohabavanja

Uzorak pletiva	Broj habajućih ciklusa kod kojih je došlo do prohabavanja
MMD-S-P	30 000
MMD-D-P	30 000
MMD-S-R	25 000
MMD-D-R	20 000
MMD-S-A	25 000
MMD-D-A	20 000
MD-S-P	40 000
MD-D-P	35 000
MD-S-R	30 000
MD-D-R	30 000
MD-S-A	30 000
MD-D-A	30 000
CLY-S-P	20 000
CLY-D-P	25 000
CLY-S-R	10 000
CLY-D-R	20 000
CLY-S-A	20 000
CLY-D-A	25 000

Valja naglasiti da su struktura pređe, njezina finoća, uvojitost i površinska dlakavost, svojstva koja izravno utječu na otpornost na habanje plošnih tekstilnih materijala. Samim tim na otpornost na habanje također utječe i tip pređe odnosno proizvodni postupak pređenja primijenjen za njihovu izradu [32]. Pletiva izrađena iz prstenaste pređe su u odnosu na pletiva izrađena iz pređe dobivene rotorskim postupkom pređenja veće otpornosti na habanje. Prstenasta pređa je dlakavija, ali kompaktnije strukture, čvršća i kruća u odnosu na rotorsku pređu. Takova struktura i veća uvijenost u površinskom dijelu pređe, onemogućava lako odhabavanje vlakana.

Navedeno potvrđuju rezultati prikazani u tablici 8. Neovisno o sirovinskom sastavu pređe na pletenim uzorcima izrađenim iz prstenaste pređe utvrđena je najveća otpornost na habanje, što potvrđuju i slike u tab. 9 -11 na kojima se vidi da je tek kod značajne površinske pohabanosti uzoraka došlo do prekida niti i pojave rupice. Najmanja otpornost na habanje utvrđena je kod pletenih uzoraka izrađenih i rotorske pređe, što ukazuje na činjenicu da manja čvrstoća i uvijenost vlakana na površini pređe u odnosu na središte kod pređe dobivene rotorskim postupkom pređenja, utječe i na manju otpornost pletiva na habanje (ali i manju sklonost površinskom pilingu, tablica 12).



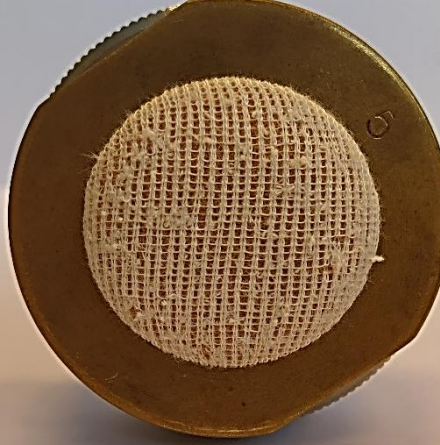
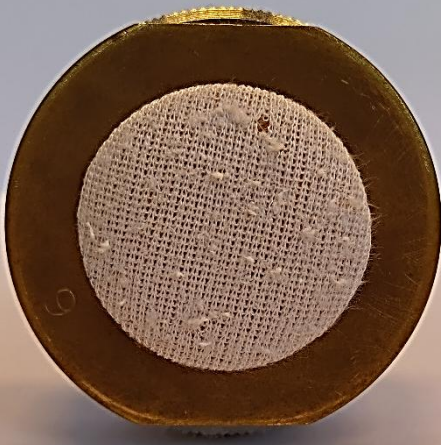


No, iz prikazanih rezultata je također razvidno da sirovinski sastav pletiva odn. vrsta primijenjenih regeneriranih celuloznih vlakana i njihova finoća utječu na otpornost pletiva na habanje. Pletiva izrađena iz mikrovlakana finoće 1 dtex-a (modalnih mikrovlakana) su manje otpornosti na habanje u odnosu na istovrsna izrađena iz modalnih vlakana finoće 1,3 dtex-a. Iako se u strukturi pređe izrađene iz mikrovlakana u jedinici duljinske mase nalazi veći broj vlakana, očito je da neovisno o tipu primijenjene pređe odn. postupku njezinog pređenja, u pređa iz mikrovlakana dolazi do lakšeg površinskog odhabavanja.

Iako su liocelna vlakna veće čvrstoće i manje prekidne istezljivosti u odnosu na modalna vlakana (tablica 1), očito je da njihova specifična struktura odn. izrazita fibrilna struktura usmjerena prema uzdužnoj osi vlakna i velika sklonost uzdužnom kalanju – fibriliranju, što se kod viskoznih i modalnih vlakana zapaža u znatno manjoj mjeri [5], utječe i na smanjenu otpornost pletiva izrađenih iz liocelnih vlakana na habanje. Rezultatima je potvrđeno da u uvjetima pojačanih mehaničkih naprezanja tijekom habanja, u svih pletiva izrađenih iz liocelnih vlakana dolazi do prohabavanja prije u odnosu na istovrsna pletiva izrađena iz modalnih vlakana.

Iz dobivenih rezultata možemo vidjeti da pletiva s modalnim vlaknima generalno imaju veću otpornost na habanje od pletiva s liocelnim i mikromodalnim vlaknima. Najveću otpornost na habanje ima sirovo pletivo iz prstenaste pređe s modalnim vlaknima gdje je do prohabavanja došlo tek na 40 000 ciklusa. Najmanju otpornost na habanje uočili smo kod pletiva s liocelnim vlaknima, pri čemu sirovi uzorak pleten iz rotorske pređe ima najlošiji rezultat gdje je nakon 10 000 ciklusa habanja došlo do prekida niti. Kod pletiva s mikromodalnim i modalnim vlaknima nakon načinjene dorade sirovih pletiva broj ciklusa kod kojeg je došlo do prohabavanja je ostao isti ili se smanjio, dok smo kod pletiva s liocelnim vlaknima, naprotiv, mogli primijetiti da je došlo do povećanja broja ciklusa, odnosno da se doradom povećala otpornost na habanje.


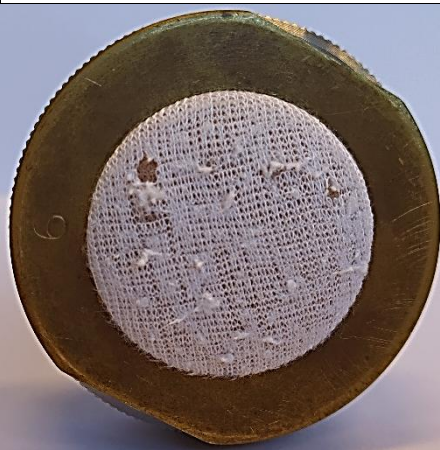




Pletiva izrađena iz pređe predene aerodinamičkim postupkom, koja je relativno uniformne strukture po poprečnom presjeku i manje površinske dlakavosti, u usporedbi s pletivima izrađenim iz prstenaste i rotorske pređe pokazuju prosječne vrijednosti otpornosti na habanje.

Tablica 9. Izgled pletiva izrađenih iz pređe od mikromodalnih vlakana nakon habanja

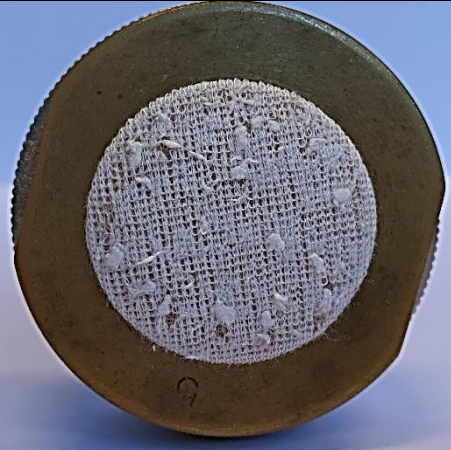
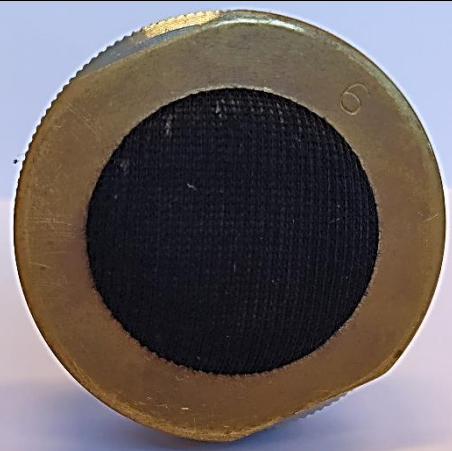
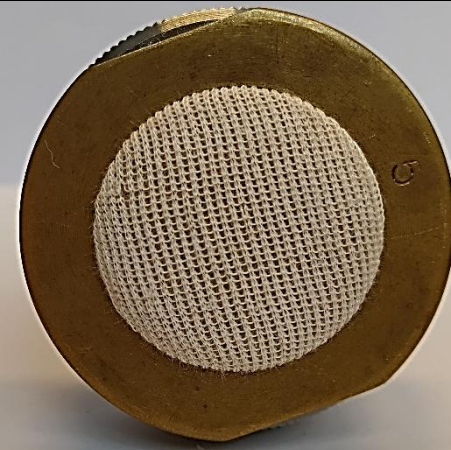
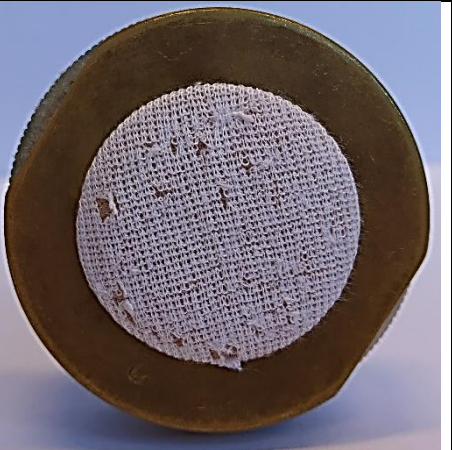

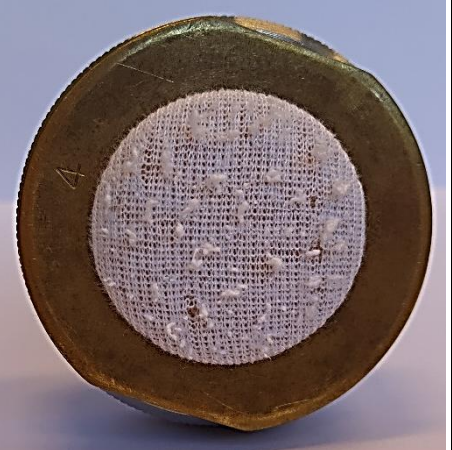
Uzorci pletiva nakon prohabavanja	
MMD-S-P	MMD-D-P
	
MMD-S-R	MMD-D-R
	
MMD-S-A	MMD-D-A
	



Tablica 10. Izgled pletiva izrađenih iz pređe od modalnih vlakana nakon habanja

Uzorci pletiva nakon prohabavanja	
MD-S-P	MD-D-P
	
MD-S-R	MD-D-R
	
MD-S-A	MD-D-A
	

Tablica 11. Izgled pletiva izrađenih iz pređe od liocelnih vlakana nakon habanja

Uzorci pletiva nakon prohabavanja	
CLY-S-P	CLY-D-P
	
CLY-S-R	CLY-D-R
	
CLY-S-A	CLY-D-A
	

### 4.3. Sklonost nastanka površinskog pilinga na pletivu

Skлонost nastanka površinskog pilinga nakon određenog broja habajućih ciklusa ocjenjuje se vizualno ocjenama od 1 do 5 (1 – vrlo jaki piling ili najveća skлонost nastanka pilinga; 5 – nema pilinga ili najmanja skлонost pilingu). Ocjene donosimo usporedbom s 2D etalonima (fotografijama) usporednih ocjena na pletivu. Moguće su i prijelazne ocjene, ukoliko postoji potreba, na primjer 1/2, 2/3, 3/4 i 4/5. Rezultati ispitivanja skлонosti nastanku površinskog pilinga prikazani su u tablici 12, a iskazani brojčanom ocjenom po provedenom broju kontrolnih habajućih ciklusa.

Tablica 12. Ocjena skлонosti nastanku površinskog pilinga na pletivu

Uzorak pletiva	Broj habajućih ciklusa					
	125	500	1000	2000	5000	7000
MMD-S-P	4/5	3/4	3	3	2/3	1/2
MMD-D-P	4/5	3/4	3	2/3	2	1/2
MMD-S-R	4/5	4	4	4	3	2/3
MMD-D-R	4/5	4	3/4	3	2/3	2
MMD-S-A	4/5	4/5	4/5	4	3/4	3/4
MMD-D-A	4/5	4	4	3/4	3	3
MD-S-P	4	3/4	3	3	2	2
MD-D-P	4	3	2/3	2/3	2	1/2
MD-S-R	4	4	3/4	3/4	3/4	3
MD-D-R	4	3/4	3	2/3	2	2
MD-S-A	5	4/5	3/4	3/4	3	3
MD-D-A	4/5	4/5	3/4	3	3	2/3
CLY-S-P	4/5	3/4	3/4	3	3	2/3
CLY-D-P	4/5	4	3/4	3/4	3	2/3
CLY-S-R	5	4	3/4	3/4	3/4	3
CLY-D-R	4/5	3/4	3/4	3	2/3	2/3
CLY-S-A	5	4/5	4/5	4/5	4	3/4
CLY-D-A	4/5	4	4	3/4	3	3

U tablicama 13-15 prikazane su karakteristične slike izgleda površine uzoraka ispitivanih pletiva nakon određenog broja habajućih ciklusa (125, 500, 1000, 2000, 5000 i 7000). U tablici 16 je na primjeru doradenog uzorka pletiva izrađenog iz prstenaste pređe od modalnih vlakana (oznake MD-D-P), uz odgovarajuću sliku površine ispitivanog uzorka prije i nakon određenog broja habajućih ciklusa,































dan tekstualni opis zabilježenih promjena i način dodjele odgovarajuće ocjene sklonosti pilingu, a u tablicama 17 - 19 su prikazane karakteristične slike izgleda površine uzoraka ispitivanih pletiva nakon 7000 habajućih ciklusa koje vezujemo uz brojčane ocjene dane u tablici 12.

S povećanjem broja habajućih ciklusa, u svih uzoraka pletiva je utvrđena veća sklonost nastanku površinskom pilingu, što je potvrđeno i kontinuiranim smanjenjem pridruženih ocjena (tablica 12). Pletiva izrađena iz pređe predene rotorskim postupkom, dlakavije površine u odnosu na pređe predene aerodinamičkim i prstenastim postupkom pokazuju veću sklonost nastanka površinskog pilinga uslijed laboratorijske simulacije habanja dvije tekstilne površine. Najbolja estetska svojstva i najmanju sklonost nastanku površinskog pilinga, odnosno površinskom izvlačenju ili migraciji vlakana, pokazuju pleteni uzorci izrađeni iz pređe predene aerodinamičkom postupkom, što je u skladu s literaturnim navodima [11, 32]. Navedeno je moguće obrazložiti manjom dlakavosti pređe i specifičnom strukturom pređe opisanom u okviru poglavlja 2.2.3.

Iz dobivenih rezultata možemo primijetiti da nema velikih razlika između ocjena sirovih i dorađenih pletiva, ali da se u pravilu za dorađene uzorke pletiva bilježe lošije ocjene. . Uzorci koji su imali najbolju ocjenu, odnosno najmanju sklonost pilingu su sirovo pletivo iz aerodinamičke pređe s mikromodalnim vlaknima i sirovo pletivo iz aerodinamičke pređe s liocelnim vlaknima.



Tablica 13. Izgled površine pletiva izrađenih iz pređe od mikromodalnih vlakana nakon određenog broja habajućih ciklusa

Uzorak pletiva	Broj habajućih ciklusa						
	0	125	500	1000	2000	5000	7000
MMD-S-P							
MMD-D-P							
MMD-S-R							
MMD-D-R							





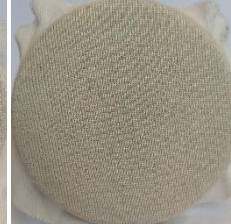













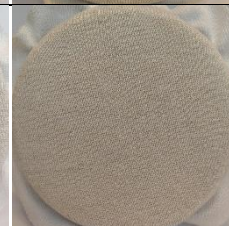





Tablica 14. Izgled površine pletiva izrađenih iz pređe od modalnih vlakana nakon određenog broja habajućih ciklusa





























Uzorak pletiva	Broj habajućih ciklusa						
	0	125	500	1000	2000	5000	7000
MD-S-P							
MD-D-P							

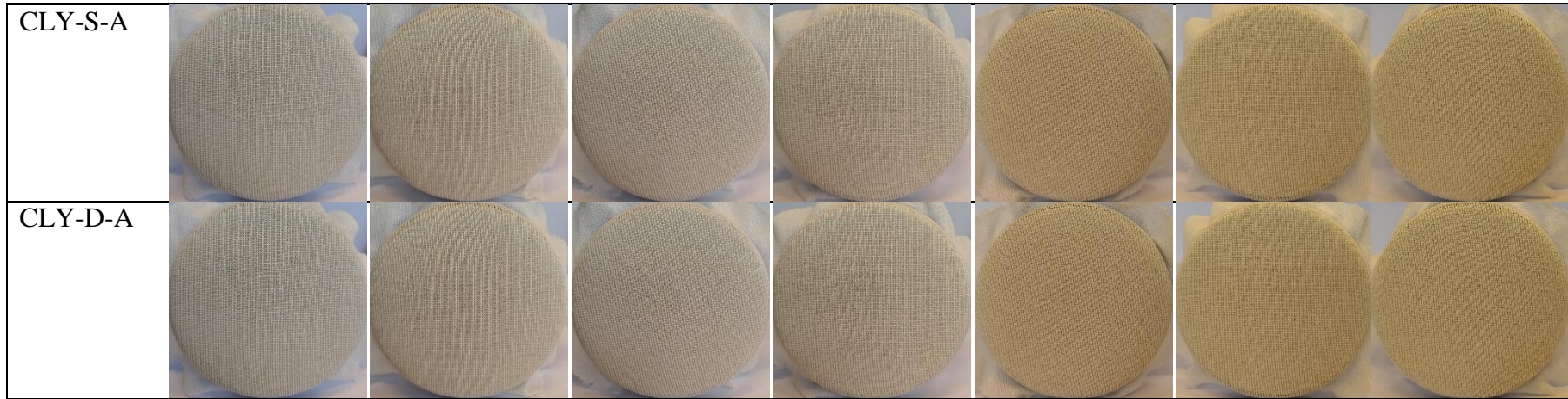


MD-S-R							
MD-D-R							
MD-S-A							
MD-D-A							






Tablica 15. Izgled površine pletiva izrađenih iz pređe od liocelnih vlakana nakon određenog broja habajućih ciklusa





Uzorak pletiva	Broj habajućih ciklusa						
	0	125	500	1000	2000	5000	7000
CLY-S-P							
CLY-D-P							
CLY-S-R							
CLY-D-R							











Tablica 16. Prikaz postupnih promjena na površini uzorka pletiva s povećanjem broja habajućih ciklusa uz odgovarajuću sliku razrađen na primjeru uzorka MD-D-P

Broj ciklusa	Opis	Slika (MD-D-P)
0	Uzorak prije započetog ispitivanja	
125	<p>Dodijeljena ocjena 4.</p> <p>Vidljive su grudice nastale od stršećih vlaknaca; vidljiva je površinska dlakavost</p>	
500	<p>Dodijeljena ocjena 3.</p> <p>Grudice su veće i više izražene u odnosu na prethodni ciklus; izraženija je dlakavost.</p>	

1000	<p>Dodijeljena ocjena 2/3.</p> <p>Piling jači u odnosu na prethodni ciklus, nastaje grupiranje grudica zamršenih vlakana.</p>	
2000	<p>Dodijeljena ocjena 2/3.</p> <p>Nema vidljive promjene u odnosu na prethodni ciklus.</p>	
5000	<p>Dodijeljena ocjena 2.</p> <p>Grudice stršećih vlakana su izraženije; izraženije je i grupiranje grudica.</p>	
7000	<p>Konačna dodijeljena ocjena 1/2.</p> <p>Izražena dlakavost površine; izražen velik broj zamršenih grudica stršećih vlakana.</p>	









Tablica 17. Izgled površine pletiva izrađenih iz pređe od mikromodalnih vlakana nakon 7000 habajućih ciklusa

Uzorci nakon 7000 habajućih ciklusa	
MMD-S-P	MMD-D-P
	
MMD-S-R	MMD-D-R
	
MMD-S-A	MMD-D-A
	






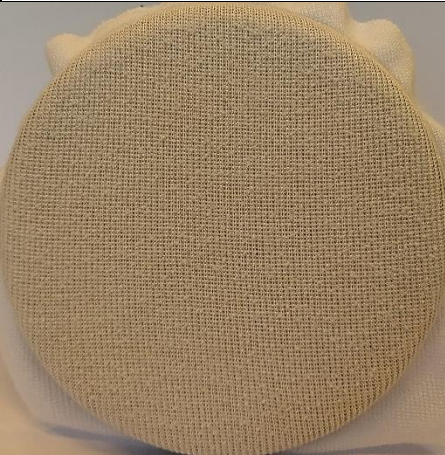


Tablica 18 Izgled površine pletiva izrađenih iz pređe od modalnih vlakana nakon 7000 habajućih ciklusa

Uzorci nakon 7000 habajućih ciklusa	
MD-S-P	MD-D-P
	
MD-S-R	MD-D-R
	
MD-S-A	MD-D-A
	



Tablica 19. Izgled površine pletiva izrađenih iz pređe od liocelnihvlakana nakon 7000 habajućih ciklusa

Uzorci nakon 7000 habajućih ciklusa	
CLY-S-P	CLY-D-P
	
CLY-S-R	CLY-D-R
	
CLY-S-A	CLY-D-A
	

#### 4.4. Vlačna svojstva pletiva

Ispitali smo vlačna svojstva pletiva na kidalici MesdanLab 3000 metodom trake da bi utvrdili prekidnu silu i prekidno istežanje pletiva u smjeru duljine i širine. Uzorke smo prethodno kondicionirali, a ispitano je pet uzorka u smjeru duljine i pet u smjeru širine. U tablici 20 su prikazane prosječne vrijednosti utvrđene prekidne sile i prekidnog istežanja ispitivanih uzoraka pletiva uz pripadajuću statističku obradu mjernih rezultata.

Tablica 20. Rezultati prekidna sile i prekidnog istežanja ispitivanih uzoraka pletiva

Uzorak pletiva	$\bar{x}$				CV				$\sigma$			
	Duljina		Širina		Duljina		Širina		Duljina		Širina	
	F [N]	$\varepsilon$ [%]	F [N]	$\varepsilon$ [%]	F [%]	$\varepsilon$ [%]	F [%]	$\varepsilon$ [%]	F [N]	$\varepsilon$ [%]	F [N]	$\varepsilon$ [%]
MMD-S-P	357,4	49,1	92,8	149,9	7,913	6,918	3,421	4,301	28,3	3,39	3,2	6,45
MMD-D-P	220,3	36,2	83,1	109,6	11,133	5,378	2,735	3,701	24,5	1,95	2,3	4,05
MMD-S-R	257,1	39,4	78,4	190,9	5,658	4,991	2,246	1,914	14,5	1,96	1,8	3,65
MMD-D-R	228,9	43,7	66,5	139,3	12,578	3,938	3,134	3,182	28,8	1,72	2,1	4,43
MMD-S-A	262,2	44,7	86,6	164,2	9,027	3,854	2,355	2,589	23,7	1,72	2,0	4,25
MMD-D-A	208,8	40,1	59,4	120,9	3,803	5,108	10,054	4,845	7,9	2,05	6,0	5,86
MD-S-P	313,8	44,4	93,7	150,0	12,281	6,339	4,004	2,774	38,5	2,81	3,8	4,16
MD-D-P	209,8	40,9	84,7	119,7	11,222	2,970	2,155	1,517	23,5	1,21	1,8	1,82
MD-S-R	261,1	41,3	79,1	182,16	3,661	2,522	1,934	4,184	9,6	1,04	1,5	7,62
MD-D-R	222,8	40,9	65,1	135,46	7,147	5,850	1,228	2,374	15,9	2,39	0,8	3,22
MD-S-A	292,4	42,0	82,7	175,6	5,968	3,047	2,786	0,970	17,5	1,28	2,3	1,70
MD-D-A	214,8	40,5	62,2	124,1	12,420	1,159	6,268	3,239	26,7	0,47	3,9	4,02
CLY-S-P	418,1	45,9	119,2	180,1	5,068	2,433	2,729	1,127	21,2	1,12	3,3	2,03
CLY-D-P	300,6	41,2	120,6	164,7	9,527	3,612	2,130	2,610	28,6	1,49	2,6	4,30
CLY-S-R	359,4	47,0	105,1	205,7	5,429	1,877	2,993	1,170	19,5	0,88	3,1	2,41
CLY-D-R	330,9	49,4	106,9	185,8	9,575	2,338	2,462	1,570	31,7	1,16	2,6	2,92
CLY-S-A	278,0	45,8	81,1	175,7	9,513	4,903	2,861	2,207	26,4	2,24	2,3	3,88
CLY-D-A	205,6	44,1	75,1	120,0	7,384	5,463	6,834	4,174	15,2	2,41	5,1	5,01

$\bar{x}$  – prosječna vrijednost,  $\sigma$ - standardna devijacija, CV-koeficijent varijacije, F-prekidna sila,  $\varepsilon$ -prekidno istežanje

U svih uzoraka ispitivanih pletiva bilježe se veće vrijednosti prekidne sile i manje vrijednosti prekidnog istezanja u smjeru duljine, u odnosu na manje vrijednosti prekidne sile i veće vrijednosti prekidnog istezanja u smjeru širine pletiva. Neovisno o sirovinskom sastavu pletiva, najveće vrijednosti prekidne sile bilježe se u sirovih pletiva izrađenih iz pređe predene prstenastim postupkom. Navedeno je moguće pojasniti i najvećom čvrstoćom prstenaste pređe utvrđenom prethodnim istraživanjima [11-13]. Pritom valja istaknuti da na vlačna svojstva pletiva svakako utječe i vrsta te svojstva primijenjenih vlakana za njihovu izradu, jer su u pletiva izrađenih iz liocelnih vlakana u prosjeku utvrđene više vrijednosti prekidne sile u odnosu na ostale ispitivane uzorke (što je u skladu s literaturnim navodima, tablica 1).

Po provedenom oplemenjivanju ispitivanih uzoraka pletiva, dolazi do smanjenja vrijednosti prekidne sile svih pletiva, što se može primarno pojasniti dimenzijskim promjenama pletiva i relaksaciji pletiva po mokroj obradi i sušenju.

#### 4.5. Dimenzijska stabilnost pletiva nakon pranja i sušenja

Ispitali smo dimenzijsku stabilnost pletiva nakon jednog provedenog pranja i sušenja kako bi utvrdili promjenu dimenzija uzoraka u uvjetima simulirane njege. Ispitivanje smo proveli na epruvetama koje smo načinili od pletiva u cjevastom obliku. Nakon pranja i sušenja uzorci su kondicionirani i podvrgnuti izmjeri udaljenosti između načinjenih oznaka. U tablici 21 prikazane su vrijednosti utvrđenih promjena udaljenosti između naznačenih oznaka na uzorcima pletiva u smjeru duljine i širine nakon provedenog ciklusa njege, a u tablici 22 su prikazani rezultati dimenzijskih promjena iskazani u postocima, gdje predznak "-" predstavlja skupljanje, a predznak "+" predstavlja širenje pletiva. Početna udaljenost između oznaka u smjeru duljine iznosila je 400 mm, a između oznaka u smjeru širine 150 mm.

Tablica 21. Promjene duljine i širine na uzorcima cjevastog pletiva po provedenom ciklusu pranja i sušenja

Uzorak pletiva	Duljina [mm]			Širina [mm]		
	1. mjerenje	2. mjerenje	$\overline{l_{1d}}$	1. mjerenje	2. mjerenje	$\overline{l_{1s}}$
MMD-S-P	330	335	333	160	160	160
MMD-D-P	375	360	368	145	150	148
MMD-S-R	335	330	333	135	140	138
MMD-D-R	370	375	373	140	150	145
MMD-S-A	335	340	338	145	145	145
MMD-D-A	355	360	358	160	150	155
MD-S-P	330	320	325	160	160	160
MD-D-P	370	375	373	140	140	140
MD-S-R	330	335	333	135	140	138
MD-D-R	360	370	365	145	150	148
MD-S-A	325	310	318	150	150	150
MD-D-A	370	360	365	145	150	148
CLY-S-P	335	340	338	150	150	150
CLY-D-P	365	370	368	140	140	140
CLY-S-R	335	330	333	140	135	138
CLY-D-R	380	365	373	145	145	145
CLY-S-A	325	335	330	150	150	150
CLY-D-A	360	365	363	140	140	140

$\overline{l_{1d}}$  – prosječna vrijednost izmjerene udaljenosti između oznaka u smjeru duljine,  $\overline{l_{1s}}$  – prosječna vrijednost izmjerene udaljenosti između oznaka u smjeru širine

Tablica 22. Dimenzijske promjene cjevastih pletiva u smjeru duljine i širine po provedenom ciklusu pranja i sušenja

Uzorak pletiva	$DP_d$ [%]	$DP_s$ [%]
MMD-S-P	-16,8	+6,7
MMD-D-P	-8	-1,4
MMD-S-R	-16,8	-8
MMD-D-R	-6,8	-3,4
MMD-S-A	-15,5	-3,4
MMD-D-A	-10,5	+3,4
MD-S-P	-18,8	+6,7
MD-D-P	-6,8	-6,7
MD-S-R	-16,8	-8
MD-D-R	-8,8	-1,4
MD-S-A	-20,5	0
MD-D-A	-8,8	-1,4
CLY-S-P	-15,5	0
CLY-D-P	-8	-6,7
CLY-S-R	-16,8	-8
CLY-D-R	-6,8	-3,4
CLY-S-A	-17,5	0
CLY-D-A	-9,3	-6,7

$DP_d$  – dimenzijske promjene u smjeru duljine pletiva,  $DP_s$  – dimenzijske promjene u smjeru širine pletiva

Skupljanje pletiva u njezi, a samim tim i od njih izrađenih odjevnih predmeta, koje je ponajprije uvjetovano dimenzijskim promjenama pletiva (najčešće promjenama gustoće pletiva, odn. broja nizova i redova očica po jediničnoj duljini) je veliki problem u praksi [33, 34]. Po jednom ciklusu blagog pranja (niža temperatura i blaža mehanika pranja) i sušenja u položenom stanju sva ispitivana pletiva pokazuju značajne promjene dimenzija (tablica 22). Pritom sirova pletiva pokazuju značajno veću deformabilnost u odnosu na doradna pletiva: pletiva izrađena iz prstenaste pređe se skupljaju u smjeru duljine, a uglavnom šire u smjeru širine; pletiva iz rotorske pređe se skupljaju u smjeru duljine i širine; pletiva iz aerodinamičke pređe se skupljaju u smjeru duljine, a u smjeru širine su značajno postojanijih dimenzija.

Po provedenom oplemenjivanju dimenzijske promjene u svih uzoraka pletiva su manje, što je posebice uočljivo i značajno u smjeru duljine, ali i širine. Dimenzijske promjene su uglavnom jednoznačne – dolazi do skupljanja u oba ispitivana smjera. Pritom u smjeru duljine bilježimo skupljanje pletiva (od ca 6,5 do 10,5 %), a u smjeru širine relativno manje vrijednosti (od ca 1,5 do 6,5 %). Iz navedenog proizlazi da bi tanju trikotažu odn. donje rublje izrađeno iz

ispitivanih pletiva trebalo njegovati ručnim pranjem, a dimenzijsku (ne)stabilnost pletiva svakako uzeti u obzir pri projektiranju i iskrojavanju gotovih proizvoda.

## 5. ZAKLJUČAK

Na temelju dobivenih rezultata, a po provedenoj analizi kulirnih desno-desnih cjevastih pletiva namijenjenih izradi donjeg pletenog rublja i laganije gornje pletene odjeće, izrađenih iz pređa jednake finoće: prstenaste, rotorske i aerodinamičke pređe iz modalnih, mikromodalnih i liocelnih vlakana, zaključeno je da je pri odabiru pređe za izradu pletiva prije svega potrebno razmotriti cijenu, sirovinski sastav i svojstva pređe, ali i činjenicu za postupak predenja pređe od koje će se dalje isplesti pletivo, postupak pletenja, odabrani preplet i doradbeni postupak pletiva značajno utječu na uporabnu kvalitetu pletiva.

Pritom su doneseni su sljedeći zaključci:

- Relaksacijske dimenzijske promjene u strukturi pletiva po provedenom mokrom doradbenom postupku su uvjetovane specifičnostima strukture pređe predene različitim postupcima, ali specifičnostima finoće i strukturne uređenosti primijenjenih regeneriranih celuloznih vlakana.
- Struktura pređe, njezina finoća, uvojitost i površinska dlakavost su svojstva koja izravno utječu na otpornost pletiva na habanje. Samim tim na otpornost na habanje također utječe i tip pređe odnosno proizvodni postupak predenja primijenjen za njihovu izradu.
- Na otpornost pletiva na habanje također utječe i sirovinski sastav pletiva odn. vrsta i finoća regeneriranih celuloznih vlakana primijenjenih za njihovu izradu.
- Najbolja estetska svojstva i najmanju sklonost nastanku površinskog pilinga, odnosno površinskom izvlačenju ili migraciji vlakana, pokazuju pletiva izrađena iz pređe predene aerodinamičkom postupkom.
- Najveće vrijednosti prekidne sile bilježe se u pletiva izrađenih iz pređe predene prstenastim postupkom. Pritom valja istaknuti da na vlačna svojstva pletiva svakako utječe i vrsta te svojstva primijenjenih vlakana za njihovu izradu.
- Pletenu gornju odjeću i donje rublje izrađeno iz ispitivanih pletiva bi trebalo njegovati ručnim pranjem, a dimenzijsku (ne)stabilnost pletiva svakako uzeti u obzir pri projektiranju i iskrojavanju gotovih proizvoda.



## 6. LITERATURA

- [1] Čunko R.: Procesi proizvodnje kemijskih vlakana, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 1993.
- [2] Tomljenović A.: Utjecaj ultrazvuka na svojstva celuloznih vlakana, magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 2002.
- [3] ...:Chemical structure of cellulose, dostupno na:  
<https://www.researchgate.net/figure/Chemical-structure-of-cellulose>, posjećeno: 9.9.2020.
- [4] Kontturi E. J.: Surface chemistry of cellulose, From natural fibres to model surfaces, Technische Universiteit Eindhoven, 2005.
- [5] Čunko R., Andrassy M.: Vlakna, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 2005.
- [6] Skenderi Z., Iveković G., Kopitar D.: Utjecaj tehnike pređenja na fizikalno-mehaničke karakteristike pređe iz mikromodalnih vlakana, 11. Znanstveno-stručno savjetovanje tekstilna znanost i gospodarstvo, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 24.1.2018., str. 205-210
- [7] HRI CEN ISO/TR 11827:2016 Tekstil -- Ispitivanje sastava -- Identifikacija vlakana
- [8] Potočić Marković V. M.: Interni materijali za kolegij Tekstilno-mehanički procesi – pletenje, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, 2016.
- [9] Vlajnić M.: Ispitivanje uporabnih svojstava pletiva za izradu donjeg rublja, završni rad, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 2018., mentor: prof. dr. sc. A. Tomljenović
- [10] Skenderi Z.: Interni materijali za kolegij Tekstilno-mehanički procesi – pređenje, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, ak. god. 2016./2017.
- [11] Kopitar D., Skenderi Z., Papić M., Tomljenović A.: Surface friction coefficient of spun yarns, Proceedings of International Conference MATRIB 2016, Materials, Tribology, Recycling, 23. – 25.06. 2016., Vela Luka, Hrvatska
- [12] Papić M.: Struktura i svojstva rotorske i aerodinamičke pređe, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, 2016., mentor: doc. dr. sc. D. Kopitar

- [13] Skenderi Z., Kopitar D., Vrljićak Z., Iveković G.: Nejednolikosti aerodinamičke pređe u usporedbi s prstenastom i rotorskom pređom od mikromodalnih vlakana, Tekstil 67 (2018.) 1-2., str. 1-13
- [14] Čunko R., Pezelj E.: Tekstilni materijali, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zrinski d.d., Čakovec ,2002.
- [15]...Muška potkošulja, dostupno na: <https://kto-marija.hr/?product=muska-potkosulja-pamucna-siva>, posjećeno: 15.9.2020.
- [16] ...Ženska potkošulja, dostupno na: <https://kto-marija.hr/?product=pamucna-potkosulja>, posjećeno: 15.9.2020.
- [17] Katović D., Bischof Vukušić S., Soljačić I., Grancarić A. M.: Osnove oplemenjivanja tekstila – Procesi suhog oplemenjivanja tekstila – Knjiga III, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb 2006.
- [18] Soljačić I., D. Katović, A. M. Grancarić: Osnove oplemenjivanja tekstila, Knjiga I, Pripremni procesi i strojevi za oplemenjivanje, Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 1984.
- [19] HRN EN ISO 139:2008/A1:2011 Tekstil - Standardna atmosfera za kondicioniranje i ispitivanje
- [20] HRN ISO 3801:2003 Tekstil - Tkanine - Određivanje mase po jedinici duljine i mase po jedinici površine
- [21] Tomljenović A.: Interni materijali za vježbe iz kolegija Ispitivanje tekstila i odjeće, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, ak. god. 2017./2018.
- [22] HRN EN ISO 5084:2003 Tekstil - Određivanje debljine tekstila i tekstilnih proizvoda
- [23] HRN EN 14971:2008 Tekstilije - Pletiva - Određivanje broja očica po jedinici duljine i jedinici površine
- [24] HRN EN ISO 12947-2:2017 Tekstil - Određivanje otpornosti na habanje plošnog tekstila metodom po Martindaleu - 2. dio: Određivanje prekida uzorka
- [25] HRN EN ISO 12945-2:2003 Tekstil - Određivanje sklonosti površinskom stvaranju dlačica i pilingu na plošnom tekstilu - 2. dio: Preinačena metoda po Martindaleu
- [26] HRN EN ISO 13934-1:2013 Tekstil - Vlačna svojstva plošnog tekstila - 1. dio: Određivanje maksimalne sile i istezanja pri maksimalnoj sili metodom trake

- [27] HRN EN ISO 6330:2012 Tekstil - Postupci pranja i sušenja u kućanstvu za ispitivanje tekstila
- [28] HRN EN ISO 5077:2008 Tekstilije - Određivanje dimenzijskih promjena u pranju i sušenju
- [29] HRN EN ISO 3759:2011 Tekstil - Priprema, označivanje i mjerenje uzoraka tkanina i odjevnih predmeta pri ispitivanju promjena dimenzija
- [30] Tomljenović A., Vrljićak Z., Skenderi Z., Živićnjak J., Vlanić M.: Quality assessment of circular weft knitted fabrics for female lingerie, 8th International textile conference, 18-19 October 2018, Tirana, Albania, pp 215-221
- [31] Tomljenović A., Vrljićak Z., Živićnjak J., Vlanić M., Bonić I.: Evaluation of usage quality of weft knitted fabrics made of viscose fibres, Proceedings of 13<sup>th</sup> International scientific-professional symposium textile science and economy, September 18<sup>th</sup> 2020, University of Zagreb Faculty of Textile Technology, Croatia, pp 1-6
- [32] Özdil N. et al: Analysis of Abrasion Characteristic in Textiles, In *Abrasion Resistance of Materials*, InTech, Rijeka, 2012, pp 119-146
- [33] Hashimoto Y. et al: Effect of Washing and Drying Conditions on Dimensional Change in Various Articles of Knitted Clothing, *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*, Vol. 11 (2018) No. 4, pp 227-240
- [34] Mikučionienė D., Laureckienė G: The Influence of Drying Conditions on Dimensional Stability of Cotton Weft Knitted Fabrics, *Materials Science*, Vol. 15 (2009), No. 1, pp 64 -68